***E**INFACH **A**NZUWENDENDER **G**RAPHISCHER **L**AYOUT **E**DITOR*

Handbuch
Version 9.5

90925951

Copyright © 2019 Autodesk
Alle Rechte vorbehalten

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt.

© Copyright 1988-2019 Autodesk, Inc. Alle Rechte vorbehalten.

Kein Teil dieser Dokumentation darf ohne Genehmigung von Autodesk in irgendeiner Form durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren reproduziert, oder in eine für elektronische Systeme verwendbare Form übertragen und verbreitet werden. Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk und Fernsehen sind vorbehalten.

Der Ausdruck dieses Handbuchs für den eigenen Gebrauch ist erlaubt.

Bearbeitet von Richard Hammerl seit 1998.

Windows ist ein eingetragenes Warenzeichen der Microsoft Corporation.
Linux ist ein eingetragenes Warenzeichen von Linus Torvalds.
Mac ist ein eingetragenes Warenzeichen der Apple Computer Inc.

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1 Vorbemerkung.....21
1.1 Was steht im Handbuch?.....21
1.2 Die wichtigsten Neuerungen seit Version 8.....22
Verwaltete Ordner für die Freigabe von Bibliotheken.....22
Neues GROUP-Handling.....22
Design Manager.....23
Filter und Filterausdrücke im Design Manager.....23
Bibliotheksedtor.....23
Beliebtheitsgrad der Bibliotheken.....23
CAM-Prozessor.....23
LOCK-Befehl.....24
REROUTE-Befehl.....24
Object Inspector.....24
Selection Filter.....24
Verwaltete Bibliotheken.....24
Bibliotheks-Manager.....24
COPY-Befehl.....24
EDIT3D-Befehl.....25
CUSTOM3D-Befehl.....25
REMOVEOVERRIDE-Befehl.....25
FUSIONTEAM-Befehl.....25
SPICE-Simulation.....25
Selektionsfilter für GROUP- und INFO-Befehle.....25
FANOUT-Befehl.....25
Digitale SPICE-Simulation.....26
PINARRAY, PADARRAY, SMDARRAY-Befehl.....26
PATTERN-Befehl.....26
PAINTROLLER-Befehl.....26
EXPORTSTEP-Befehl.....27
FANOUT-Befehl.....27
CAM-Prozessor.....27
Dateien und Verzeichnisse.....27
Benutzeroberfläche.....28
Footprint ersetzt Package.....28
Design-Rule-Dateien und Check.....28
POLYGONIZE-Befehl.....28
NET-Befehl.....28
MOVE-Befehl.....29
LOCK-Befehl.....29
Manufacturing Flyout.....29

PCB Design-Manager....29
ROUTE-Befehl....29
RIPUP-Befehl....30
LAUNCH-Befehl – Package Creator....30
Bibliothekseditor....30
SPICE-Simulation....30
BUS Erneuerung....31
BREAKOUT-Befehl....31
PINBREAKOUT-Befehl....31
BUSFROMSEL-Befehl....31
PINTOBUS-Befehl....31
Verwaltete Bibliotheken....31
Symbol aus Datenblatt mit COPY/PASTE erzeugen....32
SPICE-Simulation....32
Manufacturing-Flyout....33
NAME-Befehl – Automatisches Label....33
MANUFACTURING-Befehl....33
Ein-Klick Manufacturing Export....33
CAM-Exporter und CAM-Prozessor....33
Bibliotheken-Export mit exp-lbrs.ulp....34
ROUTE-Befehl....34
SPICE-Simulation....34
Design-Rule-Check....34
LOCK-Befehl....34
Verwaltete Bibliotheken....34
SET-Optionen....34
Dateidialog für ULPs und Scripts....35
Annular Ring (Lötpad)....35
SPICE-Simulation....35
Live Design-Rule-Check....35
WINDOW-Befehl – Board-Ansicht von unten....35
Routing-Richtung....36
SLICE-Befehl....36
User-Language....36
FUSIONSYNC-Befehl....36
Verwaltete Bibliotheken....36
Erkennung der Board-Kontur....36
Neue interne Vektor-Schrift in EAGLE....36
ROUTE-Befehl....37
Verwaltete Bibliotheken....37
Design Blocks....37
ROUTE-Befehl....37

Copy/Paste....37
Design Rule Check....37
ALIGN-Befehl....37
ROUTE-Befehl....38
BGA-Router....38
Neue Installationsroutinen und Subscription-Lizenzen....38
Flexible Boardgröße in der Free- und Standard-Edition....38
Überarbeitete Icons....38
Snap-To-Pin im Schaltplan....38
Umbenennen von WIRE zu LINE-Befehl....39
Neuer SLICE-Befehl....39
Neuerungen beim ROUTE-Befehl....39
Objektwahl beim Start....39
Mausklicks rückgängig machen....39
Zielpunkt-Anzeige....40
Loop Remove....40
Platzierung von Vias und Layer-Wechsel....40
BGA-Autorouter....41
Design Blocks....41
1.3 Hinweise zu den aktuellen EAGLE-Bibliotheken....41
1.4 Begriffe und ihre Verwendung....41

Kapitel 2 Installation....47

2.1 Systemvoraussetzungen....47
2.2 Installation des EAGLE-Pakets....47
2.3 Update von einer älteren Version....47
Erst sichern, dann installieren....47
Hinweise zu Bauteil-Bibliotheken....48
Bei Änderungen in der Datenstruktur....48
2.4 Der erste Aufruf von EAGLE....49
2.5 Sprache einstellen....49
Windows....49
Linux und Mac OS X....49

Kapitel 3 EAGLE–Module und –Editionen....51

3.1 EAGLE-Module....51
Layout-Editor....51
Schaltplan-Editor....51
Autorouter....51
3.2 Die verschiedenen Leistungsklassen....52
Premium-Edition....52
Allgemein....52

Schaltplan-Editor....53
Layout-Editor....53
Autorouter-Modul....54
Standard-Edition....55
Free-Edition....55

Kapitel 4 EAGLE im Überblick....57

4.1 Das Control Panel....57
Dokumentation....58
Bibliotheksübersicht....58
Design Blocks....60
Design-Regeln....60
User-Language-Programme, Script-Dateien, CAM-Jobs....61
Projekte....61
Menüleiste....62
Datei-Menü....62
Ansicht-Menü....64
Optionen-Menü....64
Fenster-Menü....68
Hilfe-Menü....68
4.2 Das Schaltplan-Editor-Fenster....68
Wie Sie detaillierte Informationen zu einem Befehl erhalten....70
Benutzerführung....70
Hilfefunktion....70
Befehls-Parameter....71
GRID....71
Die Aktionsleiste....72
USE....72
SCRIPT....72
RUN....72
WINDOW....72
UNDO/REDO:....73
Stop-Icon....74
Go-Icon....74
Das Befehlsmenü im Schaltplan-Editor....74
INFO....74
SHOW....74
DISPLAY....74
MARK....75
MOVE....75
COPY....75
MIRROR....75

ROTATE....76
GROUP....76
CHANGE....76
PASTE....76
DELETE....77
ADD....77
PASTE DBL....77
PINSWAP....77
GATESWAP....77
REPLACE....77
NAME....78
VALUE....78
SMASH....78
MITER....78
SPLIT....78
SLICE....78
INVOKE....79
LINE (war WIRE)....79
TEXT....79
CIRCLE....79
ARC....79
RECT....80
POLYGON....80
BUS....80
NET....80
JUNCTION....80
LABEL....80
ATTRIBUTE....81
DIMENSION....81
MODULE....81
PORT....81
ERC....81
Befehle, die nicht über das Befehlsmenü erreichbar sind....81
ASSIGN....82
CLASS....82
CLOSE....82
CUT....82
EDIT....82
EXPORT....82
FRAME....82
LAYER....82
MENU....83

OPEN....83
PACKAGE....83
PRINT....83
QUIT....83
REMOVE....84
SET....84
TECHNOLOGY....84
UPDATE....84
VARIANT....84
WRITE....84
Maustasten....84
Selektieren von benachbarten Objekten....85
4.3 Das Layout-Editor-Fenster....85
Das Befehlsmenü im Layout-Editor....86
INFO....86
SHOW....87
DISPLAY....87
MARK....88
GROUP....89
MOVE....89
MIRROR....89
ROTATE....90
ALIGN....90
COPY....90
PASTE....90
DELETE....91
CHANGE....91
PASTE DBL....91
ADD....91
PINSWAP....92
REPLACE....92
LOCK....92
NAME....92
VALUE....92
SMASH....92
MITER....93
SPLIT....93
OPTIMIZE....93
MEANDER....93
SLICE....93
ROUTE....94
RIPUP....94

LINE....95
TEXT....95
CIRCLE....95
ARC....96
RECT....96
POLYGON....96
VIA....96
SIGNAL....96
HOLE....97
ATTRIBUTE....97
DIMENSION....97
RATSNEST....97
AUTO....98
AUTO BGA....98
ERC....98
DRC....98
ERRORS....98
4.4 Das Bibliotheks-Editor-Fenster....99
Inhaltsverzeichnis....99
Wichtige Icons im Bibliothekseditor....101
Der Package-Editier-Modus....101
Neues Package entwerfen....102
PAD....102
SMD....102
Der Symbol-Editier-Modus....102
Neues Symbol entwerfen....103
PIN....103
Der Device-Editier-Modus....103
Reale Bauteile aus Symbolen und Packages entwerfen....104
ADD....104
NAME....105
CHANGE....105
PACKAGE....105
CONNECT....105
PREFIX....105
VALUE....105
TECHNOLOGY....105
ATTRIBUTE....105
DESCRIPTION....106
4.5 Der CAM-Prozessor....106
Starten des CAM-Prozessors....106
CAM-Templates....107

Job-Datei laden....107
Board laden....107
Ausgabe-Parameter einstellen....107
Ausgabe starten....108
Neuen Job definieren....108
4.6 Das Texteditor-Fenster....108

Kapitel 5 Grundlegendes für die Arbeit mit EAGLE....109

5.1 Möglichkeiten der Befehlseingabe....109
Befehl aktivieren und Objekt wählen....109
Kommandozeile....109
History-Funktion....110
Das Kontextmenü....110
Funktionstasten....111
Script-Dateien....112
Gemischte Eingabe....113
5.2 Die EAGLE-Kommandosprache....113
Typographische Konventionen....113
Enter-Taste und Strichpunkt....113
Fettschrift oder Großbuchstaben....114
Kleinbuchstaben....114
Unterstreichungszeichen....114
Leerzeichen....114
Alternative Parameter....115
Wiederholungspunkte....115
Mausklick....115
Koordinatenangaben in Textform....116
Relative Angaben....116
Polare Angaben....116
Rechter Mausklick....117
Modifier....117
5.3 Raster und aktuelle Einheit....118
5.4 Aliase für DISPLAY, GRID und WINDOW....120
Beispiel: DISPLAY-Alias....120
Beispiel: GRID-Alias....120
Beispiel: WINDOW-Alias....121
Editieren, Umbenennen, Löschen eines Alias....121
5.5 Namen und automatische Namensgebung....122
Länge....122
Verbotene Zeichen und Sonderzeichen....122
Automatische Namensgebung....122
5.6 Import und Export von Daten....123

Script-Dateien und Datenimport....123
Datenexport mit dem EXPORT-Befehl....124
NETLIST....124
NETSCRIPT....124
PARTLIST....124
PINLIST....124
SCRIPT....124
IMAGE....125
LIBRARIES....126
STEP....126
5.7 Die EAGLE-User Language....126
5.8 Forward&Back-Annotation....127
5.9 EAGLE individuell konfigurieren....128
Konfigurationsbefehle....128
Das Menü Optionen/Einstellungen (SET-Befehl)....128
Nur ausgewählte Layer anzeigen....129
Kontextmenü....129
Inhalt der Parameter-Menüs....129
ROUTE-Befehl Einstellungen....130
Mitteilungsdialoge automatisch bestätigen....130
Farb-Einstellungen....131
Verschiedene SET-Optionen....133
Die Datei eagle.scr....135
Die Datei eaglerc....137
EAGLE-Projektdatei....138

Kapitel 6 Vom Schaltplan zur fertigen Platine....139

6.1 Schaltplan erstellen....139
Schaltplan öffnen....140
Raster einstellen....140
Bauteile platzieren....140
Zeichnungsrahmen laden....140
Schaltungssymbole (Gates) platzieren....142
Versteckte Versorgungs-Gates....143
Bauteile aus mehren Gates platzieren....143
Designlink – Zugang zur Farnell Online-Produkt-Datenbank....144
Verdrahten des Schaltplans....145
Netze verlegen (NET)....145
Querverweise für Netze definieren....146
Querverweise für Bauteile/Kontakte....147
....148
Netzklassen festlegen....148

Busse einzeichnen (BUS)....150
Pinswap und Gateswap....151
Stromversorgung....152
Attribute festlegen....153
Globale Attribute....153
Attribute für Bauteile....154
ERC – Schaltung überprüfen und korrigieren....156
Schaltplanseiten organisieren....158
Was noch zu beachten ist....159
Übereinander liegende Pins....159
Offene Pins bei MOVE....159
Duplizieren einer Teilschaltung im Schaltplan....159
Mit konsistentem Layout....159
Zusammenfügen von verschiedenen Schaltplänen....159
Mit konsistentem Layout....160
Mehrkanal-Layouts....161
Design Blocks....161
Design Block ins aktuelle Projekt einfügen....162
Zeichnung als Design Block speichern....162
Eine Auswahl aus der Zeichnung als Design Block speichern....163
Auswahlkriterien....164
6.2 SPICE-Simulation....164
SPICE-Mapping im Schaltplan....165
SPICE Mapping in der Bibliothek....168
Simulation ausführen....168
Grundlegende Simulationsoptionen....169
Operating Point....169
DC-Sweep....169
AC-Sweep....170
Transient-Analyse....170
Simulations-Ergebnisse....170
Für Fortgeschrittene – Simulation aus der Netzliste....171
6.3 Der hierarchische Schaltplan....172
Erzeugen eines Moduls....173
Ports definieren....175
Modul-Instanzen verwenden....176
Resultierende Bauteilnamen im Layout....177
Modul-Instanz-Name:Bauteilname....177
Offset....177
Bestückungsvarianten für Module....178
Besonderheiten zwischen Schaltplan und Layout....178
SHOW-Befehl....178

Erhaltung der Konsistenz....179
6.4 Vorüberlegungen zur Platinenerstellung....179
Überprüfung der Bauteile-Bibliotheken....179
Abstimmung mit dem Platinenhersteller....179
Festlegen der Design-Regeln....180
Grundsätzliches....180
Layers....182
Clearance und Distance (Mindestabstände)....183
Sizes (Mindestgrößen)....183
Annular Ring (Pad- und Via-Durchmesser)....184
Shapes....187
Supply....188
Masks....189
Misc....190
6.5 Platine erstellen....191
Ohne Schaltplan-Editor....191
Platinenumriss festlegen....192
Bauteile anordnen....193
Attribute für Bauteile und globale Attribute....196
Beidseitig bestückte Platinen....196
Austauschen von Bauteilen oder Gehäuseformen....196
PACKAGE-Befehl....196
REPLACE-Befehl....198
Ändern der Technology....198
Sperrflächen definieren....199
Routen – Manuelles Verlegen von Leiterbahnen....199
Hindernisse vermeiden....199
Hindernisse ignorieren....199
Wie verlegt man Leiterbahnen?....199
Auflösen von Leiterbahnen....201
Leiterbahnen in Radien verlegen....202
Kupferflächen definieren mit POLYGON....203
6.6 FUSIONSYNC – EAGLE Board und Fusion 3D-Board-Modell synchronisieren....205
Wie funktioniert‘s?....206
Synchronisieren mit Fusion....206
Nachträgliche Änderungen in der Board-Geometrie....206
Wie synchronisiert man?....206
View on Web (Im Netz ansehen)....209
Aus Fusion holen (Pull)....209
In Fusion schieben (Push to Fusion)....210
6.7 DRC – Layout überprüfen und Fehler korrigieren....211

Das DRC-Fehler-Fenster....212
Bedeutung der Fehlermeldungen....214
6.8 Multilayer-Platinen....217
Innenlagen....218
Versorgungslayer mit Polygonen und mehreren Signalen....218
Sperrflächen für Polygone....218
Multilayer mit durchgehenden Vias....219
Layer-Setup....219
Multilayer mit Blind- und Buried-Vias....219
Begriffsklärung....220
Darstellung der Vias....221
Layer-Setup....221
Hinweise zum Arbeiten mit Blind-, Buried- und Micro-Vias....226
Micro-Via – ein Sonderfall des Blind-Vias....227
6.9 Bauteile bearbeiten und aktualisieren....228
Device/Symbol/Package öffnen....228
Zeichnung aktualisieren (Bibliotheks-Update)....228
6.10 Differential Pairs und Mäander....229
Verlegen von Differential-Pair-Signalen....229
Mäander....231
Längenausgleich für ein Differential Pair....231
Vorgabe einer bestimmten Länge....231
Symmetrische und asymmetrische Mäander....232
Anzeige der Längenabweichung....232
Länge von Signalen messen....233
6.11 Bestückungsvarianten....233
Anlegen von Bestückungsvarianten....233
Bestückungsvarianten mit CAM-Prozessor ausgeben....236
6.12 Schaltplan und Layout drucken....236
Einstellungen im Drucken-Dialog....236
6.13 Nutzen für die Datenausgabe erzeugen....239
6.14 Keine Konsistenz zwischen Schaltplan und Layout – was nun?.....240
Konsistenzkriterien....242
Konsistenz-Anzeige....244

Kapitel 7 Der Autorouter....245

7.1 Prinzipielle Möglichkeiten....245
7.2 Was man vom Autorouter erwarten kann....246
7.3 Steuerung des Autorouters....246
Bus-Router....247
Routing-Lauf....247

TopRouter....247
Optimierung....247
7.4 Was ist vor dem Autorouten festzulegen?....248
Design-Regeln....248
Leiterbahnbreite und Netzklassen....248
Raster....248
Platzierungsraster....248
Routing-Raster....249
Speicherbedarf....250
Layer....251
Vorzugsrichtungen....251
Sperrflächen....251
Kostenfaktoren und weitere Steuerparameter....252
7.5 Das Autorouter-Menü....252
Hauptdialog....253
Routing-Varianten-Dialog....254
7.6 Einfluss der Kostenfaktoren und Steuerparameter....256
Layerkosten....257
cfBase.xx: 0..20....257
Kostenfaktoren....257
cfVia: 0..99....257
cfNonPref: 0..10....257
cfChangeDir: 0..25....257
cfOrthStep, cfDiagStep....258
cfExtdStep: 0..30....258
cfBonusStep, cfMalusStep: 1..3....258
cfPadImpact, cfSmdImpact: 0..10....258
cfBusImpact: 0..10....259
cfHugging: 0..5....259
cfAvoid 0..10....259
cfPolygon 0..30....259
Maximum....259
mnVia 0..30....259
mnSegments 0..9999....259
mnExtdSteps 0..9999....259
7.7 Zahl der Ripup/Retry-Versuche....260
7.8 Routen von Mehrlagen-Platinen mit Polygonen....260
7.9 Backup und Unterbrechen des Routens....261
7.10 Informationen für den Anwender....262
Statusanzeige....262
Protokolldatei....263

7.11 Evaluieren der Ergebnisse....263
7.12 Parameter in einer Steuerdatei....264
7.13 Praktische Tipps....265
Allgemeine Hinweise....265
Einseitige Platine....265
SMD-Platine mit Versorgungslagen....266
Was tun, wenn nicht alles entflochten wird?....266
7.14 BGA Routing....267

Kapitel 8 Bauteilentwurf an Beispielen erklärt....269

8.1 Managed Libraries....269
Migration zu einer Managed Library....270
Library Manager....272
Eigene zu verwalteten Bibliotheken machen....273
8.2 Definition eines einfachen Widerstandes....274
Widerstands-Package....275
Anlegen eines neuen Packages....275
Raster einstellen....275
Lötpunkte....275
Pad-Name....276
Bestückungsplan und Dokumentationsdruck....276
Beschriftung....277
Sperrfläche für Bauteile....277
Beschreibung....277
Hinweise....278
Widerstands-Symbol....278
Anlegen eines neuen Symbols....278
Raster einstellen....279
Pins platzieren....279
Pin-Namen....281
Schaltplansymbol....281
Beschreibung....282
Widerstands-Device....282
Anlegen eines neuen Device....282
Symbol wählen, benennen und konfigurieren....283
Wahl des Packages....283
Connect – Verbindung zwischen Pins und Pads....284
Präfix wählen....285
Value....285
Description....285
Speichern....286
Bibliotheksbeschreibung....286

Bibliothek benutzen....286
8.3 Definition eines komplexen Bauteils....287
Anlegen einer neuen Bibliothek....289
Zeichnen des bedrahteten Gehäuses....289
Raster einstellen....290
Pads platzieren....290
Pad-Name....291
Bestückungsdruck zeichnen....291
Package-Name und Package-Wert....292
Sperrfläche für Bauteile....292
Beschreibung....292
SSpeichern....293
Definition des SMD-Packages....294
Raster einstellen....295
SMD Lötflächen platzieren....295
Name der SMDs....296
Bestückungsdruck zeichnen....297
Package-Name und Package-Wert....297
Sperrfläche für Bauteile....298
Aufhängepunkt....298
Beschreibung....298
Speichern....298
Definition des Logik-Symbols für den Schaltplan....299
Raster prüfen....300
Pins platzieren....300
Pin-Name....300
Symbol zeichnen....301
Platzhalter für NAME und VALUE....301
Beschreibung....302
Speichern....302
Definition eines Versorgungsspannungssymbols....302
Raster prüfen....302
Pins platzieren....302
Pin-Name....302
Platzhalter für NAME und VALUE....302
Packages und Symbole in einem Device-Set verbinden....303
Symbole auswählen....304
Benennen der Gates....304
Festlegen des Addlevels und Swaplevels....304
Auswählen der Package-Varianten....305
Der Connect-Befehl....306
Technologien definieren....307

Präfix bestimmen....308
Value....308
Description....308
Speichern....309
8.4 Versorgungsspannungen....309
Versorgungspins von Bauelementen....309
Unsichtbare Versorgungspins....310
Pins mit gleichen Name....311
8.5 Connect – Mehrfachverbindungen....311
8.6 Supply-Symbole....312
8.7 Attribute....314
Attribute definieren....314
Attribute anzeigen....317
8.8 Externe Devices ohne Package....317
8.9 Beschriftung von Schaltplansymbolen....318
8.10 Mehr zum Parameter Addlevel....318
Übersicht....318
Relais: Spule und erster Kontakt werden platziert....319
Stecker: Einzelne Anschlussflächen sollen entfallen können....320
Stecker mit Befestigungsloch und Sperrfläche....321
8.11 Bauteile mit Kontaktspiegel im Elektro-Schaltplan....321
Symbol anlegen....322
Device anlegen....322
Package anlegen....322
8.12 Zeichnungsrahmen....323
8.13 Bauteile auf der Lötseite....325
8.14 Bauteile mit Langlöchern....325
8.15 Beliebige Padformen....325
8.16 Anlegen einer neuen Package-Variante....326
Passendes Package aus einer anderen Bibliothek....327
Package-Variante definieren....327
Connect-Befehl....328
Technologien definieren....329
Speichern....329
Verändertes Package aus einer anderen Bibliothek verwenden....329
Package importieren....329
Variante anlegen....330
8.17 Packages in beliebigen Winkeln anlegen....331
Gesamtes Package drehen....331
Packages mit radialer Pad-Anordnung....331
8.18 Bibliotheken und Bauteile verwalten....332

Kopieren von Bauteilen....332
Innerhalb einer Bibliothek....332
Von einer Bibliothek in eine andere....333
Zusammenstellen eigener Bibliotheken....336
Bibliothekselemente löschen und umbenennen....336
Packages in Bibliotheken aktualisieren....337

Kapitel 9 Erstellen der Fertigungsunterlagen....339

9.1 Welche Daten braucht man zur Platinenfertigung?....339
Übersicht....339
Gerber-Plotdaten....339
GERBER X2....340
GERBER_RS274X....340
Bohrdaten....340
EXCELLON....341
SM1000 und SM3000....341
Prototypenfertigung mit einer Fräsmaschine....341
mill-outlines.ulp....341
Folienerstellung über einen Drucker....341
Daten für Bestückungs- und Testautomaten....342
Dokumentationsunterlagen....342
Stückliste....343
Bohrplan....343
Bohrerlegende....345
Projekte mit Bestückungsvarianten....345
9.2 Regeln, die Zeit und Geld sparen....345
9.3 Wichtiger Hinweis zum CAM-Prozessor und zum CAM-Exporter seit V8.6....346
9.4 Welche Dateien brauche ich für meine Platine?....349
Dateiliste....349
Platzhalter für die Namensgestaltung für Ausgabedateien....351
Hinweis zur Gestaltung der Dateiendungen....352
9.5 Besonderheiten bei Multilayer-Platinen....352
Innenlagen....352
Bohrdaten für Multilayer-Platinen mit Blind- und Buried-Vias....352
9.6 Legacy CAM-Jobs....353
Job gerb274x.cam....353
Job excellon.cam....354
Treiberdefinition in der Datei eagle.def....354
Erstellen eines eigenen Device-Treibers....354
Maßeinheit in der Blenden-/Bohrertabelle....355

Kapitel 10 Anhang.....357
10.1 Layer und Ihre Verwendung.....357
Im Layout- und Package-Editor.....357
Im Schaltplan-, Symbol- und Device-Editor.....358
10.2 EAGLE-Dateien.....359
10.3 EAGLE-Optionen auf einen Blick.....359
10.4 Konfiguration des Textmenüs.....364
10.5 Platzhaltertexte.....364
10.6 Optionen für Experten in eaglerc.....365
Benennung von Netzen, Bussen, Signalen und Polygonen.....365
CAM-Prozessor Drills/Holes-Warnung abschalten.....365
Ctrl für Radiusmodus deaktivieren.....366
Device-Name als Value für alle Bauteile.....366
Einheiten in Dialogen.....366
Gruppe selektieren.....366
Knicke in Wires löschen.....366
Konsistenz-Check.....366
Mauszeiger neu positionieren.....367
Polygonkanten als durchgezogene Linie.....367
Projekt öffnen.....367
Warnung beim Ändern des Values.....367
Zeichnungsausschnitt verschieben.....367
Zusammengehörende Dateien automatisch laden.....368
10.7 Fehlermeldungen.....368
Beim Laden einer Datei.....368
Restring größer als in älterer Version.....368
Bibliotheksobjekte mit gleichen Namen.....368
Pads, Vias werden durch Holes ersetzt.....369
Ungeeignete Objekte wurden nicht berücksichtigt.....370
Update nicht möglich.....370
In einer Bibliothek.....371
Package/Symbol wird verwendet.....371
Im CAM-Prozessor.....372
Polygon verursacht extrem große Plotdaten.....372
In der Free- oder Standard-Edition.....372
Kann die gewünschte Aktion nicht ausführen.....372

Stichwortverzeichnis.....373

Kapitel 1 Vorbemerkung

Dieses Handbuch soll Ihnen den grundsätzlichen Umgang mit dem Programmpaket EAGLE und die theoretischen Zusammenhänge vermitteln. Die einzelnen Kapitel sind so angeordnet, dass sie den Anwender durch den typischen Prozess von der Schaltungsentwicklung bis zur fertigen Platine führen.

1.1 Was steht im Handbuch?

Die Überschriften der Kapitel geben den Inhalt des behandelten Themas wieder. An dieser Stelle soll ein kurzer Überblick des Inhalts gegeben werden.

Kapitel 1 – Vorbemerkung
enthält eine Einführung zum Inhalt des Handbuchs und informiert über wichtige Neuerungen und Änderungen gegenüber der Vorgängerversion.

Kapitel 2 – Installation
beschäftigt sich mit der Installation des Programms.

Kapitel 3 – EAGLE-Module und -Leistungsklassen
erläutert die Unterschiede der einzelnen Programm-Varianten.

Kapitel 4 – EAGLE im Überblick
gibt einen ersten Überblick über den Aufbau des Programms und beschreibt die verschiedenen Editor-Fenster und deren Befehle.

Kapitel 5 – Grundlegendes für die Arbeit mit EAGLE
beschäftigt sich mit der grundlegenden Bedienung und den Konfigurationsmöglichkeiten im Programm.

Kapitel 6 – Vom Schaltplan zur fertigen Platine
zeigt den Weg vom Schaltplan zum fertigen Layout.

Kapitel 7 – Der Autorouter
widmet sich dem Autorouter-Modul und beschreibt die Einstellungsmöglichkeiten.

Kapitel 8 – Bauteilentwurf an Beispielen erklärt
zeigt die Definition von Bibliothekselementen an Beispielen und informiert über die Möglichkeiten der Bibliotheks- und Bauteile-Verwaltung.

Kapitel 9 – Erstellen der Fertigungsunterlagen
enthält alles Wissenswerte über die Ausgabe von Fertigungsdaten.

Kapitel 10 – Anhang
listet Nützliches zum schnellen Nachschlagen auf und erklärt verschiedene Meldungen, die EAGLE in bestimmten Situationen ausgibt.

1.2 Die wichtigsten Neuerungen seit Version 8

Alle diejenigen, die bisher mit einer Vorgängerversion gearbeitet haben, sei die Datei ***UPDATE_de.txt*** ans Herz gelegt. Darin sind alle Änderungen gegenüber den älteren Versionen beschrieben. Die Datei befindet sich im Verzeichnis *eagle/doc*.

Bitte lesen Sie diese, bevor Sie die Arbeit mit dem neuen EAGLE beginnen!

Informationen, die vor Fertigstellung dieses Handbuchs noch nicht bekannt waren oder sich inzwischen geändert haben, sind ebenfalls in ***UPDATE_de.txt*** beschrieben.

Zusätzliche Informationen, die Befehlsreferenz und die ausführliche Beschreibung der EAGLE-User-Language finden Sie in den Hilfe-Seiten des Programms.

Verwaltete Ordner für die Freigabe von Bibliotheken

V9.5.0 – Auf Ihrem *library.io*-Konto dürfen Sie verwaltete Ordner erstellen und andere einladen um darauf Zugriff zu erhalten. Im EAGLE Control Panel können Sie Ihre Bibliotheken in verwaltete Ordner kopieren. Die verwalteten Ordner werden im Zweig *Bibliotheken* der Baumansicht angezeigt. Bibliotheken können von einem verwalteten Ordner in einen anderen kopiert werden. Starten Sie diese Aktion mit einem Rechtsklick auf die verwaltete Bibliothek und wählen Sie im Kontextmenü die Option *In einen anderen verwalteten Ordner kopieren*.

Zugriff und Ordner werden online auf *library.io* verwaltet. Der Inhalt der Ordner wird über das EAGLE Control Panel geregelt.

Neues GROUP-Handling

V9.5.0 – EAGLE unterstützt nun auch bleibende Gruppen. Es gibt dazu neue gruppenbezogene Befehle:

NEWGROUP – fügt ausgewählte Objekte zu einer Gruppe hinzu.

UNGROUP – löscht eine gespeicherte Gruppe.

EDITGROUP – Hinzufügen/Entfernen von Objekten zu/von Gruppen.

Der Design-Manager im Schaltplaneditor zeigt Gruppen unter *Groups View* an.

Design Manager

V9.5.0 – Im Schaltplaneditor gibt es jetzt auch den Design-Manager, der in der Ansicht *Parts*, *Nets* und *Groups* eine Reihe von hierarchischen Panels anzeigt, sie ihnen Einsicht in entsprechende Details zu den untergeordneten/zugehörigen Objekten geben.

Filter und Filterausdrücke im Design Manager

V9.5.0 – Filter ermöglichen eine präzise und dynamische Auswahl von Designobjekten basierend auf Name, Wert, Attributen und anderen Eigenschaften. Jeder Filter ist eine Kombination von Filterkriterien, die zu logischen Ausdrücken mit UND- und ODER-Operatoren kombiniert werden.

Der *Filter Composer* bietet eine Schnittstelle zur Erstellung von Filterausdrücken (Expressions). Filterausdrücke können auch in Textform erstellt bzw. gemeinsam genutzt werden. Filter können in einem Design oder übergreifend (in den EAGLE-Einstellungen) und sowohl im Schaltplan als auch im Board gespeichert werden.

Detaillierte Hilfe zu Filterkriterien und gültiger Syntax und Bedienung finden Sie in EAGLE direkt im Filter-Panel des Design Managers.

Bibliotheksseditor

V9.5.0 – Es ist möglich, mehrere Devices, Footprints, Symbole und 3D-Packages in der Inhaltübersicht der Bibliothek auszuwählen, um sie zu löschen. Bitte beachten Sie, dass dies nicht rückgängig gemacht werden kann!

Man kann auch mehrere Device-Varianten auswählen, um sie zu löschen.

Beliebtheitsgrad der Bibliotheken

V9.5.0 – Bauteile in EAGLE-Bibliotheken können einen Popularitätswert (popularity score) zwischen 0 und 100 haben. Sie können beliebte Devices im ADD-Dialog anhand der Popularitätsschwelle filtern. Diese kann im Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* eingestellt werden. Die Bewertung eines Bauteils kann mit einem Attribut mit dem Namen POPULARITY im Library-Editor geändert oder neu gesetzt werden.

CAM-Prozessor

V9.5.0 – Der CAM-Prozessor hat eine neue Ausgabe für Pick&Place-Daten. Alle Template- und Beispiel-CAM-Dateien haben standardmäßig die Pick&Pace-Datenausgabe aktiviert.

LOCK-Befehl

V9.5.0 – Für LOCK gibt es neue Optionen, um alle Komponenten zu sperren, alle Komponenten freizuschalten und alle Komponenten im aktuell aktiven Layer (über Icons in der Parameterleiste) oder auch in einem bestimmten Layer durch Angabe des Layernamen oder der Layernummer zu sperren. Siehe HELP LOCK für weitere Informationen.

REROUTE-Befehl

V9.5.0 – REROUTE rippt das Signal automatisch auf, bevor Sie es neu verlegen. Dies kann z.B. nützlich sein, wenn Sie ein modifiziertes Design mit einigen verschobenen Komponenten aus Fusion in EAGLE übernommen haben.

Object Inspector

V9.4.0 – Der neue Object Inspector zeigt die Eigenschaften von ausgewählten Objekten. Das Inspector-Panel ist im Schaltplan-, Layout-, Symbol- und Footprint-Editor verfügbar. Über das *Ansicht*-Menü lässt sich das Panel ein- bzw. ausblenden. Die Objektauswahl erfolgt über den GROUP-Befehl. Je nach gewähltem Objekt kann darin man auch Eigenschaften direkt verändern.

Selection Filter

V9.4.0 – Im Panel des Auswahlfilters kann man Objekte und Layer auf die man einen Befehl ausführen möchte, vorwählen. Mit der Schaltfläche *Reset*, stellt man die ursprünglichen Einstellungen wieder her.

Verwaltete Bibliotheken

V9.4.0 – Das Erzeugen einer Verwalteten Bibliothek (oder einer neuen Version einer Verwalteten Bibliothek) kann jetzt im Hintergrund laufen (d.h. die Fortschrittsanzeige und die Bibliothek kann versteckt werden).

Bibliotheks-Manager

V9.4.0 – Der Bibliotheks-Manager bietet die Möglichkeit einen Satz von Bibliotheken zu löschen oder neu zu installieren.

COPY-Befehl

V9.4.0 – Der COPY-Befehl hat neue Optionen, um Devices, Symbole, Footprints und Packages aus einer Design-Datei in eine Bibliothek zu kopieren.

Das Kontextmenü von Bauteilen enthält Einträge, um Bauteile in die geöffnete Bibliothek zu kopieren.

EDIT3D-Befehl

V9.4.0 – Wird dieser neue Befehl auf ein Bauteil in Schaltplan oder Layout angewendet, editiert man das dem Bauteil zugeordnete 3D-Package. Hat das Bauteil einen „Override_package3d“-URN (siehe CUSTOM3D-Befehl), wird dieses 3D-Package anstelle des ursprünglich verwalteten 3D-Packages editiert.

CUSTOM3D-Befehl

V9.4.0 – Wird dieser neue Befehl auf ein Bauteil im Board oder Schaltplan angewendet, ordnet man ein eigenes 3D-Package zu. War dem Bauteil bereits ein 3D-Package zugeordnet, wird dieses ignoriert und das eigene 3D-Package beim Fusion ECAD/MCAD-Prozess bevorzugt.

REMOVEOVERRIDE-Befehl

V9.4.0 – Dieser Befehl entfernt das überschreibende eigene 3D-Package (siehe CUSTOM3D-Befehl) von einem Bauteil.

FUSIONTEAM-Befehl

V9.3.0 – Der neue Befehl FUSIONTEAM erlaubt es eine Schaltplan- oder Boarddatei oder erzeugte Fertigungsdaten direkt in Fusion Team zu speichern. Im Layout-Editor gibt es dazu rechts ein Tab *Fusion Team.* Um den Befehl zu starten, klicken Sie darauf oder tippen Sie den Befehl in der Kommandozeile. Es öffnet sich ein Dialog in dem man die Datei, die hochgeladen werden soll und den Speicherort auf Fusion Team wählt.

Das Projekt kann auf Fusion Team betrachtet, geteilt und kommentiert werden. Zusätzlich wird auch die 3D-Darstellung des Layouts gezeigt. Die Darstellung ist unabhängig davon, ob der Anwender EAGLE oder Fusion installiert hat.

SPICE-Simulation

V9.3.0 – Der Simulations-Dialog ist jetzt nicht-modal und überwacht den Schaltplan. Sobald es Änderungen gibt, wird der Nutzer auf die notwendige Aktualisierung hingewiesen

Selektionsfilter für GROUP- und INFO-Befehle

V9.3.0 – In der Parameterleiste des GROUP- und des INFO-Befehls findet man jetzt ein Icon , das es erlaubt die Attribute von Objekten für die Selektion herauszufiltern.

FANOUT-Befehl

V9.3.0 – Im FANOUT-Befehl gibt es den neuen Modus *Allow Violations,* der es erlaubt Vias zu setzen obwohl es zu Verletzungen der Design-Regel kommen könnte. In diesem Modus ist es einfach herauszufinden warum ein Fanout an manchen Stellen nicht möglich ist.

Diese Betriebsart lässt sich über das Icon in der Parameterleiste des FANOUT-Befehls einstellen.

Digitale SPICE-Simulation

V9.2.0 – Die digitale Simulation ermöglicht es, Schaltungen zu simulieren, die digitale Logik-Primitiv-Gatter wie AND, OR und NOT verwenden. Es gibt viele eingebaute digitale Primitive, und EAGLE stellt einige als Bibliothekselemente in der neuen Bibliothek *ngspice-digital* bereit. Mehr Information zur Simulation allgemein gibt es im Kapitel 6.2 ab Seite 164.

PINARRAY, PADARRAY, SMDARRAY-Befehl

V9.2.0 – Die drei Befehle PINARRAY, PADARRAY und SMDARRAY sind über Icons in der Parameterleiste des PIN-, PAD-, bzw. SMD-Befehls zu erreichen. Allen gemeinsam ist die Eigenschaft, dass man schnell eine einfache Anordnung von Pins im Symbol-Editor bzw. von Pads oder SMDs im Footprint-Editor erreichen kann. Neben der Möglichkeit automatisch Namen zu vergeben, wird beim Anlegen des Symbols oder Footprints mit diesen Befehlen auch automatisch Platzhaltertexte für >NAME und >VALUE angelegt.

PATTERN-Befehl

V9.2.0 – Der PATTERN-Befehl erlaubt es Kopien eines gewählten Objekts in einem linearen oder zirkularen Muster automatisch anzuordnen.

Geben Sie die Anzahl der Kopien und den gewünschten Modus – linear oder zirkular – im PATTERN-Dialog an. Im Linear-Modus legt man dann die Abstände in x-und y-Richtung fest. Nach dem Schließen des Dialogs, klicken Sie auf das zu kopierende Objekt. Der nächste Klick in die Zeichnung legt die Position der ersten Kopie fest. Die weiteren Kopien werden entsprechend den Angaben automatisch platziert.
Im Zirkular-Modus wählt man im Dialog die Anzahl der Kopien und die Winkelschritte, dann schließt man mit *OK* den Dialog. Der erste Klick in die Zeichnung wählt das zu kopierende Objekt, der zweite Klick den Mittelpunkt um den die Kopien angeordnet werden sollen, und der dritte Klick die Position der ersten Kopie des Objekts. Weitere Kopien werden automatisch platziert.

PAINTROLLER-Befehl

V9.2.0 – Mit dem PAINTROLLER-Befehl überträgt man ausgewählte Eigenschaften eines Objektes mit einem Klick auf andere Objekte. Aktiviert man den Befehl über die Kommandozeile oder das Icon im Befehlsmenü, öffnet sich nach dem Klick auf ein Objekt in der Zeichnung der '*Copy Properties*'-Dialog in dem man die zu übertragenden Eigenschaften wählen kann. Nach Schließen des Fensters mit *OK*, klickt man auf die Objekte, denen man diese Eigenschaften geben will.

Je nach Objekt werden verschiedene geeignete Eigenschaften zur Auswahl angeboten.

EXPORTSTEP-Befehl

V9.2.0 – EXPORTSTEP erzeugt eine 3D-STEP-Datei von Ihrem Board und kann über die Kommandozeile oder über das *Export/STEP*-Menü gestartet werden.

Zum Erzeugen der STEP-Daten verwendet EAGLE den Cloud-Service von FUSIONSYNC. Dazu wird eine Internet-Verbindung benötigt. Sobald die Konvertierung beendet ist, zeigt EAGLE das STEP-Datei im Home-Tab des Control Panels in der Liste *Recent Generated 3D files*. Klicken Sie auf den Eintrag in der Liste und es öffnet sich der Dateimanager für weitere Aktionen.

FANOUT-Befehl

V9.2.0 – Der FANOUT-Befehl legt automatisch eine kurze Leiterbahn aus einem SMD-Pad heraus und setzt am Ende eine Durchkontaktierung. Es gibt zwei Betriebsarten: Im DEVICE-Modus werden für alle SMD-Pads des gewählten Bauteils entsprechend den Design-Regeln Leitungen mit abschließendem Via herausgeführt. Im SIGNAL-Modus wird jedes SMD-Pad im Layout, das das gewählte Signal führt, eine Leiterbahn mit abschließenden via herausgeführt. Über die Icons in der Parameterleiste des FANOUT-Befehls wählt man den Modus und die Art der Anordnung der Vias. Das kann nach innen oder aussen gerichtet, oder abwechselnd sein.

CAM-Prozessor

V9.2.0 – Die Befehlszeilen-Optionen des CAM-Prozessors arbeiten jetzt auch mit den neuen JSON CAM-Jobdateien. Weitere Informationen dazu gibt es im Kapitel EAGLE-Optionen auf einen Blick auf Seite 359.

Das Standard-Ausgabe-Format der Gerber-Ausgabe-Templates ist Gerber RS274-X. Gerber X2 wird ebenfalls unterstützt und kann bei Bedarf gewählt werden.

Die Gerberausgabe kann jetzt positiv oder negativ erfolgen. Die negative Polarität kann über die Checkbox negative polar. Für jeden Schritt im CAM-Job aktiviert werden. Die Lötstoppmaske wird standardmäßig mit negativer Polarität erzeugt.

Dateien und Verzeichnisse

V9.1.0 – Alle Dateien, die mit EAGLE installiert werden, sind „nur lesbar“ und werden im Control Panel jeweils in einem Examples-Ordner angezeigt. Will man eine solche Datei editieren, muss man sie in einem Benutzer-Verzeichnis ablegen. Benutzerdateien werden standardmäßig im Ordner `$HOME/eagle` gespeichert.

Im Dialog *Optionen/Verzeichnisse* lässt sich das Anzeigen der Beispieldateien ausschalten.

Der Inhalt des bisherigen Zweigs *Documentation* in der Baumansicht des Control Panels kann jetzt über das *Menü* Hilfe erreicht werden.

Benutzeroberfläche

V9.1.0 – Es gibt einige Neuerungen im Erscheinungsbild von EAGLE:
Überarbeitung der Bedienoberfläche mit neuen gut erkennbaren und besser verständlichen Befehls-Icons, die der Häufigkeit der Verwendung nach neu geordnet wurden,
Unterstützung von HDPI-Bildschirmen,
Neudefinition der in den Farbpaletten verwendeten Farben,
„High Contrast“-Modus und ein „Hue“-Schieberegler (Farbton) für die Kontrast-Einstellung im Menü *Optionen/Farben*.

Footprint ersetzt Package

V9.1.0 – Die bisherige Bezeichnung Package wird durch Footprint ersetzt. Aus Gründen der Kompatibilität wird Package aber weiterhin toleriert, z.B. in Scriptdateien oder ULPs.

Die User-Language versteht jetzt die neuen Aliase `UL_FOOTPRINT, footprint(), .footprints, .footprint.`

Design-Rule-Dateien und Check

V9.1.0 – Der DRC warnt jetzt auch bei Leiterbahnen mit einem offenen Ende (wire stubs).

Die Überprüfung in den Names-Layern und der Polygonstrichstärken kann im *Misc*-Tab des DRC-Dialogs ein- bzw. ausgeschaltet werden.

Nicht geschlossene Konturen in den Layern *Dimensions* und *Milling* werden jetzt als Warnung ausgegeben.

Alle Design-Regel-Dateien verwenden jetzt einen symmetrischen Lagenaufbau, z.B. 1, 2, 3, 14, 15, 16 für einen 6-Lagen Multilayer.

POLYGONIZE-Befehl

V9.1.0 – Mit diesem Befehl kann man einen geschlossenen Linien-Zug in ein Polygon konvertieren. Diesen Befehl startet man aus dem Rechtsklick-Kontextmenü.

NET-Befehl

V9.1.0 – Mit NET BREAKOUT kann man von beliebigen Pins von

beliebigen Bauteilen im Schaltplan Netze herausführen lassen. Die Option findet man in der Parameterleiste des NET-Befehls. Sie bietet eine automatische Nummerierung und benutzerdefinierbare Labels beim Anlegen der Netze.

MOVE-Befehl

V9.1.0 – Es gibt neue Optionen für MOVE im Layout-Editor. Im Modus PRESERVE ANGLES wird versucht, bestehende 45/90°-Winkel beizubehalten. Mit dem DISCONNECT-Modus wird das Bauteil von den bestehenden Leiterbahnen gelöst und mit Luftlinien weiterhin zum Signal verbunden. Das bestehende Leiterbahnbild wird beim Bewegen des Bauteils aber nicht verändert.
Der Live-DRC ist beim Verschieben aktiv.

LOCK-Befehl

V9.1.0 – Es können jetzt zusätzlich zu den Bauteilen auch Kreise, Rechtecke, Texte und die Dimension-Linien gegen verschieben gesperrt werden.

Manufacturing Flyout

V9.1.0 – Die gewählten Farben für die Voransicht werden jetzt in der Boarddatei gespeichert und werden somit auch für das 3D-Modell in Fusion bzw. Fusion Team verwendet.

Verschiedene Via-Längen werden im *Drills View* jetzt separat aufgelistet.

PCB Design-Manager

V9.0.0 – Der Design-Manager im Layout-Editor erlaubt es einfach durch alle Bauteile und Signale des Layouts zu navigieren. Klickt man auf einen Eintrag im Design-Manager, wird das entsprechende Objekt im Layout hervorgehoben. Details und Verbindungen von Objekten können so leicht erkannt werden. In vielen Fällen ist es einfacher vom Design-Manager aus Objekte zu wählen oder bestimmte Filter zu verwenden um dieses im Layout zu finden, als das direkt in der Zeichnung zu machen. Mit einem Doppelklick auf einen Eintrag im Design-Manager öffnet sich der zugehörige Eigenschaften-Dialog.

Den Design-Manager kann man über das Menü *Ansicht/Design-Manager* ein- bzw auch ausblenden.

ROUTE-Befehl

V9.0.0 – Es gibt einige neue Betriebsarten für das manuelle Verlegen von Leiterbahnen:

Quick Route Airwire, *Quick Route Signal*, *Quick Route Multi-Signal* und *Smooth Route*. Diese Betriebsarten können über Icons in der Parameterleiste des ROUTE-Befehls gewählt werden. Mit diesen Modi kann man eine einzelne Luftlinie oder ein oder mehrere ausgewählte Signale nach den Vorgaben der Werte in den Design-Regeln und den Netzklassen automatisch verlegen lassen.

Smooth Route wird auf bestehende Leiterbahnen angewendet. Die Anzahl der Knicke in der Leiterbahn werden dabei um eins verringert und es ergibt sich ein glatterer Leiterbahnverlauf.

RIPUP-Befehl

V9.0.0 – Der neue RIPUP-Befehl kann in verschiedenen Betriebsarten angewendet werden. Mit der rechten Maustaste klickt man sich durch die verschiedenen Möglichkeiten oder man nutzt eines der Icons in der Parameterleiste. Folgende Betriebsarten werden unterstützt:

Signal: Das ganze Signal wird in Luftlinien gewandelt.

Connected Copper: Wandelt einen Zweig eines Signal (bis zum nächsten Pad/SMD) in Lutlinien.

Connected Copper on same layer: Wie vorher, jedoch ist RIPUP auf den Signallayer beschränkt in dem das angewählte Leiterbahnsegment liegt.

Between Components (Zwischen Bauteilen): Klicken Sie auf zwei Bauteile und die Leiterbahnen zwischen diesen werden in Luftlinien umgewandelt.

Es gibt noch zwei weitere Betriebsarten, die nur über die Parameterleiste wählbar sind:

All Signals: Wandelt alle Signale im Layout nach Abfrage in Luftlinien.

All Polygons: Bringt alle Polygone zurück in die Umrissdarstellung.

LAUNCH-Befehl – Package Creator

V9.0.0 – Der 2D/3D-Package-Creator und die Web-Suche nach Packages kann jetzt nicht mehr nur aus der Inhaltsübersicht des Bibliothekseditors gestartet werden, sondern auch mit dem LAUNCH-Befehl in der Kommandozeile: `LAUNCH package3d-generator` und `LAUNCH package3d-web-search`.

Bibliothekseditor

V9.0.0 – Das *In Design*-Tab im Bibliotheksmanager zeigt Bibliotheken, die im aktuellen Schaltplan/Board verwendet werden. Ein Hinweis-Banner wird gezeigt, wenn der Anwender ein Design öffnet für dessen referenzierte Bibliotheken heruntergeladen oder aktualisiert werden können.

Die 3D-Packages der Device-Varianten werden jetzt im Device-Editor angezeigt.

Im Inhaltsverzeichnis des Bibliothekseditors gibt es jetzt einen neuen Kontextmenü-Eintrag mit dem man ein Device direkt in den Schaltplan oder ein Package direkt in das Layout einfügen kann.

Es gibt einen neuen Dialog mit dem man 3D-Packages aus anderen Bibliotheken importieren kann.

SPICE-Simulation

V9.0.0 – Verbesserungen bei der Simulation: Der Befehl REMOVE MODEL erlaubt es alle 3D-Modelle und -Attribute vom zugeordneten Bauteil zu entfernen.

Subcircuits, die bei der Überprüfung der Simulationsmodelle Eingaben erfordern werden jetzt unterstützt.

BUS Erneuerung

V9.0.0 – Neue Vorgehensweise beim BUS-Befehl: Starten Sie den BUS-Befehl, zeichnen Sie den Bus, definieren Sie die Spezifikation und lassen Sie EAGLE optional ein Label platzieren. Mit der Checkbox *Prefix Nets* kann man allen Bus-Mitgliedern (Members) ein Präfix geben, wie zum Beispiel in `SPI1:SPI_MISO, SPI_MOSI, SPI_CLOCK.`

Es gibt folgende neue Befehle:

BREAKOUT-Befehl

Gestartet über das Kontextmenü nach einem Rechtsklick auf einen Bus kann man ein, mehrere ausgewählte oder alle Netze, automatisch mit Labeln versehen, aus dem Bus herausführen.

PINBREAKOUT-Befehl

Mit einem Rechtsklick auf ein Bauteil oder auf eine Gruppe vorausgewählter Bauteil-Instanzen im Schaltplan wählt man diesen Befehl im Kontextmenü aus, um aus selektierten oder allen Pins des Bauteils Netze herauszulegen. Es werden die mit den Pins verbundenen Netze gezeichnet und automatisch mit Labels versehen.

BUSFROMSEL-Befehl

Der Befehl BUSFROMSEL (Bus from selection) erlaubt es eine Reihe von Netzen zu selektieren um daraus einen Bus zu erzeugen, der mit diesen Netzen befüllt wird und die Spezifikation (Bus-Name) definiert. Selektieren Sie dazu die Netze, dann wählen Sie nach einem Rechtsklick die Option *Make Bus* aus dem Kontextmenü. Fahren Sie dann mit der neuen Vorgehensweise fort um einen Bus anzulegen (siehe oben).

PINTOBUS-Befehl

Mit PINTOBUS kann man automatisch Netze von Bauteilen im Schaltplan zu Bussen, die unmittelbar gegenüber der Bauteil-Pins liegen, verlegen lassen. Wählen Sie einen oder mehrere Busse, öffnen Sie mit Rechtsklick das Kontextmenü und wählen Sie daraus *Connect Pins to Bus*. Wenn irgendein Bus-Member (ein im Bus enthaltenes Objekt) einem Namen eines gegenüberliegenden Pins entspricht und von diesem Pin aus noch keine Verbindung gezeichnet ist und es möglich ist, eine direkt vertikale oder horizontale Verbindung aus dem Bus heraus zum Pin zu zeichnen, dann werden von den Bauteil-Pins zu den Bussen automatisch Netze gezeichnet.

Verwaltete Bibliotheken

V8.7.0 – Der neuePackage Generator ermöglicht das einfache Erstellen von 2D- und 3D-Packages durch Eingabe von Package-Parametern. Den Package Generator startet man, indem Sie beispielsweise im Inhaltsverzeichnis des Bibliothekseditors auf das Auswahlfeld unterhalb der Spalte 3D-Package klicken. Wählen Sie *Create with Package Generator*. Sobald das Modell erstellt

wurde, kann es direkt in Fusion 360 verwendet oder auch als STEP- oder OBJ-Datei heruntergeladen werden.

Die SMD-Kontaktflächen (SMD-Pads), die durch den Package Generator erzeugt werden, sollten dem üblicherweise verwendeten IPC 7351-B-Standard entsprechen.

Jetzt ist es möglich, 3D- und Verwaltete Packages zwischen Bibliotheken zu kopieren. Das bedeutet, wenn Sie ein Paket in eine andere Bibliothek kopieren, wird die Referenz (URN) beibehalten.

Der Bezug zwischen Footprint (2D-Paket) und dem 3D-Paket ist jetzt in EAGLE gespeichert. Dadurch kann der Benutzer neue Device-Varianten aus einer Kombination aus 3D-Paket und seinen Footprints erstellen.

Wenn Sie eine neue Package-Variante in einem Device erstellen möchten, können Sie ein Package aus einer anderen Bibliothek importieren. Klicken Sie im Device-Editor-Fenster auf die Schaltfläche *Neu* und wählen Sie aus den dort verfügbaren Optionen. Es ist auch möglich nach Packages im Internet zu suchen (library.io).

Symbol aus Datenblatt mit COPY/PASTE erzeugen

V8.7.0 – Die Pins eines Symbols können über die Zwischenablage aus einer Tabelle einer PDF-Datei, Excel-Tabelle oder aus verschiedenen Texteditoren erzeugt werden. Als Trennzeichen werden Komma, Tabulator und Leerzeichen erkannt. Vorausgesetzt die Daten werden als Text aus er Zwischenablage geholt, werden im Symbol-Editor automatisch entsprechend Pins platziert.

Die typische Vorgehensweise ist:

- In der Quelldatei (z.B. PDF-Tabelle, BSDL-Textdatei…) Pins (die Namen der Pins) zum Kopieren markieren und in die Zwischenablage kopieren
- Symbol-Editor öffnen und mit PASTE-Befehl einfügen (nicht in die Kommandozeile einfügen)
- Nun die eingefügten Pins wunschgemäß anordnen
- Diesen Vorgang wiederholen bis alle Pins vorhanden sind
- Symbol zeichnen und Platzhalter >NAME und >VALUE definieren

SPICE-Simulation

V8.7.0 – Die Baumansicht des Control Panels enthält jetzt einen Eintrag für Models. Er zeigt die in EAGLE verfügbaren SPICE-Modelle. Das Modell-Verzeichnis ist jetzt im Menü *Optionen/Verzeichnisse* möglich.

Der Befehl REMOVE MODEL erlaubt nun das Entfernen aller Spice-Attribute und -Eigenschaften aus zugeordneten Bauteilen.

Der Simulationsplot verfügt jetzt über eine präzise Einstellmöglichkeit des Diagrammbereichs. Wellenformen können gespeichert und wiederhergestellt werden, um eine vergleichende Analyse durchzuführen. Wenn die Ergebnisse

der O.P.-Simulation angezeigt werden, können die Beschriftungen von Netzen und Bauteilen wie Textobjekte im Schaltplan verschoben werden.

Manufacturing-Flyout

V8.7.0 – Die Auflösung für die Darstellung der Voransicht ist jetzt vom Anwender einstellbar. Außerdem ist es möglich, die Voransicht der Gerber-Ausgabe in einer Datei abzuspeichern.

NAME-Befehl – Automatisches Label

V8.7.0 – Wenn man mit NAME Netze oder Busse benennt, wird automatisch der LABEL-Befehl gestartet um eine Label zu platzieren. Die Checkbox im NAME-Dialog ist standardmäßig an, wenn noch kein Label am Netz bzw. Bus platziert wurde. Ist schon ein Label vorhanden, ist die Option ausgeschaltet. Nach dem Platzieren wird wieder der NAME-Befehl aktiviert.

MANUFACTURING-Befehl

V8.6.0 – Dieser neue Befehl ermöglicht den Zugriff auf den CAM-Exporter und den überarbeiteten CAM-Prozessor. Klicken Sie auf das Manufacturing-Flyout in der Zeichenfläche des Layout-Editors um das Fenster mit dem Live-Board-Preview zu öffnen. Zusätzlich werden auch Angaben über die Bohrungen und die Eigenschaften des Boards angezeigt.

Ein-Klick Manufacturing Export

V8.6.0 – Für die üblichen Lagenaufbauten kann EAGLE mit einem Mausklick einen kompletten Datensatz Fertigungsdaten erstellen. Mit Klick auf das Icon in der Aktionsleiste startet man die Datenerzeugung. In folgenden Fenster wird eine Übersicht der zu erstellenden Daten angezeigt.

Das bisherige Make-Icon wurde aus der Aktionsleiste entfernt.

CAM-Exporter und CAM-Prozessor

V8.6.0 – Der CAM-Prozessor wurde überarbeitet und erscheint mit einer neuen Bedienoberfläche. Fertigungsdaten werden standardmäßig im Format GERBER X2 erzeugt. Bohrdaten im Excellon-Format.

Genauigkeit und Einheit des Datenformats können direkt im CAM-Prozessor-Fenster festgelegt werden. CAM-Jobs aus früheren Versionen werden ebenfalls unterstützt. Die Ausgabedateien können direkt als zip-Archiv exportiert werden. Das erleichtert die Weitergabe der Daten an den Hersteller.

EAGLE kommt mit einer Reihe von vordefinierten CAM-Dateien (Templates), die für die üblichen Lagenaufbauten von Leiterplatten verwendet werden. Davon abweichende Aufbauten erledigt man mit benutzerdefinierten CAM-Jobs, die der Anwender gemäß seinen Bedürfnissen anlegen kann.

DXF-Export wird direkt unterstützt (es wird kein User-Language-Programm mehr dazu verwendet).

Bibliotheken-Export mit exp-lbrs.ulp

V8.6.0 – Das User-Language-Programm *exp-lbrs.ulp* zum Exportieren von Bibliotheken aus einem Projekt wurde verbessert und erweitert. Wenn man die Option Export in *Multiple Libraries*, also in mehrere Bibliotheken wählt, wird jetzt auch ein Replace-Script erzeugt. Das ist zum Beispiel wichtig, wenn man ein älteres Projekt in ein neues mit Unterstützung von 3D-Packages und Datenaustausch zu Fusion 360 konvertieren will.

ROUTE-Befehl

V8.5.0 – Beim manuellen Verlegen von Leiterbahnen gibt es jetzt den Modus *Push Obstacles* (Verschiebe Hindernisse). Dabei werden bereits verlegte Leiterbahnen, die im Pfad der aktuel zu verlegenden Bahn liegen, verschoben.

Der bereits bekannte Modus *Avoid Obstacles* wurde an einigen Stellen verbessert.

SPICE-Simulation

V8.5.0 – Das Signalauswahl-Menü kennt jetzt die Möglichkeiten alle Signale zu wählen bzw. abzuwählen.

Design-Rule-Check

V8.5.0 – Die Layer *tValues* und *bValues* können jetzt direkt von der Prüfung ausgenommen werden.

LOCK-Befehl

V8.5.0 – In den Versionen vor 8.5.0 konnten nur Bauteile gegen Verschieben gesperrt werden. Jetzt können auch Linien (Wires), Vias, Holes und Polygone „gelockt“ werden.

Verwaltete Bibliotheken

V8.5.0 – Devices/Packages/Symbole von Verwalteten Bibliotheken können jetzt mit der Option *In Bibliothek öffnen* im Kontextmenü der Baumansicht des Control Panels geöffnet werden.

Automatische Backup-Dateien: Bevor man eine neue Version einer Verwalteten Bibliothek herunterlädt, wird der aktuelle lokale Stand der Bibliothek gesichert. Genauso, wenn man eine neue Version der Bibliothek auf dem Server erzeugt beziehungsweise auf einen vorherigen Stand der Bibliothek zurück geht.

SET-Optionen

V8.5.0 – Das Menü unter Optionen/Einstellungen enthält jetzt Möglichkeiten den Hintergrund des Layout-Editors, die Helligkeit beim Single-Layer-Modus und die Farbe des Route-Indikators einzustellen.

Dateidialog für ULPs und Scripts

In den Dateidialogen der User-Language-Programmen und der Scriptdateien gibt es jetzt Beschreibungen zu den Dateien.

Annular Ring (Lötpad)

V8.5.0 – Was in EAGLE bisher als Restring (gesprochen Rest – Ring, nicht Re – String) bezeichnet wurde, nennen wir jetzt im Englischen Annular Ring bzw. Lötpad oder ebenfalls Annular Ring im Deutschen. Diese Bezeichnung ist international üblich und weit verbreitet.

SPICE-Simulation

V8.4.0 – Integrierter Open-Source ngspice Simulator mit Beispielen.
Die neue Bibliothek *ngspice-simulation.lbr* enthält vordefinierte Bauteile, Spice-Model-Cards und Subcircuit-Modelle, sowie native Parts werden unterstützt. Bauteil-Pins können den Modell-Inputs zugeordnet werden. Es werden gültige spice-kompatible Netzlisten erstellt, die optional vor der Simulation von Hand bearbeitet werden können. Die Benutzeroberfläche unterstützt das Erstellen von spice-kompatiblen Bibliotheksbauteilen und das Konvertieren von bestehenden Bauteilen.

Die Ergebnisse werden in Textform ausgegeben oder, wenn möglich geplottet. Ergebnisse von OP-Analysen werden im Schaltplan angezeigt und können wahlweise an- oder abgeschaltet werden.

Unterstützte Simulationstypen: AC, DC, Transient und Operating Point.

Weitere simulationsbezogene Befehle in EAGLE: SIM, SIMOPTOGGLE, SOURCESETUP, MAKESPICE, MAPTOMODEL, IPROBE, VPROBE, VPPROBE

Siehe Hilfe zum SIM-Befehl für Details.

Live Design-Rule-Check

V8.4.0 – Nach einer Änderung im Layout, wie das Verschieben eines Bauteils oder während des Verlegens einer Leiterbahn wird der Live DRC automatisch ausgeführt. Es wird dabei die DRC-Fehlerliste aktualisiert und DRC-Fehlerpolygone im Editor gezeichnet. Somit erkennt man sofort eine Verletzung der Design-Regeln.
Live DRC kann über eine Checkbox im Menü *Einstellungen/DRC* oder über den Befehl SET LIVE_DRC ON | OFF ein- bzw. ausgeschaltet werden.

WINDOW-Befehl – Board-Ansicht von unten

V8.4.0 – Mit WINDOW FLIP kann man das Board von der Unterseite her ansehen und auch bearbeiten. Dazu gibt es ein Icon in der Aktionsleiste.

Routing-Richtung

V8.3.2 – Wenn der ROUTE-Befehl aktiv ist und eine Signallinie als Leiterbahn verlegt werden soll, kann man mit der *Pfeil-nach-rechts*-Taste den Startpunkt der Leiterbahn an das andere Ende Signallinie legen. Das kann zu jeder Zeit beliebig oft wiederholt werden.

SLICE-Befehl

V8.3.2 – Der SLICE-Befehl bietet die Möglichkeit rechts oder links der Slice-Linie die Leiterbahnen automatisch mit RIPUP aufzulösen. Diese Optionen können über Icons in der Parameterleiste gewählt werden.

User-Language

V8.3.2 – Die User-Language unterstützt 3D-Packages und URNs (UL_PACKAGE3D).

FUSIONSYNC-Befehl

V8.3.0 – Datenaustausch zwischen dem mechanischen Konstruktionsprogramm Fusion 360 und EAGLE. Mit diesem Befehl kann man das EAGLE-Layout als 3D-Darstellung in Fusion 360 darstellen. Während der Entwicklung des Boards kann man jederzeit das EAGLE-Layout in Fusion 360 schieben bzw. die Darstellung des Boards aus Fusion in EAGLE übernehmen.

Verwaltete Bibliotheken

V8.3.0 – 3D-Package-Support: Jedem Package in einer „Managed Library“ wird zunächst eine 3D-Darstellung in Form eines einfachen Quaders zugeordnet. Diese kann mit einem webbasierten Editor durch eine 3D-Darstellung im STEP-Format ersetzt werden. Die Referenz zur STEP-Datei bleibt erhalten, wenn man das Bauteil in Schaltplan oder Board platziert. Mit UPDATE werden auch diese Referenzen aktualisiert.

Eigene Bibliotheken können auch als „Verwaltete Bibliotheken“ angelegt werden.

Erkennung der Board-Kontur

V8.3.0 – Wird im Layer 20, *Dimension,* die Kontur des Boards gezeichnet, erkennt EAGLE, wenn diese korrekt und geschlossen gezeichnet ist. Der Bereich außerhalb des Boards wird in einer anderen Farbe dargestellt. Es werden auch Konturen im Layer 46, *Milling,* und Bohrungen entsprechend berücksichtigt.

Neue interne Vektor-Schrift in EAGLE

V8.3.0 – EAGLE hat eine neue Vektor-Schrift, die dem in der CAD-Industrie gebräuchlichen OSIFONT stark ähnelt. Sie deckt eine größeren Bereich von Zeichen ab, insbesondere gebräuchliche westeuropäische, griechische, kyrillische und osteuropäische Zeichen und Sonderzeichen. Die neue Schriftart wird nicht verwendet, solange man nicht die Option *Keep old vector*

font in this drawing in *Optionen/Benutzeroberfläche* deaktiviert. Für neue Designs, wird automatisch die neue Vektor-Schrift verwendet.

ROUTE-Befehl

V8.3.0 – Es gibt jetzt den sogenannten Single-Layer-Modus. Ist dieser Modus aktiviert – mit Hilfe des SET-Befehls: SET SINGLE_LAYER_MODE ON – wird nur der aktive Routing-Layer farbig dargestellt. Andere Layer werden grau gezeichnet und rücken somit in den Hintergrund.
Außerdem kann man jetzt im „Avoid Obstacles"-Modus Leiterbahnen an Pads mit beliebigen Formen anschließen.

Verwaltete Bibliotheken

V8.2.0 – Unterstützung für einfachen Download von Updates für die im EAGLE-Paket enthaltenen Bibliotheken und die Installation von neuen Bibliotheken aus dem Online-Bibliotheks-Index. Die Online-Bibliotheken haben alle eine ID und eine Versionsnummer. Diese werden auch im Schaltplan und Board gespeichert.

Design Blocks

V8.2.0 – In der Baumansicht des Control Panels können jetzt Design Blocks editiert und neu angelegt werden.
Beim Einfügen eines einseitigen Design Blocks (ein Schaltplanblatt) kann jetzt in Schaltplan und Layout mit der Maus die Position des einzufügenden Design Blocks festgelegt werden.

ROUTE-Befehl

V8.2.0 – Im Loop-Remove-Modus wird die redundante Leiterbahn bereits beim Bewegen der Maus an die entsprechende Stelle angezeigt. Dazu ist kein Mausklick mehr notwendig.

Copy/Paste

V8.1.1 – Die Tastenkombinationen Ctrl+C und Ctrl+V (Cmd für Mac) sind jetzt standardmäßig mit COPY und PASTE belegt.

Design Rule Check

V8.1.1 – Der Zweig Airwires im Errors-Fenster des Design Rule Checks listet alle noch nicht verlegten Signal (Luftlinien) auf. Klickt man auf einen dieser Einträge, wird die entsprechende Stelle im Layout markiert.

ALIGN-Befehl

V8.1.1 – Der ALIGN-Befehl kann auf eine Auswahl von Objekten angewendet werden und unterstützt die folgenden Modi: Align Top | Bottom | Left | Right edges (also eine Ausrichtung an der oberen, unteren, linken oder rechten Kante), Vertical | Horizontal centers (vertikale oder horizontale Ausrichtung anhand des Mittelpunkts), Distribute Vertically | Horizontally

(eine Verteilung in vertikaler oder horizontaler Richtung) und Align Components to Grid (eine Ausrichtung nach dem Raster).

Alle Modi (ausser Align Components to Grid) verwenden zur entsprechenden Anordnung achsen-orientierte Boundingboxen um die Objekte. Für Align Components to Grid werden die Aufhängepunkte verwendet.

Den Align-Modus ändert man mit der Leertaste oder über die Icons in der Parameter-Toolbar des ALIGN-Befehls.

ROUTE-Befehl

V8.1 – Der ROUTE-Befehl kennt zwei neue Betriebsarten: *Ignore Obstacles* und *Walkaround Obstacles*. Im Modus *Walkaround Obstacles* werden Hindernisse beim Verlegen einer Leiterbahn automatisch erkannt und umgangen.

Walkaround Obstacles, also die Vermeidung von Hindernissen funkioniert nicht mit den gerundeten Knickwinkeln und nur mit Miter-Radius 0. In diesem Fall wird der *Ignore Obstacle* Modus verwendet.

Die Voreinstellung für das automatische Entfernen redundanter Leiterbahnenwurde geändert und ist jetzt standardmäßig Loop Remove On.

BGA-Router

V8.1 – Der BGA-Router unterstützt jetzt auch nicht-quadratische BGA-Bauteile.

Neue Installationsroutinen und Subscription-Lizenzen

V8.0 – EAGLE verwendete neue Installationsroutinen für die Windows-, Linux- und Mac-Version. EAGLE bietet jetzt Subscription-Lizenzen. Details dazu finden Sie auf den Autodesk-Webseiten.

Flexible Boardgröße in der Free- und Standard-Edition

V8.0 – Die Free- und Standard-Edition ist nicht mehr auf eine fixe Layoutgröße beschränkt, sondern erlauben eine Fläche von 80 cm^2 für die Free- und 160 cm^2 für die Standard-Edition.

Überarbeitete Icons

V8.0 – Die in Version 7 eingeführten Aktions- und Befehls-Icons wurden auf bessere Sichtbarkeit und Erkennbarkeit hin überarbeitet.

Snap-To-Pin im Schaltplan

V8.0 – Beim Verlegen von Netzen im Schaltplan springt die Netzlinie immer an den Verbindungspunkt des Pins, der sich an einem Ende des Pins befindet. Die Position dieses Punkts kann durch Einschalten des Layers 93, *Pins* dargestellt werden.

Umbenennen von WIRE zu LINE-Befehl

V8.0 – Der WIRE-Befehl heisst jetzt LINE. Aus Kompatibilitätsgründen ist WIRE jedoch immer noch erlaubt.

Neuer SLICE-Befehl

V8.0 – Der SLICE-Befehl schneidet Netze und Leiterbahnen in zwei Teile. Es entsteht eine Lücke, deren Breite durch die aktuelle Linienbreite definiert wird. Netze im Schaltplan werden getrennt, genauso wie wenn man ein mittleres Netzsegment löschen würde. Leiterbahnen die mit SLICE behandelt werden, behalten die Verbindung zu ihrem Netz. Die Lücke wird mit einer Luftlinie überbrückt (wie bei RIPUP).

Neuerungen beim ROUTE-Befehl

Objektwahl beim Start

V8.0 – Die Art und Weise der Auswahl des Objekts beim Routing-Start hat sich verändert und ist jetzt flexibler und intuitiver. Es ist möglich, zusätzlich zu den Luftlinien, von jedem Kupferobjekt (Pad, Via, Wire) zu beginnen ohne zusätzlich die *Ctrl*-Taste zu drücken.

Sobald zum Routing-Start die linke Maustaste gedrückt wird, folgt EAGLE einer bestimmten Reihenfolge bei der Auswahl des Startobjekts:

- Pads mit Bohrungen und SMDs/Vias, die sich im aktuellen Routing-Layer befinden
- Wires im aktuellen Routing-Layer
- Luftlinien
- SMDs und Vias, die sich nicht im aktuellen Routing-Layer befinden
- Wires, die nicht im aktuellen Routing-Layer sind

Beispielsweise ist die Wahl eines SMDs im Top-Layer bei aktuellem Routing-Layer Top in einem Bereich mit vielen Luftlinien, die über das SMD hinweg verlaufen am wahrscheinlichsten gewünscht und durch die Suchreihenfolge einfach machbar. Umgekehrt, wenn der aktuelle Routing-Layer Bottom ist, wird angenommen, dass die Auswahl einer Luftlinie eher erwartet wird als das SMD im Top-Layer.

Mausklicks rückgängig machen

V8.0 – Während des Routens kann jetzt jeder Mausklick rückgängig gemacht werden. Wenn Sie also den bisherigen Verlauf der Leiterbahn oder den letzten Teil davon rückgängig machen wollen, drücken Sie die *Backspace*-Taste bzw. die *Delete*-Taste an einem Mac-Rechner. Wenn ein Via rückgängig gemacht wird, ändert sich auch der aktuelle Routing-Layer.

Wenn etwas in der Kommandozeile steht, löscht Backspace den Inhalt wie gewohnt bis zum letzten Zeichen. In diesem Fall hat diese Taste keine

Auswirkung auf den ROUTE-Befehl. Nur wenn die Kommandozeile leer ist, wirkt Backspace wie beschrieben beim ROUTE-Befehl.

Zielpunkt-Anzeige

V8.0 – Der ROUTE-Befehl verfügt schon immer über eine automatische Snap-Funktion in der Nähe elektrischer Objekte (Pads, Vias, SMDs). Jetzt gibt es auch eine Anzeige (X), die erscheint, wenn man in die Nähe des Mittelpunkts eines elektrischen Objekts kommt. Wie bisher bestimmt der *Fangradius*, wie weit man vom Mittelpunkt des Objekts entfernt sein muss bis die Maus ins Zentrum des Objekts springt.

Loop Remove

V8.0 – Neue Funktion mit dem Namen Loop Remove. Diese Funktion, die standardmäßig ausgeschaltet ist, erlaubt es den bisherigen Leiterbahnverlauf neu zu verlegen. Dabei werden redundante Leiterbahnen und Vias automatisch entfernt.

Der neue Leiterbahnverlauf kann im Mittelpunkt eines Wires oder eines Vias beginnen und in gleicher Weise an einem Wire, Via oder Pad enden. Loop Remove funktioniert nicht, wenn im der Loop (der redundante Teil) über ein Pad geht oder einen T-Abzweig enthält. Der zu entfernende Teil darf also nur zwischen zwei Pads (oder einem Teilstück davon) verlaufen und keine T-Abzweige enthalten.

Platzierung von Vias und Layer-Wechsel

V8.0 – Wenn der Routing-Layer gewechselt werden soll, wird jetzt das Via sofort am Leiterbahnende angezeigt und kann angeordnet werden bevor es mit einen linken Mausklick fixiert wird.

Es gibt ein neues Tastenkürzel für die Auswahl des Routing-Layers. Die *Leertaste* wechselt zum nächsten Routing-Layer. Der nächste verfügbare Routing-Layer wird in der Statuszeile angezeigt, zum Beispiel: *Next Layer: Top*.

Diese Funktion verhält sich so wie auch beim Löschen der Mausklicks: Die Kommandozeile muss leer sein, damit die Leertaste mit dem ROUTE-Befehl funktioniert.

Um ein Via zu platzieren und dann im gleichen Layer unverändert weiter zu routen, drücken Sie *Shift* + linken Mausklick.

Wenn das Startobjekt oder das Objekt beim letzten Mausklick ein Pad (für bedrahtete Bauteile) oder ein Via ist, drücken Sie *Shift* + mittlere Maustaste um den Layer zu wechseln ohne ein Via zu setzen. Das kann hilfreich sein, wenn Sie zum Beispiel im Top-Layer mit dem Routing beginnen, sich dann aber entschließen doch mit Bottom zu starten.

BGA-Autorouter

V8.0 – Der BGA-Autorouter ist eine besondere Art von Autorouter, der dafür entwickelt wurde die Verbindungen eines BGAs (Ball Grid Arrays) in minimaler Anzahl von Layern zu verlegen. Der BGA-Router verlegt alle oder ausgewählte Signale und unterstützt Micro-Vias, falls gewünscht. Sie starten den BGA-Router mit dem BGA-Icon im Layout-Editor oder über AUTO BGA in der Kommandozeile. Nach dem BGA-Routing können Sie mit dem Autorouter oder von Hand weiterrouten.

Design Blocks

V8.0 – Technisch gesehen ist ein Design Block eine Kombination aus einem Schaltplan und einem (konsistenten) Board. Er wurde entwickelt um ein beliebiges entwickeltes Modul zu repräsentieren, das in EAGLE einfach wiederverwendet werden kann.

Es ist auch möglich im Schaltplan und dem dazu konsistenten Board Objekte zu wählen und diese als Design Block abzuspeichern. Einem Design Block kann man eine Beschreibung und Attribute zuordnen. Eimal gespeichert kann man ihn in beliebigen Projekten einfach verwenden.

1.3 Hinweise zu den aktuellen EAGLE-Bibliotheken

Die Bauteile-Bibliotheken, die mit EAGLE geliefert werden, wurden mit großer Sorgfalt für Sie, unseren Kunden, erstellt. Jedoch sind bei der großen Vielfalt von Bauteilen und Herstellern Fehler nicht gänzlich auszuschließen. Bitte haben Sie Verständnis dafür, dass wir keinerlei Gewähr für die Richtigkeit der Bauelemente-Definitionen übernimmt.

Vor der Installation einer neuen EAGLE-Version sollten Sie vorsichtshalber alle bisherigen Bibliotheken sichern, insbesondere wenn Sie eigene Modifikationen durchgeführt haben.

1.4 Begriffe und ihre Verwendung

In diesem Handbuch, in der Hilfe-Funktion sowie im EAGLE-Programm werden einige Begriffe immer wieder verwendet und als selbstverständlich vorausgesetzt, so dass wir sie an dieser Stelle kurz erklären wollen.

Airwire:
Direkte, noch nicht verlegte Verbindung zwischen zwei Punkten in einer Platine (= Luftlinie, Signallinie, Sollverbindung).

BGA:
Ball Grid Array – Ein SMD-Bauteil, mit runden Lötpunkten unter dem Gehäusekörper.

Blind-Via:
Auch Sackloch. Eine Durchkontaktierung, die beim Fertigungsprozess einer Mehrlagen-Platine nicht durch alle Lagen gebohrt wird.

Board:
Gleichbedeutend mit Platine oder Layout.

Buried-Via:
Auch vergrabenes Via. Eine Durchkontaktierung, die bei der Herstellung der Platine wie ein normales Via durch den aktuellen Layer-Stapel durchgebohrt wird, aber in Bezug auf die gesamte Platine gesehen nicht durch alle Lagen geht und nicht sichtbar ist.

Core:
Zwei Kupferschichten, die auf einem starren Trägermaterial aufgebracht sind.

Ctrl-Taste:
Die Control-Taste. Auf deutschen Tastaturen mit *Strg* für Steuerungstaste bezeichnet.

Default:
Voreinstellung.

Design Rule Check (DRC):
Design Rules sind Kriterien, die der Entwickler für sein Layout festlegt, z. B. Mindestabstände zwischen Leiterbahnen, die Breite der Leiterbahnen oder Mindest- und Maximalmaße für Durchkontaktierungen. Mit dem DRC werden diese Kriterien überprüft.

Device:
Ein vollständige definiertes Bauteil in einer Bibliothek. Besteht im Normalfall aus Package und Symbol.

Device-Set:
Besteht aus mehreren Devices, die dieselben Symbole für den Schaltplan verwenden, aber unterschiedliche Package-Varianten bzw. Technologien haben.

Drill:
Durchkontaktierte Bohrung in einem Pad oder Via oder auch allgemein für Bohrdurchmesser.

Electrical Rule Check (ERC):
Bestimmte Verletzungen von elektrischen Grundsätzen kann ein Programm mit dem Electrical Rule Check erkennen. Beispiele: nicht angeschlossene Pins oder mehrere Ausgänge, die miteinander verbunden sind. Der ERC prüft außerdem die Konsistenz zwischen Schaltplan und Layout.

Footprint:
Seit der Einführung von 3D-Packages werden zur besseren Unterscheidung in EAGLE die bisherigen 2D-Packages auch als Footprints bezeichnet.

Follow-me-Router:
Der ROUTE-Befehl mit dem man Leiterbahnen von Hand verlegt, bietet einen Betriebsmodus, der es erlaubt, ein gewähltes Signal automatisch verlegen zu lassen. EAGLE berechnet den Verlauf der Leiterbahn und zeigt ihn sofort an. Die aktuelle Mausposition beeinflusst den Weg der Verbindung. Diese Funktion ist nur in Verbindung mit dem Autorouter-Modul verfügbar.

Forward&Back-Annotation:
Überträgt alle Änderungen im Schaltplan sofort in ein bestehendes Layout (und auch eingeschränkt vom Layout in den Schaltplan), so dass beide Dateien immer konsistent sind.

Gate:
In diesem Handbuch wird an verschiedenen Stellen von Gate gesprochen, da der Aufbau einer Bibliothek am Beispiel eines Bausteins (Device) mit mehreren Gattern (Gates) leicht zu begreifen ist. Ein Gate ist der Teil eines Bausteins, der individuell in einem Schaltplan platziert werden kann, also z. B. ein Gatter eines Logikbausteins, aber auch die Spule eines Relais, wenn sie getrennt platziert werden kann.

Grid:
Gleichbedeutend mit Raster.

Hole:
Bohrung ohne Durchkontaktierung, z. B. für Befestigungslöcher.

Junction:
Verknüpfungspunkt im Schaltplan, der eine Verbindung zwischen sich kreuzenden Netzen repräsentiert.

Layer:
Zeichenebene; EAGLE kennt 255 Layer (nicht identisch mit den physikalischen Layern der Platine).

Layer-Stack:
Anzahl und Anordnung der Kupferlagen, aus denen eine Platine aufgebaut wird.

Library:
Bauteilebibliothek.

Micro-Via:
Eine Durchkontaktierung (wie Blind-Via) mit relativ kleiner Bohrung, die von einer Außenlage bis zur nächsten Innenlage reicht.

Miter:
Einfügen von Gehrungsschrägen an Knicken. Zum Beispiel bei Leiterbahnen das Glätten des Verlaufs durch Abschrägen oder Abrunden der Verbindungspunkte.

Modul:
Eine Untereinheit in einem hierarchischen Schaltplan, die eine Teilschaltung des gesamten Schaltplans enthält.

Modul-Instanz:
Ein einfaches Symbol in einer übergeordneten Ebene im hierarchischen Schaltplan, das die Verwendung eines Moduls repräsentiert.

Net:
Elektrische Verbindung (Netz) im Schaltplan.

Obstacle Avoidance:
Ein manueller Routing-Modus, der beim Verlegen einer Leiterbahn automatisch Hindernisse umgeht und die vorgegebenen Design-Regeln und Netzklassen berücksichtigt.

Package:
Packages (Gehäuse) sind in einer Bibliothek gespeichert und werden im Layout-Editor (auf der Platine) verwendet.

Pad:
Durchkontaktierter Anschluss eines Package.

Pin:
Anschluss eines Schaltplansymbols.

Port:
Ähnlich einem Pin. Er verbindet Netze, die in einem Modul verwendet werden auf Schaltplanebene mit der Außenwelt.

Prepreg:
Wird bei Multilayer-Platinen zum Verbund von Außen- und Innenlagen verwendet.

Rack:
Bohrer-Konfigurations-Datei (auch Bohrertabelle genannt), die bei der Erzeugung der Bohrdaten für den Leiterplattenhersteller benötigt wird.

Ratsnest:
Befehl, der die Länge von Luftlinien zwischen mehreren Anschlusspunkten minimiert und mit dem man gezielt Luftlinien ein- bzw. ausblenden kann.

Restring:
Verbleibende Breite des Kupferrings um eine durchkontaktierte Bohrung bei Pad oder Via. Wird seit Version 8.5.0 als Annular Ring oder Lötpad bezeichnet.

Schematic:
Ein Schaltplan.

Sheet:
Blatt eines Schaltplans.

Signal:
Elektrische Verbindungen im Board.

SMD:
Nicht durchkontaktierte Lötfläche eines Packages.

Supply-Symbol:
Ein Symbol, das im Schaltplan eine Versorgungsspannung repräsentiert. Dieses veranlasst u. a. den ERC besondere Prüfungen durchzuführen.

Symbol:
Schaltplandarstellung eines Bauteils, die in einer Bibliothek definiert wird.

Thermal-Symbol:
Bei Kupferflächen werden Lötpunkte über Thermal-Symbole angeschlossen um das zu starke Abfließen der Wärme beim Löten zu verhindern.

User Language:
Frei programmierbare, C-ähnliche Sprache zum Import und Export von Daten aller Art.

Via:
Durchkontaktierung zum Wechsel der Ebene für eine Leitung. Siehe auch Micro-Via, Blind-Via und Buried-Via.

Wheel:
Blendentabelle (Blenden-Konfigurations-Datei), die bei der Erzeugung von Fertigungsdaten für den Leiterplattenhersteller im Gerber-Format benötigt wird.

Wire:
Linie oder elektrische Verbindung im Board.

Diese
Seite
wurde
absichtlich
frei
gelassen.

Kapitel 2
Installation

2.1 Systemvoraussetzungen

Die nötigen Systemvoraussetzungen finden Sie auf den Autodesk EAGLE Webseiten. EAGLE gibt es nur in der 64bit-Variante. Wählen Sie das entsprechende Installationspaket passend für Ihr Betriebssystem aus. Voraussetzung für den Betrieb ist:

- mindestens 3 MB Arbeitsspeicher,
- etwa 700 MB freier Speicherplatz,
- eine Grafikauflösung von mindestens 1024 x 768 Pixel,
- vorzugsweise eine 3-Tasten-Rädchenmaus.

2.2 Installation des EAGLE-Pakets

Laden Sie sich zuerst das aktuelle EAGLE-Paket von der Autodesk EAGLE Produktseite herunter. EAGLE ist für Windows, Linux und Mac OS-X als 64 bit Version verfügbar.

http://www.autodesk.com/products/EAGLE/Overview

Unter Windows und Mac starten Sie die Installationsroutine durch Doppelklick auf das EAGLE-Archiv. Folgen Sie dann dem Installations-Prozeß. Das Linux-Paket wird einfach in ein beliebiges Verzeichnis entpackt.

2.3 Update von einer älteren Version

Erst sichern, dann installieren

Als erstes sollten Sie eine Sicherungskopie des bisherigen EAGLE-Verzeichnisses anlegen.

Die neue EAGLE-Version wird üblicherweise in einem neuen Ordner, mit seinen Unterordnern für Bibliotheken, Script-Dateien, User-Language-Programmen und so weiter, angelegt.

Nach dem ersten Start des Programms sollten Sie die Pfad-Einstellungen im Menü *Optionen/Verzeichnisse..* im Control Panel überprüfen.
Die Pfadeinstellungen werden, wenn vorhanden, aus der Konfigurationsdatei *eaglerc* der Vorgängerversion übernommen. Wenn nötig, modifizieren Sie die Pfade wie gewünscht. Der Platzhalter *$EAGLEDIR* steht hierbei für das EAGLE-Installationsverzeichnis.

Bitte lesen Sie die Datei *update.txt*, die im Verzeichnis *EAGLE/doc* steht, um sich mit den Änderungen im neuen Programm vertraut zu machen.

Hinweise zu Bauteil-Bibliotheken

Alle älteren Dateien können in der neuen EAGLE-Version weiter verwendet werden. Bitte prüfen Sie, welche Bibliotheken *in use*, also geladen sind, und für den ADD-Befehl zur Verfügung stehen.
Damit Sie auch tatsächlich mit den Bibliotheksdateien der neuen EAGLE-Version arbeiten, sollten Sie, zum Beispiel im Schaltplan-Editor in der Kommandozeile, den Befehl

```
USE -*
```

eintippen, um alle Bibliotheken aus dem Speicher zu nehmen, und dann mit

```
USE *
```

alle Bibliotheken des/der aktuell eingestellten Verzeichnisse(s) laden.
Die Information über die verwendeten Bibliotheken wird in der Datei *eagle.epf* des geladenen Projekts gespeichert.

Bei Änderungen in der Datenstruktur

Bei Updates, bei denen eine Änderung der Datenstruktur notwendig war (einen entsprechenden Hinweis finden Sie in der Update-Datei im *eagle/doc*-Verzeichnis), ist es sinnvoll, die eigenen Bibliotheken aus der Vorgängerversion einmal in der neuen Version zu speichern. Das Aufklappen des Bibliotheks-Zweiges im Control Panel oder der erste Aufruf des ADD-Befehls funktioniert dann schneller, da nicht erst die Datenstruktur aktualisiert werden muss, bevor der Bibliotheksinhalt gelesen und angezeigt werden kann.

Falls Sie sehr viele eigene Dateien haben, gibt es eine bequeme, schnelle Methode. Sie brauchen zwei Dateien als Hilfsmittel:
Das ULP *run-loop-all-lbr-script.ulp* und eine Script-Datei mit der Zeile

```
WRITE;
```

Öffnen Sie eine der Bibliotheken, die auf den neuen Stand gebracht werden soll, und starten Sie das ULP. Das ULP fragt nach der auszuführenden Script-Datei und aktualisiert so alle Bibliotheken im Verzeichnis.

Die Datenstruktur der Bibliotheksdateien bleibt beim Übergang von Version 7 auf Version 8 oder 9 unverändert!

2.4 Der erste Aufruf von EAGLE

Wenn Sie EAGLE nach der Installation aufrufen, werden Sie aufgefordert sich in Ihrem persönlichen Autodesk-Zugang anzumelden. Der Zugang ist mit Ihrer Email-Adresse, mit der Sie EAGLE abonniert bzw. sich registriert haben, verknüpft. Nachdem Sie sich angemeldet haben, startet EAGLE in der Edition, die Sie abonniert haben (entsprechen Ihrer Subscription: Standard oder Premium Edition, Dauer des Abos).

Sie müssen sich nicht jedesmal über das Internet mit Ihrem Zugang verbinden, um mit EAGLE arbeiten zu können. Man kann maximal 30 Tage im OFFLINE-Modus arbeiten, bevor Sie wieder aufgefordert sich an Ihrem Zugang erneut anzumelden, um die Gültigkeit Ihrer Subscription zu überprüfen. Falls Sie zu dieser Zeit keinen Internetzugang zur Verfügung haben, fällt EAGLE auf die freie Version zurück. Sobald Sie sich wieder an Ihrem Account anmelden und die Subscription noch gültig ist, arbeitet EAGLE wieder im entsprechenden Modus.

Die EAGLE free Edition benötig nur einmalig einen Login. Von da an kann diese immer ohne Internet-Verbindung verwendet werden.

2.5 Sprache einstellen

EAGLE entscheidet anhand der Spracheinstellung des Betriebssystems welche Sprache verwendet wird. Wenn die Systemsprache beispielsweise englisch ist, erscheint EAGLE in englisch. Falls Sie die automatisch erkannte Sprache nicht verwenden wollen, haben Sie folgende Möglichkeiten diese zu ändern.

Windows

EAGLE beachtet die Umgebungsvariable *LANG*. Um sie zu ändern, gehen Sie an die entsprechende Stelle in der Windows Systemsteuerung. Definieren Sie ein Variable mit Namen *LANG*. Für deutsch setzen Sie den Wert der Variablen typischerweise auf *de_DE*, *de_AT* oder *de_CH*. Für englisch ist der typische Wert *en_US* oder *en_GB*.
Falls Sie EAGLE lieber über eine Batchdatei starten wollen, könnte diese folgendermaßen aussehen:

```
SET LANG=de_DE
cd C:\Programme\eagle-9.x.x
start eagle.exe
```

Das ist sinnvoll, wenn auch andere Anwendungen auf die Variable *LANG* reagieren. Diese Batchdatei betrifft nur EAGLE.

Linux und Mac OS X

Was für die Windows-Version beschrieben ist, gilt auch für EAGLE unter Linux und Mac OS X. Die Umgebungsvariable wird mit dem EXPORT-Befehl des Betriebssystems definiert.
Es ist alternativ möglich eine Skriptdatei zu schreiben, die EAGLE startet. Zum Beispiel:

```
LANG=de_DE
/home/user/eagle-9.x.x/eagle
```

Kapitel 3
EAGLE–Module und –Editionen

3.1 EAGLE-Module

Layout-Editor

Mit dem Layout-Editor können Sie Platinen entwerfen. Darin enthalten sind der Bibliotheks-Editor, der CAM-Prozessor und ein Texteditor, die auch vom Schaltplan-Editor aus genutzt werden können. Mit dem Bibliotheks-Editor können Sie Gehäuse und auch Schaltplansymbole bearbeiten. Der CAM-Prozessor ist das Ausgabeprogramm, mit dem Sie die Fertigungsdaten (zum Beispiel Gerber- und Bohrdateien) erzeugen. Es ist ebenfalls möglich User-Language-Programme und Script-Dateien zu nutzen.

Schaltplan-Editor

Hier bringen Sie Ihre Idee „zu Papier“ Sie platzieren Bauteil-Symbole und verbinden die Anschlußpins mit Netzen, also elektrischen Verbindungen. Sie können jederzeit mit einem Mausklick die zugehörige Layoutdatei erzeugen. EAGLE wechselt dann in den Layout-Editor, wo die Bauelemente mit den Luftlinien (Soll-Verbindungen) neben einer Leerplatine platziert sind. Schaltplan und Layout werden von EAGLE automatisch konsistent gehalten (Forward&Back-Annotation). Schaltpläne können aus maximal 999 Seiten (Sheets) bestehen. Im Schaltplan-Editor-Fenster zeigt EAGLE standardmäßig eine Voransicht der Schaltplanseiten.

Die Schaltung kann auch simuliert werden. EAGLE verwendet dazu den ng-Spice Simulator. Unterstützte Simualtionen sind: AC, DC, Transient und Operating Point.

Im Schaltplan-Editor kann man auch einfache Elektro-Schaltpläne (Verdrahtungspläne, Klemmenpläne, Kontaktspiegel) zeichnen. Dazu gibt es ein ein eigenes Handbuch, elektro-tutorial.pdf.

Autorouter

Mit dem Autorouter-Modul haben Sie im Layout-Editor die Möglichkeit, vorher definierte Soll-Verbindungen (dargestellt als Luftlinien) automatisch verdrahten zu lassen. Dabei können Sie einzelne Netze, Gruppen von Netzen

oder alle noch nicht gerouteten Verbindungen dem Autorouter übergeben. Dabei werden Netzklassen mit unterschiedlichen Leiterbahnbreiten und Mindestabständen berücksichtigt.

Der Autorouter verfügt über einen speziellen Modus, der es erlaubt Verbindungen aus BGA-Bauteilen (Ball Grid Array) verlegen zu lassen.

3.2 Die verschiedenen Leistungsklassen

EAGLE wird in den verschiedenen Leistungs-/Preisklassen (Editionen), Free, Standard und Premium angeboten. Leistungsangaben in diesem Handbuch beziehen sich immer auf die Premium Edition.

Premium-Edition

Allgemein

- maximale Zeichenfläche 4000 mm x 4000 mm (ca. 150 Inch x 150 Inch)
- Auflösung 0,003125 μm (Micron)
- Raster in Millimeter und Inch einstellbar
- Bis zu 255 Zeichnungslayer
- Ausführen von Befehlsdateien (Script-Dateien)
- C-ähnliche Benutzersprache (EAGLE-User-Language) für den Daten-Import und Export und die Realisierung eigener Befehle
- Lesbare, vollständig dokumentierte XML-Datenstruktur
- Einfaches Bearbeiten von Bibliotheken
- Zusammenstellen eigener Bibliotheken aus vorhandenen durch Drag&Drop
- Einfaches Erzeugen neuer Package-Varianten aus anderen Bibliotheken durch Drag&Drop
- Package-Varianten können in beliebigen Winkeln gedreht angelegt werden (0.1-Grad-Schritte)
- Beliebige Padformen im Package-Editor
- Bibliotheksbrowser und bequeme Bauteil-Suchfunktion
- 3D-Package Creator
- ECAD/MCAD-Anbindung mit gemeinsamer Datenbasis
- Unterstützung von Bauteile-Technologien (z. B. 74**L**00, 74**LS**00..)
- Einfaches Erzeugen von beschrifteten Zeichnungsrahmen mit Referenzkoordinaten
- Frei definierbare Attribute, anwendbar auf Bauteile in der Bibliothek und auch in Schaltplan oder Layout
- Unterstützung von Bestückungsvarianten
- Komfortable Bemaßungsfunktion

- Zusammenfügen von verschiedenen Projekten mit Beibehaltung der Konsistenz (Design Reuse)
- Design Blocks als Schaltungs- und Layout-Vorlagen
- Abspeichern von Schaltplan-/Board-Teilen in Design Blocks zur Wiederverwendung in anderen Projekt als Design-Vorlagen
- Integrierte Exportfunktion für PDF-Dateien
- Export-Funktion für Grafikdateien (BMP, TIF, PNG...)
- Ausdruck über System-Druckertreiber mit Druckvorschau
- Stücklisten-Erzeugung mit Datenbank-Support (bom.ulp)
- Ein-Klick Datenausgabe
- Fertigungsdaten-Vorschau
- Drag&Drop-Funktion im Control Panel
- Frei definierbares Kontextmenü mit spezifischen Befehlen für jedes Objekt über die rechte Maustaste erreichbar
- Eigenschaften eines Objekts über das Kontextmenü erreichbar und gegebenenfalls veränderbar
- Automatische Backup-Funktion

Schaltplan-Editor

- Schaltpläne können in einer hierarchischen Struktur angelegt werden: Module werden durch Modul-Instanzen auf der oberen Schaltplanebene repräsentiert und über Ports verbunden
- Die Hierarchie kann eine beliebige Tiefe erreichen
- Bis zu 999 Blätter pro Schaltplan
- Verkleinerte Seiten- und Modulseitenvorschau
- Sortieren der Schaltplanseiten und Modulseiten durch Drag&Drop
- Querverweise für Netze
- Automatisches Erzeugen eines Kontaktspiegels
- Einfaches Kopieren von Bauteilen
- SPICE-Simulation
- Replace-Funktion für Bauteile unter Einhaltung der Konsistenz zwischen Schaltplan und Layout
- Online-Forward&Back-Annotation zwischen Schaltplan und Platine
- Automatische Platinen-Generierung
- Automatische Verdrahtung der Versorgungsspannung
- Electrical Rule Check (prüft Schaltplanlogik und Konsistenz zwischen Schaltplan und Platine)

Layout-Editor

- Konventionelle und SMD-Technik (auf beiden Seiten)

- Blind- und Buried-Via-Technik
- Drehen von Elementen in beliebigen Winkeln (0.1-Grad-Schritte)
- Bauteile, Texte, Kreise, Rechtecke und Dimensionslinien können gegen Verschieben gesperrt werden
- Texte können in beliebiger Ausrichtung platziert werden
- Dynamisches Berechnen der Signallinien beim Entflechten der Platine
- Magnetische-Pads-Funktion beim Verlegen von Leiterbahnen
- Verlegen der Leiterbahnen in beliebigen Radien möglich
- Mitering zum Glätten von Leiterbahnknicken
- Loop-Remove-Funktion: Beim Neurouten einer Leiterbahn wird die bereits bestehende, dann nicht mehr notwendige Verbindung automatisch entfernt
- Design Rule Check (prüft z.B. Platine auf Kurzschlüsse oder bestimmte Maße von Pads und Leiterbahnen)
- Live DRC
- Boardkontur-Erkennung
- Copper Pouring (Auffüllen z. B. mit Massefläche)
- Einfache Nutzung verschiedener Package-Varianten
- Verlegen von Differential-Pair-Signalen
- Automatische Erzeugung von Mäandern zum Längenausleich von Signalen
- Hindernisse vermeiden und verschieben beim manuellen Routen
- Quick Route Modi für einfaches halbautomatischen Routen
- Smooth Route um Leiterbahnen zu glätten
- Vom Benutzer frei programmierbare User-Language, zur Erzeugung von Daten z. B. für Bestückungs-, Test- und Fräsautomaten und beliebigen anderen Datenformaten
- Erzeugung von Fertigungsdaten für Plotter, Fotoplotter, Bohrmaschinen mit dem CAM-Prozessor
- Erzeugung von verschiedenen 3D-Datenformaten (z.B. STEP oder STL…) zur Anbindung an mechanische CAD-Systeme über einen Web-Dienst.

Autorouter-Modul

- Vollständig in die Basis-Software integriert
- Toprouter mit rasterlosem Routing-Algorithmus, der dem Autorouter vorgeschaltet werden kann
- BGA-Escape-Router für sauberes BGA-Anschluss-Routing
- Optionale automatische Auswahl von Routing-Raster und Vorzugsrichtungen in den Signallagen

- Unterstützung von Mehr-Kern-Prozessoren zum gleichzeitigen Bearbeiten mehrerer Routing-Jobs
- Verwendet die im Layout gültigen Design-Regeln
- Wechsel zwischen manuellem und automatischem Routen in jedem Entwicklungsstadium der Platine
- Grundlage für den Follow-me-Router, ein erweiterter Betriebsmodus beim Entflechten der Platine, der eine mit der Maus ausgewählte Signallinie vollautomatisch verlegen kann
- Ripup-und-Retry-Algorithmus
- Steuerung durch Kostenfaktoren (vom Benutzer definierbar)
- Kleinstes Routing-Raster 0,02 mm (ca. 0,8 mil)
- Platzierungsraster beliebig
- Bis zu 16 Signal-Layer (mit einstellbaren Vorzugsrichtungen)
- Volle Unterstützung von Blind- und Buried-Vias
- Berücksichtigt verschiedene Netzklassen bzgl. Leiterbahnbreite und Mindestabstand

Standard-Edition

Die Standard-Edition hat folgende Einschränkungen:

- Die Platinenfläche ist auf 16000 mm² begrenzt. Die Maße der Platine sind flexibel. Außerhalb dieses Bereichs können keine Bauteile platziert bzw. Signale verlegt werden. Typische Größe ist eine Euroformat-Leiterplatte mit 160mm x 100mm.
- Es stehen vier Signallayer zur Verfügung.
- Ein Schaltplan kann aus 99 Blättern bestehen.

Free-Edition

Die Free-Edition hat folgende Einschränkungen:

- Die Platinenfläche ist auf 8000 mm² begrenzt. Die Maße der Platine sind flexibel. Außerhalb dieses Bereichs können keine Bauteile platziert bzw. Signale verlegt werden.
- Es stehen nur zwei Signallayer zur Verfügung (keine Innenlagen).
- Ein Schaltplan kann aus 2 Blättern bestehen.

Größere Layouts und Schaltpläne können auch mit den *kleinen* Versionen gedruckt werden. Der CAM-Prozessor kann davon auch Fertigungsdaten erstellen.

Diese
Seite
wurde
absichtlich
frei
gelassen.

Kapitel 4
EAGLE im Überblick

4.1 Das Control Panel

Das Control Panel erscheint standardmäßig nach dem EAGLE-Start und ist die Steuerzentrale des Programms. Von hier aus lassen sich alle EAGLE-spezifischen Dateien verwalten und einige Grundeinstellungen treffen. Es ähnelt den gebräuchlichen Dateimanagern, die in verschiedensten Anwendungen und Betriebssystemen zum Einsatz kommen. Jede EAGLE-Datei wird in der Baum-Ansicht mit einem kleinen Symbol gekennzeichnet.

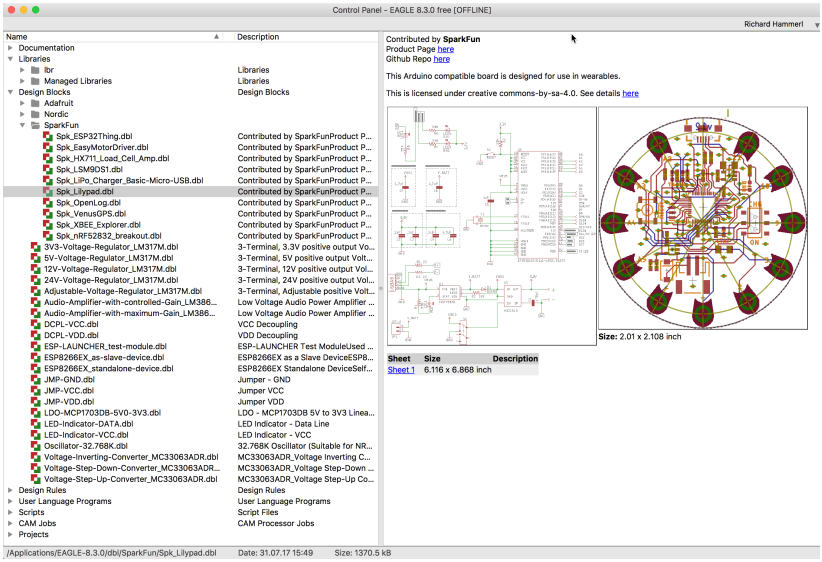
Durch rechten Mausklick auf einen Eintrag in der Baum-Ansicht öffnet sich ein Kontextmenü. Mit diesem lassen sich, je nach Objekt, verschiedene Aktionen (Umbenennen, Kopieren, Drucken, Öffnen, Neu anlegen usw.) ausführen. Es werden zum Beispiel Grafikdateien oder Dokumentations-dateien im PDF- oder Text-Format mit der verknüpften Applikation geöffnet.

Das Control Panel unterstützt Drag&Drop, auch zwischen verschiedenen Programmen. So kann man beispielsweise Dateien kopieren, verschieben oder Verknüpfungen auf dem Desktop erstellen. User-Language-Programme oder Script-Dateien, die man mit der Maus aus dem Control Panel in ein Editor-Fenster zieht, werden automatisch gestartet. Ziehen Sie mit der Maus z. B. eine Boarddatei in den Layout-Editor, wird die Datei geöffnet.

Durch die Baum-Ansicht erhält man rasch einen Überblick über Bibliotheken, Design Blocks, Design-Regeln, User-Language-Programme, Script-Dateien, CAM-Jobs, die Dokumentation und Projekte. Zu den Projekten können, außer Schaltplänen und Layouts, auch spezielle Bibliotheken, Text-, Fertigungs- und Dokumentationsdateien gehören.

Nach dem ersten Aufruf präsentiert sich das Control Panel ähnlich wie im folgenden Bild gezeigt.

Selektiert man ein Objekt in der Baum-Ansicht, werden im rechten Teil des Fensters weitere Informationen oder eine Voransicht dazu angezeigt.



➢ ***Control Panel: Rechts, die Voransicht eines Design Blocks***

Oben rechts in der Ecke wird der aktuelle ONLINE/OFFLINE-Status angezeigt. Im folgenden Bild sieht man, dass EAGLE derzeit OFFLINE ist. Klickt man rechts auf den Benutzernamen, gibt es verschiedene Optionen im Menü: Go online, Lizenzinformation anzeigen und Sign out (also vom Zugang abmelden).

Dokumentation

Über das *Hilfe*-Menü haben Sie direkten Zugriff auf das EAGLE Tutorial (Trainingshandbuch) und Manual (Handbuch) in verschiedenen Sprachen. Außerdem finden Sie dort die Update-Datei, die alle Änderungen in den verschiedenen EAGLE-Versionen beschreibt. Zusätzlich gibt es Informationen zu verschiedenen User-Language-Programmen.

Bibliotheksübersicht

Besonders interessant ist die Möglichkeit, den Inhalt der Bibliotheken anzuzeigen. Damit gewinnt man sehr schnell einen Überblick über die verfügbaren Bauteile.

Klappen Sie den Eintrag *Bibliotheken* auf und Sie sehen die verfügbaren Bibliotheken. Wir unterscheiden zwischen „normalen“ Bibliotheken und verwalteten Bibliotheken, den *Managed Libraries*. Die verwalteten Bibliotheken kommen mit der EAGLE-Installation und werden über unser Online-Bibliotheken-Archiv stets aktuell gehalten. Sobald es eine neuere Version einer der Managed Libraries gibt, können Sie diese bei Gelegenheit herunterladen und verwenden.

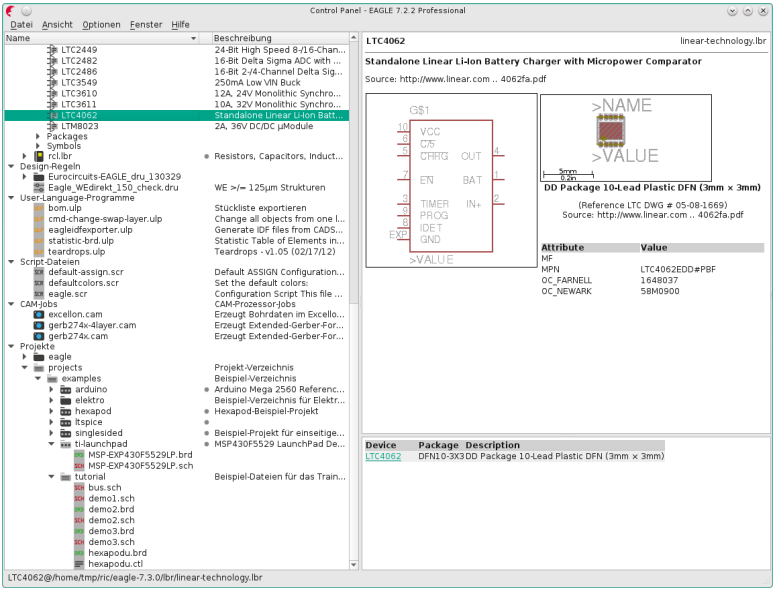
Neben dem „*Managed Libraries*“-Ordner gibt es im *Bibliotheken*-Zweig der Baumansicht auch noch einen *lbr*-Ordner. Dieser ist für Ihre eigenen, selbstdefinierten Bibliotheken reserviert.

Im Feld *Beschreibung* wird eine Kurzbeschreibung zum Inhalt gezeigt. Wird eine Bibliothek selektiert, sehen Sie im rechten Teil des Control Panels ausführliche Informationen zur Bibliothek. Klappen Sie einen Bibliothekseintrag auf, zeigt sich der Inhalt mit einer kurzen Beschreibung zum Element. Devices und Packages werden mit einem kleinem Symbol markiert.

Selektieren Sie nun ein Device:
Rechts erscheint die Beschreibung des Devices und eine Abbildung davon. Darunter werden die möglichen Package- und Technologie-Varianten aufgelistet. Mit einem Klick auf eine der Package-Varianten wird oben die Darstellung des Packages aktualisiert.
Sofern das Schaltplan-Editor-Fenster geöffnet ist, erscheint in der Zeile neben der selektierten Variante *ADD*. Klicken Sie darauf, hängt das Device, sobald Sie sich mit der Maus über dem Schaltplan-Editor-Fenster befinden, an der Maus. Jetzt können Sie es im Schaltplan platzieren.
Sollten Sie nur mit dem Layout-Editor arbeiten, funktioniert das selbstverständlich auch mit Packages. Es ist ebenfalls möglich ein Device mit Drag&Drop von der Baum-Ansicht aus in einen Schaltplan zu ziehen und dort zu platzieren. Besitzt es mehr als nur eine Package-Variante, öffnet sich automatisch der ADD-Dialog, um die gewünschte Gehäuseform zu wählen.

Der grüne Marker hinter einem Bibliothekseintrag zeigt an, dass diese Bibliothek *in use* ist. Das heißt, sie darf im aktuellen Projekt verwendet werden. Bauteile dieser Bibliothek werden von der Suchfunktion im ADD-Dialog des Schaltplans oder Layouts berücksichtigt. Somit stehen Sie für das Projekt zur Verfügung. Ist die Markierung grau, wird die Bibliothek nicht beachtet.
Wird EAGLE ohne Projekt gestartet (es wird keine *eagle.epf*-Datei geladen; das Projekt wurde geschlossen bevor EAGLE zuletzt beendet wurde) und dann ein neues Projekt angelegt (⇒ *Datei/Neu/Project*), sind automatisch alle Bibliotheken *in use*. Wird aber vorher ein Projekt geöffnet, für das schon eine bestimmte Auswahl an Bibliotheken getroffen wurde, wird diese Auswahl in das neue Projekt übernommen.

Sofern parallel zum Control Panel ein Bibliotheks-Editor-Fenster geöffnet ist, kann man über Drag&Drop ein vollständiges Device oder ein Package aus der Baum-Ansicht in die geöffnete Bibliothek ziehen. Dabei wird das Element von der einen in die andere Bibliothek kopiert. Existiert in der Zielbibliothek bereits ein gleichnamiges Element, findet ein Bibliotheks-Update statt; das vorhandene wird durch das neue überschrieben.



➢ ***Control Panel: Bibliotheksübersicht mit Device-Ansicht***

Design Blocks

Design Blocks (dbl) enthalten idealerweise einen Schaltplan und ein dazu konsistentes Layout die man einfach in einem Projekt wiederverwenden kann (Design re-use). Design Blocks können eine Beschreibung haben und mit Attributen versehen sein.

Mit einem Rechtsklick auf einen Eintrag öffnet sich ein Kontextmenü mit den Einträgen *Öffnen*, *Umbenennen*, *Löschen*, *Kopieren* und *In den Schaltplan einfügen*.

Design-Regeln

In EAGLE kann man für die Platinen-Entwicklung spezielle Design-Regeln festlegen. Diese können als Datensatz in speziellen Dateien gesichert werden (**.dru*).

Im Zweig *Design-Regeln* der Baum-Ansicht legt man fest, welcher Parametersatz für das aktuelle Projekt gilt. Sind noch keine Angaben zu den Design-Regeln (*Bearbeiten/Design-Regeln...*) getroffen, gibt EAGLE Parameter vor. Die Markierung rechts vom Dateieintrag, legt den Default-Parametersatz für das aktuelle Projekt fest. Nach diesen Kriterien wird das Layout vom DRC geprüft. Weitere Hinweise zum DRC und den Design-Regeln finden Sie ab Seite 180.

User-Language-Programme, Script-Dateien, CAM-Jobs

Diese Einträge zeigen den Inhalt der Verzeichnisse *ulp*, *scr* und *cam*. Darin befinden sich verschiedene User-Language-Programme (**.ulp*), Script-Dateien (**.scr*), und CAM-Jobs (**.cam*) für die Ausgabe von Daten mit dem CAM-Prozessor. Wird eine dieser Dateien im Control Panel selektiert, sehen Sie eine ausführliche Beschreibung zur Datei.

Die Pfade können über das Menü *Optionen/Verzeichnisse* eingestellt werden. Dazu finden Sie später in diesem Kapitel mehr.

Projekte

Vom Control Panel aus werden die verschiedenen Projekte verwaltet. Nach dem Aufklappen des Zweiges *Projekte* erscheinen verschiedene Ordner. Diese befinden sich an der Stelle, die über das Menü *Optionen/Verzeichnisse* im Feld *Projekte* gewählt wurde. Es dürfen auch mehrere Pfade angegeben werden.

Ein Projekt besteht üblicherweise aus einem Ordner, der den Namen des Projekts repräsentiert und einer projektspezifischen Konfigurationsdatei mit dem Namen *eagle.epf*. In diesem Ordner befinden sich üblicherweise alle Dateien, die zu Ihrem Projekt gehören, zum Beispiel Schaltplan- und Board-Datei, besondere Bibliotheken, Script-Dateien usw.

Ein Projektverzeichnis, das die Projektdatei *eagle.epf* enthält, wird durch ein besonderes Ordnersymbol markiert .

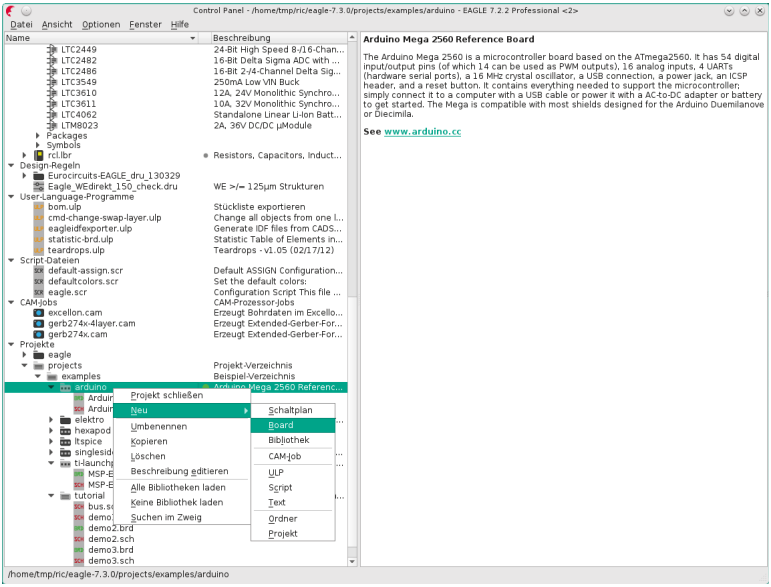
Im *Projekte*-Zweig wählt man das Projekt, das man bearbeiten will. Rechts neben einem Projektordner-Eintrag befindet sich ein Marker, der entweder grau oder grün dargestellt wird. Mit diesem kann man Projekte öffnen und auch wieder schließen. Klickt man auf einen grauen Marker, wird er grün und das entsprechende Projekt wird geöffnet. Erneutes Klicken auf den grünen Marker oder ein Klick auf einen anderen Marker schließt das aktuelle Projekt bzw. öffnet anschließend gleich das andere Projekt.
Alternativ öffnen oder schließen Sie ein Projekt mit einem Doppelklick auf den Projekteintrag oder durch Betätigen der Leer- oder Eingabetaste.

Beim Beenden eines Projekts werden die aktuellen Einstellungen der gerade geöffneten Editor-Fenster in der Datei *eagle.epf* gespeichert, sofern die Option *Projektdatei automatisch sichern* im Menü *Optionen/Sicherung* aktiviert ist.

Wurde die Projektdatei mit einer anderen als der aktuell verwendeten EAGLE-Version erzeugt, fragt EAGLE nach, ob sie überschrieben werden darf.

Im *Projekte*-Zweig legen Sie neue Projekte mit rechtem Mausklick auf einen Ordner an. Es öffnet sich ein Kontextmenü, das das Anlegen von neuen Dateien und Verzeichnissen bzw. das Verwalten der einzelnen Projekte erlaubt.
Wählen Sie die Option *Neu/Projekt*, erscheint ein neuer Verzeichniseintrag, dem Sie den Projektnamen geben. Dabei wird in diesem Verzeichnis automatisch die Projektdatei *eagle.epf* angelegt.

Man kann auch über das Menü *Datei/Öffnen/Project* bzw. *Datei/Neu/Project* Projekte öffnen bzw. neu anlegen.



➢ ***Kontextmenü zur Projekt-Verwaltung***

Das Kontextmenü enthält unter anderem den Punkt *Beschreibung editieren*. Hier kann man eine Beschreibung des Projekts eingeben, die im Feld *Beschreibung* angezeigt wird.

Auch für Schaltplan- und Boarddateien kann man eine Beschreibung hinterlegen. Diese wird im jeweiligen Editor-Fenster definiert. Siehe auch Hilfe zum DESCRIPTION-Befehl.

Menüleiste

Das Control Panel erlaubt über die Menüleiste verschiedene Aktionen und Einstellungen, die im Folgenden erläutert werden.

Datei-Menü

Das Datei-Menü enthält folgende Einträge:

Neu

Erzeugt eine neue Datei des Typs Layout (Board), Schaltplan (Schematic), Bibliothek (Library), Design Block, CAM-Job, ULP, Script oder Text. Die Option *Project* erzeugt ein neues Projekt. Das besteht einfach aus einem neuen Verzeichnis, in dem man die Dateien eines Projekts verwaltet. Dazu gehören im Regelfall Schaltplan und Layout, evtl. besondere Bibliotheken, Script-Dateien, User-Language-Programme, Dokumentationsdateien usw. und

die Datei *eagle.epf*, in der projektspezifische Einstellungen gespeichert werden.

Die Default-Verzeichnisse für die einzelnen Dateitypen werden im Menü *Optionen/Verzeichnisse* festgelegt.

CAM-Jobs sind Ablaufvorschriften für die Erzeugung von Ausgabedaten, die mit Hilfe des CAM-Prozessors definiert werden.

Script- und ULP-Dateien sind Textdateien, die Befehlssequenzen der EAGLE-Kommandosprache bzw. User-Language-Programme enthalten. Sie lassen sich mit dem EAGLE-Texteditor oder einem externen Texteditor erzeugen und bearbeiten.

Öffnen

Bereits existierende Dateien der oben genannten Typen lassen sich damit öffnen.

Zuletzt geöffnete Projekte

Listet die Projekte auf, die kürzlich bearbeitet wurden.

Alles speichern

Alle veränderten Dateien werden abgespeichert. Die aktuellen Einstellungen für das Projekt werden in der Datei *eagle.epf* gespeichert, auch wenn die Option *Projektdatei automatisch sichern* im Menü *Optionen/Sicherung...* nicht aktiviert ist. Die benutzerspezifische Einstellungen werden in der Datei *eaglerc* gespeichert.

Projekt schließen

Schließt das aktuelle Projekt. Projektspezifische Einstellungen werden in der Datei *eagle.epf* im Projektverzeichnis gespeichert.

Wenn die Datei eagle.epf zuletzt mit einer älteren EAGLE-Version gespeichert wurde, frägt EAGLE nach, ob diese mit der aktuellen EAGLE-Version überschrieben oder unverändert bleiben soll.

Wenn Sie eine Projektdatei aus einer älteren EAGLE-Version (vor 6.0) überschreiben, werden die Werte für Abmessungen in einem anderen Format abgelegt. Wird eine solche Datei wieder in einer älteren EAGLE-Version geladen, fallen all diese (z. B. Wire-Breite oder Bohrdurchmesser) auf die Standardwerte zurück.

Beenden

Das Programm wird beendet.
Beim nächsten Aufruf wird der momentane Zustand wieder hergestellt. Das heißt, die Anordnung der Fenster und die in der Projektdatei gespeicherten Betriebsparameter bleiben unverändert. Ist beim Beenden kein Projekt geladen, wird beim nächsten Start nur das Control Panel geladen.

Mit *Alt-X* können Sie das Programm von jedem EAGLE-Programmteil aus verlassen, ohne dass der augenblickliche Status verloren geht.

Wenn Sie die Menüleiste über das Menü Optionen/Benutzeroberfläche ausgeblendet haben, funktioniert Alt-X in den Editor-Fenstern nicht. Sie können alternativ den Befehl QUIT verwenden. Diesem könnte man auch die Tastenkombination Alt+X über ASSIGN zuweisen.

Ansicht-Menü

Erweiterter Modus

Im Dokumentations- und im Projekt-Zweig der Baumansicht werden jetzt standardmäßig alle Dateien angezeigt. Grafik- und andere binäre Dateien werden direkt mit der aktuell verknüpften Applikation geöffnet.
Deaktiviert man diese Option, sind nur EAGLE-bezogene Dateien sichtbar.

Aktualisieren

Der Inhalt der Baum-Ansicht wird aktualisiert.

Suchen

Im Control Panel kann die Baum-Ansicht durchsucht werden. Über diesen Menüpunkt öffnen Sie die *Suchen*-Zeile über der Statuszeile des Control Panels. Es wird exakt nach dem eingegebenen Begriff gesucht. Wenn Sie mehrere Begriffe eingeben, müssen im Ergebnis alle gefunden werden. Gesucht wird nach allem was in der Baumansicht dargestellt werden kann, zum Beispiel nach Dateinamen, Device- und Packagenamen in den Bibliotheken und auch in der Beschreibungszeile, die in der Spalte *Beschreibung* angezeigt wird. Zur Suche dürfen die Platzhalter *?* (für ein beliebiges Zeichen) und * (für eine beliebige Anzahl beliebiger Zeichen) verwendet werden.
Möchten Sie zum Beispiel nach dem Zeichen * in einem Namen Suchen, muss dieses mit vorangestellten Backslash angegeben werden: *40*14* sucht zum Beispiel nach *40*14*.

Sortieren

Der Inhalt der Baum-Ansicht wird entweder alphabetisch (*nach Name*) oder nach Dateityp (*nach Typ*) sortiert angezeigt.

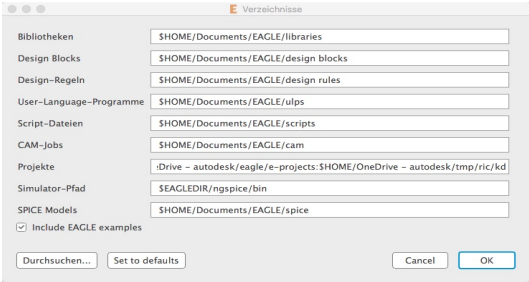
Optionen-Menü

Verzeichnisse

Im Auswahlfenster *Verzeichnisse* werden die Default-Verzeichnisse für bestimmte EAGLE-Dateien eingetragen.
Es dürfen jeweils mehrere Pfade angegeben werden. In der Windows-Version trennt man die Einträge durch Strichpunkt, in der Linux- und Mac-Version durch Doppelpunkt. Für den Texteditor ist das *Projekte*-Verzeichnis das Default-Verzeichnis.
Das *Projekte*-Verzeichnis enthält Unterverzeichnisse, die einzelne Projekte repräsentieren. Jedes dieser Projektverzeichnisse enthält eine EAGLE-Projektdatei (*eagle.epf*). In einem Projektverzeichnis (oder in weiteren

Unterverzeichnissen davon) befinden sich üblicherweise alle Dateien, die zu einem Projekt gehören, zum Beispiel Schaltplan und Layout, Textdateien, Fertigungsdaten, Dokumentationsdateien und so weiter.

Tippen Sie den Pfad direkt im entsprechenden Feld ein oder wählen Sie mit einem Klick auf die Schaltfläche *Durchsuchen* das gewünschte Verzeichnis.



➢ ***Der Verzeichnisse-Dialog im Menü Optionen***

In der Abbildung oben sehen Sie die Default-Einstellungen für einen EAGLE unter Mac OS. *$EAGLEDIR* steht für das EAGLE-Verzeichnis der Installation.

Es wird auch die Variable *$HOME* verwendet.
Unter Linux und Mac OS zeigt sie in das Benutzer-Verzeichnis.
Unter Windows zeigt die HOME-Variable typischerweise in den „Dokumente“-Ordner.

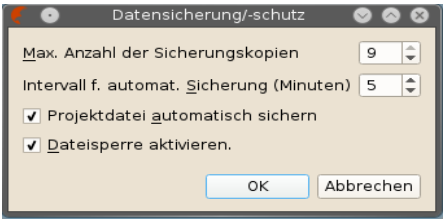
Datensicherung/-schutz

Beim Abspeichern von Dateien legt EAGLE eine Sicherungskopie an. Im Dialog *Datensicherung* können Sie einstellen, wie viele Sicherungskopien maximal angelegt werden (Default: 9). Die Sicherungsdateien werden durch die Dateiendungen unterschieden und fortlaufend nummeriert. Schaltplan-Dateien erhalten die Endung *s#x*, Board-Dateien *b#x* und Bibliotheks-Dateien *l#x*, wobei $x = 1$ bis 9 sein kann. Die Datei mit $x=1$ ist die jüngste Sicherung.

Zusätzlich erlaubt die automatische Backup-Funktion ein zeitgesteuertes Sichern der Datei. Das Zeitintervall kann zwischen 1 und 60 Minuten liegen (Default: 5 Minuten). Die Backup-Dateien haben die Endungen *b##*, *s##* bzw. *l##*.

Alle Sicherungsdateien können nach dem Umbenennen in einen Dateinamen mit üblicher Dateiendung (*brd*, *sch*, *lbr*) in EAGLE weiter bearbeitet werden.

Wird die Option *Projektdatei automatisch sichern* gewählt, werden projektspezifische Einstellungen automatisch gesichert, sobald Sie das aktuelle Projekt schließen oder das Programm verlassen.

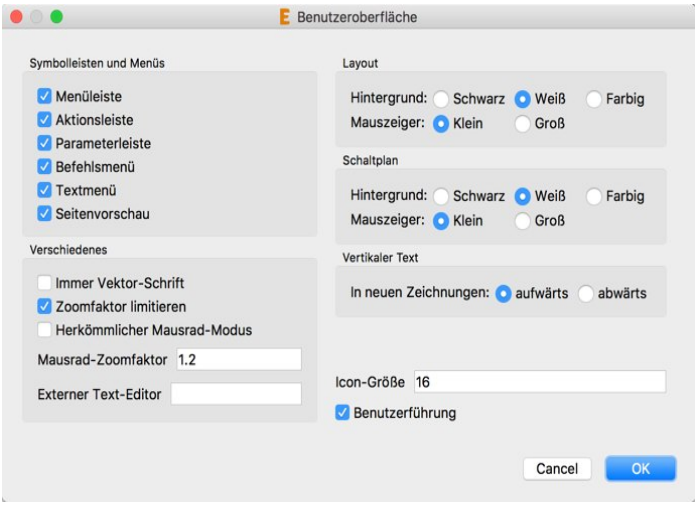


➢ ***Dialog zur Datensicherung***

Dateisperre aktivieren ist standardmäßig ausgeschaltet. Für jede Datei, die in einem EAGLE Editor-Fenster geöffnet wird, legt EAGLE eine Lock-Datei *name.lck* an. Will ein anderer EAGLE-Anwender eine der bereits gelockten Datei laden, öffnet sich ein Dialog mit entsprechenden Hinweisen und Möglichkeiten.

Benutzeroberfläche

Dieser Dialog ermöglicht es, das Erscheinungsbild der Editor-Fenster für Layout, Schaltplan und Bibliothek den eigenen Vorstellungen anzupassen.
Das Menü kann auch direkt in einem der Editor-Fenster aufgerufen werden.



➢ ***Einstellungen zur Benutzeroberfläche***

Im Feld *Symbolleisten und Menüs* bestimmen Sie welche Elemente in den Editor-Fenstern dargestellt werden sollen. Deaktivieren Sie hier alle *Optionen*, bleibt nur noch die Kommandozeile für die Befehlseingabe übrig. So hätte man zum Beispiel die größte Nutzfläche für die Zeichnung.

Die Option *Immer Vektor-Schrift* zeigt und druckt alle Texte im Vektor-Font, unabhängig vom ursprünglich verwendeten Font. Nur beim Vektor-Font kann garantiert werden, dass die Darstellung im Editor-Fenster exakt der Ausgabe über einen Drucker oder bei der Erstellung von Fertigungsdaten mit dem CAM-Prozessor entspricht. Alle anderen Fonts sind von Systemeinstellungen abhängig, die EAGLE nicht beeinflussen kann. Sie können bei der Ausgabe abweichend dargestellt werden.

Öffnen Sie den Dialog zur *Benutzeroberfläche* aus einem Editor-Fenster heraus (z. B. aus dem Layout-Editor), bietet die Option *Immer Vektor-Schrift* die Sub-Option *In diese Zeichnung einprägen*. Wird diese aktiviert, ist die Einstellung *Immer Vektor-Schrift* in der Zeichnungsdatei gespeichert. So kann sichergestellt werden, dass bei der Weitergabe der Datei an einen Dritten (z. B. einem Leiterplatten-Hersteller) das Layout an seinem System mit Vektor-Schrift dargestellt wird.
Weitere Informationen finden Sie auch in der Hilfe-Funktion beim TEXT-Befehl.

Seit EAGLE 8.3.0 verwendet EAGLE eine neue interne Vektor-Schriftart. Diese ist sehr ähnlich dem OSIFONT, der in der CAD-Welt sehr häufig verwendet wird. Damit alle Projekte aus früheren EAGLE-Versionen unverändert erhalten bleiben können, ist bei den Einstellungen zur Benutzeroberfläche eine Einstellung *Keep legacy vector font in this drawing,* um die Vektor-Schrift aus den früheren EAGLE-Versionen unverändert zu erhalten, standardmäßig eingeschaltet. Beginnt man ein neues Projekt, wird automatisch die neue Vektor-Schriftart verwendet.

Zoomfaktor limitieren begrenzt die maximale Zoomstufe in den Editor-Fenstern. Die Breite der Zeichenfläche entspricht bei maximaler Zoomstufe ungefähr einem Millimeter.
Wird diese Option deaktiviert, kann man soweit in die Zeichnung hineinzoomen, dass sogar das feinste Raster von 0,003125 Micron noch sichtbar wird.

Sofern Sie mit einer Rädchenmaus arbeiten, kann man durch Drehen des Rädchens die Zoomstufe verändern. *Mausrad-Zoomfaktor* bestimmt diesen Faktor. Wählen Sie den Wert 0, ist diese Funktion deaktiviert. Das Rädchen kann dann zum Scrollen benutzt werden.

Außerdem unterstützt EAGLE die Gestensteuerung, die es erlaubt auf Trackpads mit zwei Fingern zu navigieren bzw. zu zoomen. Wenn Sie die Option *Herkömmlicher Mausrad-Modus* aktivieren, wird die Gestensteuerung nicht unterstützt.

In der Zeile *Externer Text-Editor* können Sie eine Alternative zum EAGLE-internen Texteditor angeben. Bitte beachten Sie dazu die Hinweise in der Hilfefunktion unter *Editor-Fenster/Text-Editor*.

Für das Layout- und Schaltplan-Editor-Fenster können Sie die Hintergrundfarbe und die Darstellung des Zeichencursors jeweils separat einstellen. Der Hintergrund kann schwarz, weiß oder eine beliebige andere

Farbe sein. Die Definition der Hintergrundfarbe wird ab Seite 131 beschrieben.
Der Mauszeiger kann wahlweise als kleines Kreuz oder als großes Fadenkreuz dargestellt werden.

Im Abschnitt *Vertikaler Text* können Sie bestimmen, ob der Text in neuen Zeichnungen von rechts und von unten nach oben (*aufwärts*) oder von links und von oben nach unten (*abwärts*) gelesen werden kann.

Die Icons können in der Größe skaliert werden. Die Angabe unter *Icon-Größe* erfolgt in Pixel.

Ist die *Benutzerführung* aktiviert, werden zusätzlich zu den Informationen über das aktuell selektierte Objekt, (wie Name oder Wert), Hinweise zu möglichen Maus-Aktionen in der Statuszeile des Editor-Fensters angezeigt.

Fenster-Menü

Im Fenster-Menü wählen Sie das Fenster (Schaltplan, Platine etc.) aus, das in den Vordergrund geholt werden soll. Die Zahl vor der Bezeichnung des Fensters gibt die Fensternummer an. In Verbindung mit der *Alt*-Taste erlaubt sie den direkten Aufruf eines Fensters (z. B.: *Alt+1* ruft Fenster Nummer 1 auf).

Die Kombination *Alt+0* an beliebiger Stelle im Programm bringt das Control Panel in den Vordergrund.

> *Die Funktion Alt+Fensternummer wird nur unter Windows und Linux unterstützt.*

Hilfe-Menü

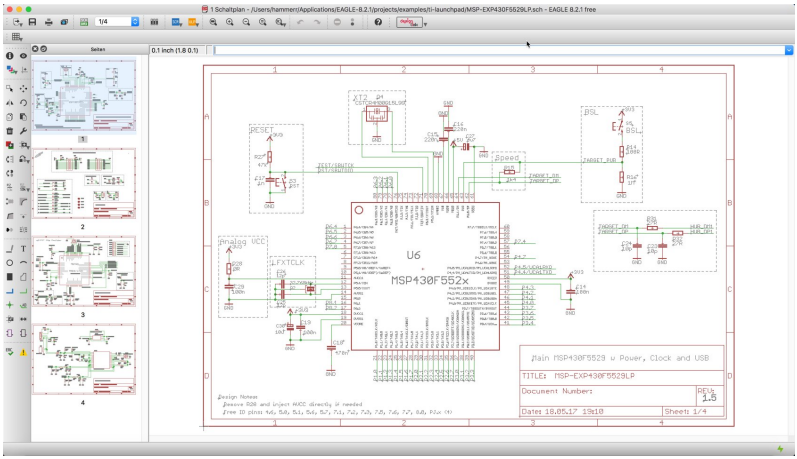
Aus dem Hilfe-Menü rufen Sie die EAGLE-Hilfe-Funktion auf und haben Zugriff auf die Dokumentation, wie Handbücher, Update-Dateien, usw.

4.2 Das Schaltplan-Editor-Fenster

Wenn Sie einen bestehenden Schaltplan laden oder einen neuen Schaltplan anlegen, öffnet sich das Fenster des Schaltplan-Editors. Es gibt verschiedenste Möglichkeiten Dateien in EAGLE zu öffnen.

Laden Sie beispielsweise einen Schaltplan über das Menü *Datei/Öffnen/Schaltplan* des Control Panels. Alternativ doppelklicken Sie auf eine Schaltplandatei in der Baum-Ansicht.

Wollen Sie einen neuen Schaltplan anlegen, wählen Sie das Menü *Datei/Neu/Schaltplan*. So öffnen Sie einen Schaltplan mit Namen *untiteled.sch* im aktuellen Projekt-Verzeichnis.



➢ ***Der Schaltplan-Editor***

Wollen Sie den Schaltplan gleich in einem neuen Projekt anlegen, klicken Sie zum Beispiel mit der rechten Maustaste auf den *Projekte*-Eintrag in der Baum-Ansicht und wählen im Kontextmenü die Option *Neues Projekt*. Geben Sie dem neuen Projekt einen Namen. Anschließend ein Klick mit der rechten Maustaste auf den neuen Projekt-Eintrag. Wählen Sie jetzt im Kontextmenü den Eintrag *Neu/Schaltplan* aus. Es öffnet sich ein neuer Schaltplan in diesem Projekt-Verzeichnis.

An seinem oberen Rand enthält die **Titelzeile** den Namen der Datei.

Darunter befindet sich die **Menüleiste**.

Unter der Menüleiste befindet sich die **Aktionsleiste.**

In der nächsten Zeile erscheint die **Parameterleiste**, sie enthält unterschiedliche Icons, je nachdem, welcher Befehl aktiviert ist.

Über der Arbeitsfläche finden Sie links die **Koordinatenanzeige** und rechts davon die **Kommandozeile** zur Eingabe von Befehlen in Textform. EAGLE lässt sich auf unterschiedliche Weise bedienen: per Mausklick (Icons, Menüpunkte), per Funktionstasten, per Textbefehl über die Tastatur oder per Befehlsdatei (Script-Datei).

Links neben der Arbeitsfläche befindet sich das **Befehlsmenü**, in dem die meisten Befehle des Schaltplan-Editors als Icon verfügbar sind.

Unten in der **Statuszeile** erscheinen die Anweisungen für den Benutzer, falls ein Befehl aktiviert ist (*Benutzerführung*), oder es werden Meldungen des Programms zu verschiedenen Aktionen angezeigt.

Links am Rand findet man eine Seitenvorschau für die Schaltplanseiten. Mit der Maus kann man hier durch Drag&Drop die Seiten neu sortieren.

Die einzelnen Symbolleisten kann man über *Optionen/Benutzeroberfläche* ein- bzw. ausblenden. Es ist auch möglich die Symbolleisten mit der Maus in gewissen Grenzen neu anzuordnen. Beispielsweise kann das Befehlsmenü auch rechts stehen, oder die Aktions- und Parameterleiste gemeinsam in einer Zeile liegen.

Wie Sie detaillierte Informationen zu einem Befehl erhalten

Benutzerführung

Wenn sich der Mauszeiger eine gewisse Zeit über einem Icon befindet, erscheint der Name des EAGLE-Befehls. Zusätzlich sehen Sie in der Statuszeile unten eine kurze Erklärung.

Bewegen Sie den Mauszeiger zum Beispiel auf das LINE-Icon: Es erscheint am Mauszeiger die Direkthilfe mit dem Wort *Line*. In der Statuszeile finden Sie die Kurzbeschreibung *Linie zeichnen*.

Selektieren Sie den Befehl, erscheint unten in der Statuszeile eine Kurzanweisung was üblicherweise als nächste Aktion erwartet wird. Klicken Sie z. B. auf das LINE-Icon, lautet die Anweisung in der Statuszeile: *Linker Mausklick beginnt die Linie.*

Diese Funktionen lassen sich im Control Panel über das Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* (de-)aktivieren.

Hilfefunktion

Wenn Sie mehr über einen Befehl, zum Beispiel den LINE-Befehl, erfahren möchten, klicken Sie dessen Icon im Befehlsmenü und dann das Icon der Hilfe-Funktion an.

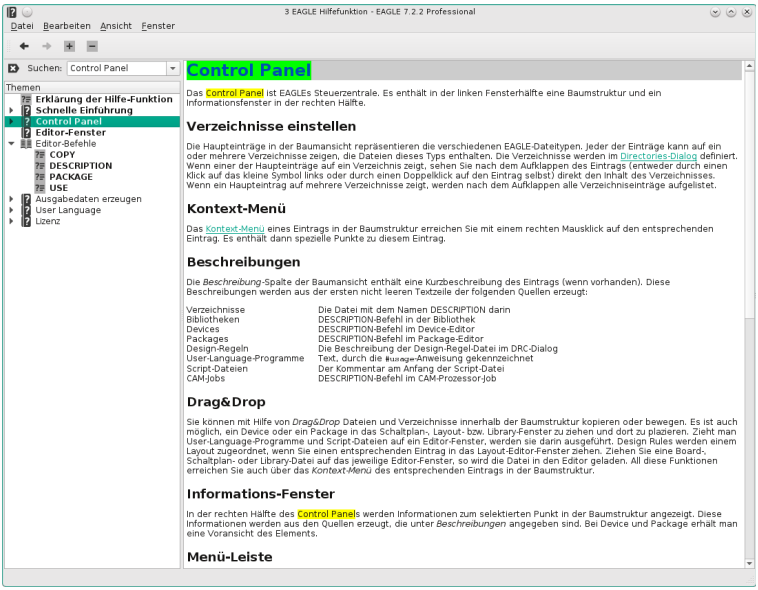
Alternativ dazu können Sie auch

```
HELP LINE ←
```

in der Kommandozeile eintippen. Das Zeichen ← symbolisiert die Enter-Taste.

Der Inhalt der Hilfefunktion ist in einer HTML-Datei gespeichert und kann beispielsweise auch mit einem Web-Browser betrachtet werden. Außerdem bietet sie eine Volltext-Suchfunktion.

Geben Sie in der *Suchen*-Zeile einen Begriff ein, werden nur noch die relevanten Seiten, die den Suchbegriff enthalten, gezeigt. Mit den Funktionstasten *F3* und *Shift+F3* kann zum nächsten oder vorherigen Suchbegriff blättern. Dabei werden die gefundenen Begriffe farbig hinterlegt. Grün für den aktuell gefundenen Begriff, gelb für alle weiteren auf dieser Seite.



➢ ***Die Hilfefunktion***

Befehls-Parameter

Viele EAGLE-Befehle erfordern die Eingabe zusätzlicher Parameter. Die Befehlsbeschreibungen in den Hilfe-Seiten erklären die textuelle Parameter-Eingabe (Kommandozeile, Script-Datei).

➢ ***Parameterleiste bei aktivem NET-Befehl***

Die meisten Parameter lassen sich auch mit der Maus über die Parameterleiste festlegen, die sich abhängig vom aktivierten Befehl ändert. Auch zu diesen Icons erhält man eine kurze *Direkthilfe*.

Links das GRID-Icon zum Einstellen des Rasters. Rechts davon Schaltflächen für den Knickmodus (SET WIRE_BEND) der Netzlinie, dann der Miter-Radius zur Bestimmung der Abschrägung von Knickpunkten mit den beiden Optionen runde oder gerade Abschrägung (siehe MITER-Befehl). Daneben das *Style*-Menü zum definieren der Linienart. Ganz rechts ein Menü zum Zuordnen einer *Netzklasse*.

GRID

Dieses Icon ist immer zugänglich. Es dient zum Einstellen des Rasters und der aktuellen Einheit. Alle Wertangaben und die Anzeige der Koordinaten beziehen sich auf die aktuelle Einheit.

Klickt man mit rechts auf das GRID-Icon öffnet sich ein Popup-Menü. Es enthält den Eintrag *Last*, um auf das zuletzt eingestellte Raster zurück zu schalten. Über *Neu..* lassen sich so genannte Aliase definieren. Mehr dazu finden Sie im Kapitel 5.

Die Aktionsleiste

Diese Aktionsleiste setzt sich aus den folgenden Icons zusammen:

Von links nach rechts: Datei öffnen, Datei speichern, Datei drucken, CAM-Prozessor aufrufen, zugehöriges Board-Fenster öffnen (BOARD-Befehl).

Schaltplanblatt (Sheet) oder Modulseite laden, neu anlegen oder löschen.

USE

Bibliotheken auswählen, die bei ADD berücksichtigt werden. Kann auch über den Menüpunkt *Bibliothek/Benutzen* gewählt werden. Die Auswahl kann alternativ durch Anklicken der Bibliotheks-Marker im *Bibliotheken*-Zweig der Baum-Ansicht im Control Panel erfolgen. Im Kontextmenü des Eintrags *Bibliotheken* bzw. dessen untergeordneter Bibliotheks-Verzeichnisse kann man über die Einträge *Alle Bibliotheken laden* und *Keine Bibliotheken laden* bequem alle bzw. keine der Bibliotheken (eines einzelnen Verzeichnisses) auswählen. In Script-Dateien ist der Befehl notwendig, um die Bibliothek zu wählen, aus der man Bauteile verwenden will.

SCRIPT

Script-Datei ausführen. Damit können Sie eine beliebige Sequenz von EAGLE-Befehlen per Mausklick ausführen. Ein Rechtsklick auf das Icon zeigt die Liste der zuletzt ausgeführten Script-Dateien.

RUN

User-Language-Programm starten. Ein Rechtsklick auf das Icon öffnet ein Menü mit den zuletzt gestarteten User-Language-Programmen.

WINDOW

Die Icons entsprechen unterschiedlichen Betriebsarten des Befehls:
Zeichnung in Arbeitsfläche einpassen (WINDOW FIT, *Alt-F2*), Hineinzoomen (*F3*), Herauszoomen (*F4*), Bildschirm auffrischen (WINDOW;, *F2*), Neuen Zeichnungsausschnitt wählen.

Der Bildausschnitt lässt sich einfach mit gedrückter mittlerer Maustaste

und Bewegen der Maus verschieben!
WINDOW LAST bringt den zuletzt angezeigten Ausschnitt zurück.

UNDO/REDO:

Damit können Sie die bisherigen Befehle Zurücknehmen oder erneut ausführen. Sofern Sie mit einem konsistenten Schaltplan-/Layout-Paar arbeiten, wirkt UNDO/REDO in beiden Editor-Fenstern. In der Statuszeile des aktuellen Editor-Fensters wird angezeigt welche Aktion rückgängig gemacht bzw. wieder ausgeführt wurde. Ist die Aktion ursprünglich im anderen Editor-Fenster ausgeführt worden, wird diese Information ebenfalls angezeigt. Funktionstasten: *F9* und *F10* (Voreinstellung).

Wenn Sie `UNDO LIST` in die Kommandozeile eingeben, öffnet sich eine Liste der bisher ausgeführten Aktionen. Alternativ ist das Fenster auch über das Menü *Bearbeiten/Undo/Redo-Liste...* erreichbar. Hier können Sie gezielt eine bestimmte Anzahl von Schritten rückgängig machen und wieder ausführen lassen.

➢ ***Undo/Redo-Liste***

Das *Undo/Redo*-Fenster zeigt die Liste der bisher ausgeführten Aktionen. In Klammern sehen Sie ein Zeitangabe, wie lange diese Aktion zurück liegt. Platzieren Sie den Delimiter durch einen Mausklick, durch die *Auf/Ab*-Tasten oder über die *Undo-* und *Redo*-Schaltflächen. Klicken Sie auf *OK*, wenn Sie sicher sind, dass Sie die Aktionen unterhalb des Delimiters rückgängig machen wollen.

VORSICHT: Dies ist ein sehr mächtiges Werkzeug! Wenn Sie in der UNDO-Liste sehr weit zurückgehen (mit einem einfachen Mausklick möglich) und dann einen neuen Befehl eingeben, wird der UNDO-Puffer an dieser Stelle abgeschnitten. Es führt dann kein Weg zurück! Benutzen Sie es bitte mit entsprechender Vorsicht!

Stop-Icon

Damit brechen Sie die Ausführung von EAGLE-Befehlen ab (*Bearbeiten/Befehl beenden*). Alternativ verwenden Sie ein Semikolon ';' in der Kommandozeile.

Go-Icon

Wenn Sie auf dieses Icon klicken, wird der gegenwärtige Befehl ausgeführt. Das ist nur bei Befehlen notwendig, bei denen der Benutzer Parameter angeben kann, wie zum Beispiel bei AUTO oder MARK.

Das Befehlsmenü im Schaltplan-Editor

INFO

Zeigt die Eigenschaften des anschließend selektierten Objekts. Kennt man den Namen des Objekts, kann man ihn über die Kommandozeile angeben.
Die Eigenschaften können Sie gegebenenfalls direkt in diesem Dialog ändern.

SHOW

Stellt das anschließend mit der Maus selektierte Objekt heller dar.

Man kann den Namen eines Bauteils oder eines einzelnen Gatters (auch mehrere gleichzeitig) gezielt über die Kommandozeile angeben. Dabei sind auch die Platzhalter `*` und `?` erlaubt. Mit *Ctrl* + SHOW invertieren Sie die Hervorhebung des gewählten Objekts.

Bei sehr kleinen Objekten kann es sinnvoll sein, den SHOW-Befehl mit der Option @ zu verwenden. Zum Beispiel:

```
SHOW @ C12;
```

Die Position von C12 ist sofort erkennbar, da das Bauteil im Schaltplan mit einem umschließenden Rahmen markiert wird.

Befindet sich das gesuchte Objekt nicht auf der aktuellen Seite, öffnet sich das *SHOW*-Fenster, das auf die Seite verweist auf der es zu finden ist. Bei Objekten, die aus mehreren Teilen bestehen, zum Beispiel Bauteile mit mehreren Gattern oder Netze, die über mehrere Seiten gehen, werden mehrere Einträge gezeigt. Ein Klick auf einen Eintrag zeigt das selektierte Objekt zentriert am Bildschirm. Ist das gesuchte Objekt nicht im Schaltplan enthalten, wird in der Spalte *Sheet* ein Minuszeichen ' - ' angezeigt.

DISPLAY

Blendet Zeichenlayer ein und aus. Im *Anhang* finden Sie eine Liste, die Auskunft über die Bedeutung der Layer gibt.
DISPLAY LAST zeigt die zuletzt benutzte Layerkombination, die dargestellt wurde.

Weitere Informationen zum DISPLAY-Befehl finden Sie der Hilfe-Funktion.

MARK

Der anschließende Mausklick definiert den neuen Nullpunkt für die Koordinatenanzeige. Zusätzlich zum Anzeigefeld der absoluten Koordinaten sehen Sie dann auch relative Angaben (`R` x-Wert y-Wert) und polare Werte (`P` Radius Winkel). Wenn Sie erst das MARK-Icon und anschließend das Ampel-Icon anklicken, werden wieder nur die absoluten Koordinatenwerte angezeigt.

MOVE

Bewegen beliebiger sichtbarer Objekte. Die rechte Maustaste rotiert das Objekt am Mauszeiger.

Wird ein Netz über einen Pin bewegt, entsteht keine elektrische Verbindung. Bewegt man ein Gate mit einem Pin über ein Netz oder einen anderen Pin, entsteht eine Verbindung.

Gruppen von Objekten lassen sich so bewegen:
Gruppe mit GROUP definieren, MOVE-Icon anklicken, *Ctrl*-Taste drücken, und bei gedrückter Taste mit der rechten Maustaste in die Zeichnung klicken und bewegen.
Wird die *Ctrl*-Taste nicht gedrückt, erscheint nach dem Rechtsklick das Kontextmenü. Auch dieses hat einen Eintrag *Move: Gruppe* zum Bewegen der Gruppe. Während die Gruppe am Mauszeiger hängt, kann sie mit der rechten Maustaste um 90 Grad weiter gedreht werden.

Möchten Sie die Gruppe auf eine andere Schaltplanseite verschieben, wählen Sie in der Aktionsleiste oder über die Seitenvoransicht eine andere Schaltplanseite und setzen dann die Objekte an der gewünschten Stelle ab.

MOVE kann mit vielen Optionen auch direkt über die Kommandozeile verwendet werden. Siehe Hilfe-Funktion.

COPY

Bauteile und andere Objekte kopieren.
Beim Kopieren von einzelnen Netzen und Bussen wird der Name beibehalten, bei allen anderen Objekten wird der Name verändert.

Halten Sie die *Ctrl*-Taste gedrückt während Sie auf ein Objekt klicken, wird dieses an seinem Aufhängepunkt selektiert und befindet sich somit im aktuell eingestellten Raster.

Wird vorher eine Gruppe definiert, legt COPY den Inhalt der Gruppe in die Zwischenablage des Betriebssystems. Somit kann auch in eine andere EAGLE-Instanz kopiert werden.

MIRROR

Objekte spiegeln.

ROTATE

Objekte um 90 Grad rotieren (auch mit MOVE möglich).

GROUP

Gruppe definieren, die anschließend z. B. bewegt, rotiert oder mit COPY und PASTE in eine andere Zeichnung kopiert werden soll oder bei der mit CHANGE eine Eigenschaft verändert werden soll. Nachdem das Icon angeklickt wurde, kann man die Gruppe entweder durch Aufziehen eines Rechtecks oder durch ein Polygon (Polygonecken durch Klicken mit der linken Maustaste; Schließen des Polygons mit der rechten Maustaste) definieren.

GROUP ALL in der Kommandozeile selektiert alle Objekte der aktuellen Seite, vorausgesetzt, die entsprechenden Layer sind eingeblendet.
Der anschließend auszuführende Befehl (ROTATE, CHANGE, MOVE...) muss bei gedrückter *Ctrl*-Taste und rechtem Mausklick auf die Gruppe angewendet werden.

Wollen Sie zu einer bestehenden Gruppe noch weitere Gruppen hinzufügen, so drücken Sie die *Shift*-Taste während Sie den ersten Eckpunkt der nächsten Gruppe festlegen.
Sollen einzelne Elemente zur Gruppe hinzugefügt werden oder aus der Gruppe entfernt werden, klicken Sie mit gedrückter *Ctrl*-Taste bei aktivem GROUP-Befehl auf das Element.
Drücken Sie *Ctrl* + *Shift* miteinander, um die Gruppenzugehörigkeit eines Elements und dessen hierarchisch übergeordnete Elemente zu invertieren: Klicken Sie zum Beispiel auf ein Netzsegment im Schaltplan und alle Elemente, die zu diesem Netz gehören, ändern die Gruppenzugehörigkeit.

CHANGE

Nachträgliches Ändern von Objekt-Eigenschaften, zum Beispiel der Breite einer Leitung, der Package-Variante oder der Größe eines Textes. Siehe Hilfe-Funktion.

Objekt-Eigenschaften kann man auch über das Kontextmenü anzeigen und ggf. auch ändern. Das Kontextmenü erreicht man durch einen Klick mit der rechten Maustaste auf das Objekt.

PASTE

Objekte aus dem Zwischenspeicher werden in die Zeichnung eingefügt.

Wenn Sie in der Kommandozeile einen Dateinamen angeben, wird eine vollständiger Schaltplan (und entsprechendes Layout, wenn vorhanden) eingefügt. Weitere Informationen finden Sie in der Hilfe-Funktion.

DELETE

Löschen von sichtbaren Objekten.

Auch in Kombination mit GROUP. Ist eine Gruppe definiert, kann sie mit der *Ctrl*-Taste plus rechter Maustaste gelöscht werden.

Der DELETE-Befehl löscht ein komplettes Bauteil, wenn man mit gedrückter *Shift*-Taste auf ein Gate klickt. In diesem Fall werden im Board (falls vorhanden) die Leiterbahnen, die zu diesem Bauteil führen nicht aufgelöst.

Klickt man bei gedrückter *Shift*-Taste auf ein Netz oder einen Bus, wird das ganze Netz- bzw. Bus-Segment gelöscht.

ADD

Hinzufügen von Bibliothekselementen. Eine Suchfunktion hilft Bauteile (Devices) schnell zu finden. USE bestimmt welche Bibliotheken zur Auswahl stehen.

Wenn Sie mit der rechten Maustaste auf das ADD-Icon klicken, öffnet sich ein Popup-Menü, das die zuletzt geholten Bauteile zeigt.

PASTE DBL

Design Block in Zeichnung einfügen.

PINSWAP

Tauscht die an gleichwertige Pins eines Bauelements angeschlossenen Netze. Voraussetzung: Die Pins müssen mit gleichem Swaplevel definiert sein.

Ein Pin der an mehrere Pads angeschlossen ist, kann grundsätzlich nicht getauscht werden.

GATESWAP

Tauscht gleichwertige Gates eines Bauelements.
Voraussetzung: Die Gates müssen mit gleichem Swaplevel definiert sein. Gates nennt man in EAGLE die Symbole eines Bausteins, die in der Schaltung individuell platziert werden können.

Gates, die Pins enthalten, die an mehrere Pads angeschlossen sind, können grundsätzlich nicht getauscht werden.

REPLACE

Bauteil (Device) durch ein anderes aus einer beliebigen Bibliothek ersetzen. Der Austausch kann nur funktionieren, wenn das neue Bauteil mindestens genauso viele Anschlüsse hat wie das bisherige und zumindest die Position oder die Namen der Pins und auch der Pads identisch sind.

Ein rechter Mausklick auf das Icon öffnet ein Popup-Menü, das die zuletzt ausgewählten Bauteile zeigt.

NAME

Namen für Bauteile, Netze oder Busse vergeben.

VALUE

Werte für Bauteile vergeben. Bei ICs wird als Wert im allgemeinen die Bausteinbezeichnung (z. B. 7400) verwendet.
Bei einem Rechtsklick auf das Icon erscheint eine Liste der bisherigen verwendeten Values, aus der Sie einen Wert wählen und durch Klick auf ein oder mehrere Bauteile zuordnen können.

SMASH

Löst die Platzhaltertexte für den Namen, Wert und ggf. für Attribute von Bauteilen, so dass sie individuell platziert und in ihrer Größe geändert werden können. Auch in Kombination mit GROUP. Ist eine Gruppe definiert, kann sie bei gedrückter *Ctrl*-Taste mit der *rechten* Maustaste gesmasht werden.
Nach SMASH kann man die Texte mit DELETE verstecken.

Hält man während des SMASH-Befehls die *Shift*-Taste gedrückt, werden die Texte wieder an die ursprüngliche Stelle gesetzt und sind nicht mehr frei editierbar (auch über das Kontextmenü mit *unSmash*).

Alternativ lässt sich die Option *Smashed* auch über das Kontextmenü, *Eigenschaften*, ein- bzw. ausschalten.

MITER

Abrunden bzw. Abschrägen von Wire-Verbindungsstellen (auch bei Net, Bus, Polygonkonturen). Der Grad der Abrundung bzw. Abschrägung wird über den Miter-Radius vorgegeben. Positives Vorzeichen ergibt eine Rundung, negatives eine Gerade. Der Miter-Radius ist auch für verschiedene Wire-Bends (Knickmodi) gültig (siehe Hilfe zum SET-Befehl).

SPLIT

Fügt einen Knick in eine Linie (Wire und Netze) ein.

SLICE

Schneidet Linien (Netze) in zwei Teile. Der Parameter *Width* bestimmt die Breite der Lücke.

INVOKE

Bei Bauteilen, die aus mehreren Symbolen (Gates) bestehen, hat man die Möglichkeit, einzelne Gates gezielt in den Schaltplan zu holen (z. B. Gatter D vor Gatter C).
Ebenso bei Versorgungspins, die nicht automatisch im Schaltplan erscheinen.

Der Befehl wird auch benötigt, wenn man ein Gate eines Bauteils platzieren will, das auf einer anderen Schaltplanseite verwendet wurde. In diesem Fall aktivieren Sie INVOKE und tippen den Namen des Bausteins (z. B. IC1) in die Kommandozeile ein.

LINE (war WIRE)

Zeichnen von Linien (der Name kommt daher, dass dieser Befehl im Layout-Editor für Wires, also elektrische Verbindungen, verwendet wird). Über CHANGE STYLE kann die Linienart verändert werden. Mit der rechten Maustaste ändert man den Knickmodus (SET WIRE_BEND). Wires kann man auch in Bögen verlegen.
Bitte beachten Sie auch die Hinweise zu den Besonderheiten in Kombination mit der *Ctrl*- bzw. *Shift*-Taste in der Hilfe-Funktion:
Drücken Sie beispielsweise beim Anfangsklick eines Wires die *Ctrl*-Taste, beginnt die Linie exakt am Ende des in der Nähe liegenden Wires, auch wenn dieser nicht im aktuell eingestellten Raster liegt (Fang-Funktion). Linienbreite, Linienart und Layer werden vom bereits vorhanden Wire übernommen.

TEXT

Platzieren von Texten. Die Texthöhe, die Strichstärke des Vektor-Fonts, die Ausrichtung und die Schriftart können Sie über die Parameterleiste des TEXT-Befehls vordefinieren. Ist der Text bereits platziert, machen Sie Änderungen über den Eintrag *Eigenschaften* des Kontextmenüs oder über die verschiedenen Optionen des CHANGE-Befehls (*Size*, *Ratio*, *Align*, *Font*).
Bei mehrzeiligen Texten fügt man im Text-Fenster mit *Shift* + *Enter* einen Zeilenumbruch ein.

Label-Texte ändern Sie, indem Sie mit dem NAME-Befehl dem Bus oder dem Netz einen anderen Namen zuweisen. Siehe auch LABEL-Befehl.

CIRCLE

Zeichnen von Kreisen. Kreise mit Linienstärke (*width*) null gezeichnet, werden gefüllt dargestellt.

ARC

Zeichnen von Kreisbögen (auch mit LINE möglich).
CHANGE CAP FLAT | ROUND definiert gerade bzw. runde Bogenenden.

RECT

Zeichnen von Rechtecken.

POLYGON

Zeichnen von Polygonen (gefüllte Flächen mit beliebiger Form).

BUS

Zeichnen von Bus-Linien. Ein Bus hat keine logische Bedeutung. Er stellt lediglich ein Zeichenelement dar. Nur Netze stellen elektrische Verbindungen her. Netze lassen sich direkt aus Bussen 'herausziehen'.
Der Name eines Busses kann aus einem Synonym und den Netznamen, die im Bus geführt werden bestehen. Wird im Namen ein Synonym verwendet, zeigt ein LABEL nur das Synonym, nicht den ganzen Namen.

Beispiel:

```
ATBUS:A[0..31],B[0..31],RESET,CLOCK
```

Das Bus-Synonym ist `ATBUS` und wird als Label angezeigt. Der Bus führt die Signale `A0` bis `A31`, `B0` bis `B31`, `RESET` und `CLOCK`.

NET

Zeichnen von Netzen. Netze mit gleichem Namen sind elektrisch verbunden (auch wenn sie sich auf verschiedenen Schaltplanblättern befinden). Optische Verbindungen zwischen Netzen und Pins sind nicht notgedrungen elektrisch verbunden. Bitte mit dem SHOW-Befehl, dem ERC oder per Netzliste bzw. Pinliste (EXPORT NETLIST oder PINLIST) prüfen. Siehe auch MOVE-Befehl.

JUNCTION

Symbol für Netzverbindung platzieren. Junctions werden im allgemeinen automatisch gesetzt, man kann sich kreuzende Netze auch über JUNCTION manuell verbinden.

LABEL

Den Namen eines Busses oder Netzes als Beschriftung platzieren.
Labels werden nicht mit CHANGE TEXT geändert, sondern mit dem Befehl NAME, da das Label den Netznamen repräsentiert.

Aktiviert man für ein Label die Option *XREF* (in der Parameterleiste oder über CHANGE XREF ON), wird automatisch ein Querverweis generiert, der auf das entsprechende Netz auf der nächsten Seite verweist.
Das Format der Querverweise bestimmen Sie unter *Format für Querverweis-Labels* im Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes*. Die Bedeutung der möglichen Platzhalter wird in der Hilfe des LABEL-Befehls erklärt.

Um ein Objekt gut lokalisieren zu können, verwenden Sie am Besten auf allen Schaltplanseiten Zeichnungsrahmen, die eine Einteilung in Spalten und Reihen aufweisen. Zum Anlegen solcher Rahmen verwenden Sie den FRAME-Befehl. In der Bibliothek *frames.lbr* befinden sich vordefinierte Rahmen.

ATTRIBUTE

Definiert ein Attribut für ein Bauteil. Attribute können frei definiert werden und beliebige Informationen enthalten.
Über das Menü *Bearbeiten/Globale Attribute..* kann man Attribute festlegen, die im Schaltplan allgemein bzw. für alle Bauteile gültig sein sollen.

DIMENSION

Bemaßungsfunktion für Objekte, die im Schaltplan gezeichnet wurden. Eine Bemaßung kann mit *Strg* + linke Maustaste an jeder beliebiger Stelle begonnen werden. Siehe auch die Beschreibung zum DIMENSION-Befehl im Abschnitt über das Layout-Editor-Fenster.

MODULE

Mit dem MODULE-Befehl legt man ein Modul an. Ein Modul kann dann mit Bauteilen und Netzen als Teilschaltplan definiert werden. Der MODULE-Befehl fügt auch Modul-Instanzen im hierarchischen Schaltplan ein. Eine Modul-Instanz, dargestellt durch ein einfaches Symbol, repräsentiert die Verwendung eines Moduls.

PORT

Der PORT-Befehl schafft die Schnittstelle zwischen Netzen in einem Modul und der höheren Schaltplanebene. Ports gehören zu Modul-Instanzen und können mit Netzen verbunden werden, genauso wie bei den Anschlusspins von Bauteilen.

ERC

Der Electrical Rule Check prüft die Schaltplanlogik und die Konsistenz von Schaltung und Platine, sofern diese schon existiert.

Befehle, die nicht über das Befehlsmenü erreichbar sind

Menüpunkte, die bereits beim Control Panel erklärt wurden, werden hier nicht mehr angesprochen.

Die folgenden Befehle können Sie textuell in die Kommandozeile eingeben. Einige davon sind auch über die Menüleiste zugänglich. Die meisten können im Schaltplan- und Layout- bzw. auch im Bibliotheks-Editor angewendet werden.

ASSIGN

Belegen von Funktionstasten.
Am bequemsten über das Menü *Optionen/Tastenbelegung* möglich.

CLASS

Auswählen und Definieren von Netzklassen (*Bearbeiten/Netzklassen...*). Eine Netzklasse legt die Breite einer Leiterbahn, den Abstand zu Nachbarsignalen und den Durchmesser von Vias für den Autorouter und den ROUTE-Befehl fest. Diese Einstellungen werden auch in Polygonen berücksichtigt. Siehe auch Seite 148.

CLOSE

Textbefehl zum Schließen eines Editor-Fensters (*Datei/Schließen*).

CUT

Die Objekte einer vorher definierten Gruppe werden in den Paste-Puffer kopiert. Aktivieren Sie CUT und klicken Sie dann mit der linken Maustaste in die Gruppe, um einen Referenzpunkt zu setzen. Mit PASTE wird die Gruppe in die Zeichnung eingefügt.
Seit Version 6 wird diese bisherige Vorgehensweise durch COPY ersetzt. Weitergehende Hinweise zu CUT und dem neuen Verhalten von COPY finden Sie in der Hilfe-Funktion: *Editor-Befehle/CUT*.

EDIT

Textbefehl zum Laden von Dateien. Sie können z. B. vom Schaltplan-Editor aus eine Platine aufrufen (EDIT *name.brd*).

Der EDIT-Befehl wird auch zum Erzeugen oder Editieren eines Moduls in einem Schaltplan verwendet.

```
EDIT name.mod
```

lädt oder erzeugt ein Modul in einem Schaltplan.

```
EDIT name.m2
```

lädt oder erzeugt Seite 2 eines Moduls.

EXPORT

Ausgabe von Listen (insbesondere Netzlisten), Inhaltsverzeichnissen, Script-Dateien und Grafikdateien (*Datei/Exportieren...*).
Berücksichtigt die hierarchische Struktur des Schaltplans, falls verwendet.

FRAME

Anlegen eines Zeichnungsrahmens (*Zeichnen/Frame*) für den Schaltplan. Auch in der Layout-Zeichnung möglich.

LAYER

Zeichenlayer festlegen und neue Layer definieren. In Zeichenbefehlen wechselt man den Layer per Mausklick in der Parameterleiste.

Um einen neuen Layer, zum Beispiel mit der Nummer *200* und dem Namen *MeinLayer* anzulegen, tippen Sie in der Kommandozeile:

```
LAYER 200 MeinLayer
```

Für den Fall, dass Sie beispielsweise in der EAGLE-Light-Edition ein Layout erzeugt haben, und auf die Standard-Edition aufgerüstet haben, weil Sie zwei zusätzliche Innenlayer im Layout nutzen möchten, müssen Sie die beiden Innenlagen zuerst noch definieren:

```
LAYER 2 Route2
LAYER 15 Route15
```

MENU

Legt den Inhalt des Text-Menüs fest. Dieses befindet sich jetzt rechts von der Aktionsleiste. Das Text-Menü kann auch kleine Grafiken enthalten. Siehe auch Beispiel im Anhang. Das Text-Menü kann man über *Optionen/Benutzeroberfläche* einblenden. Weitere Informationen finden Sie in der Hilfe-Funktion.

OPEN

Textbefehl der eine Bibliothek zur Bearbeitung öffnet (*Bibliothek/Öffnen*). Nicht identisch mit dem Menüpunkt *Datei/Öffnen* des Editor-Fensters, der im Falle des Schaltplan-Editors nur Schaltpläne zum Öffnen anbietet. Alternative zum *Datei*-Menü des Control Panels.

PACKAGE

Sofern für ein Bauteil (Device) in der Bibliothek mehr als eine Package-Variante definiert ist, typisches Beispiel wäre ein Widerstand aus *rcl.lbr*, kann man über PACKAGE oder auch über CHANGE PACKAGE die aktuell verwendete Bauform ändern. Das ist im Schaltplan oder auch im Layout möglich.

PRINT

Aufruf des Drucker-Dialogs über das Drucker-Icon in der Aktionsleiste oder über das Menü *Datei/Drucken...*. Damit erstellt man im allgemeinen Ausdrucke von Schaltplänen oder Ausdrucke zur Überprüfung der Fertigungsunterlagen. Die eigentlichen Fertigungsdaten werden mit dem CAM-Prozessor erstellt. Wenn Sie Ihre Zeichnung schwarzweiß ausgeben wollen, markieren Sie die Option *Schwarz* (und eventuell auch *Gefüllt*). Wenn Sie die Option *Titelzeile* abschalten, verhindern Sie, dass eine Bildunterschrift gedruckt wird. Setzen Sie *Blatt-Limit* auf 1, wenn Sie die Zeichnung auf maximal einer Seite ausgeben wollen. Wenn Sie nicht die ganze Zeichnung, sondern den gerade sichtbaren Bildausschnitt drucken wollen, wählen Sie in der Zeile *Bereich* anstatt *Alles* die Option *Ausschnitt*.

QUIT

EAGLE verlassen. Identisch mit Menüpunkt *Datei/Beenden* bzw. *Alt-X*.

REMOVE

Löschen von Dateien, Schaltplanseiten oder Modulseiten.

```
REMOVE .S3 ←
```

löscht beispielsweise Blatt 3 des geladenen Schaltplans.

SET

Einstellen von System-Parametern und Betriebsarten. Am bequemsten über das Menü *Optionen/Einstellungen* möglich. Voreinstellungen können auch in der Script-Datei *eagle.scr* mit Textbefehlen vorgenommen werden. Weitere Informationen finden Sie in der Hilfe-Funktion.

TECHNOLOGY

Sofern ein Bauteil (Device) in der Bibliothek mit mehreren Technologien angelegt ist, typische Beispiele finden Sie in *74xx.lbr*, kann man über TECHNOLOGY oder auch über CHANGE TECHNOLOGY die aktuelle Technologie ändern. Das ist im Schaltplan oder auch im Layout möglich.

UPDATE

Aktualisiert Bibliothekselemente im Schaltplan bzw. Layout mit den Definitionen der aktuellen Bibliotheken (*Bibliothek/Aktualisieren...* bzw. *Bibliothek/Alles aktualisieren*).

VARIANT

Mit diesem Befehl können Sie verschiedene Bestückungsvarianten eines Projekts definieren. Über einen Dialog können Sie in den verschiedenen Varianten Ihres Projekts festlegen, welche Bauteile bestückt werden und ob für die bestückten Bauteile unterschiedliche Values oder Technologien verwendet werden sollen. Diese Funktion erreichen Sie im Menü *Bearbeiten/Bestückungsvarianten* oder durch Eintippen von VARIANT in der Kommandozeile des Schaltplan- und auch des Layout-Editors. Weitere Informationen finden Sie im Kapitel 6.11 ab Seite 233.

WRITE

Textbefehl für das Abspeichern der geladenen Datei. Bitte beachten Sie, dass im Gegensatz zum Menüpunkt *Speichern unter...* im Editor weiterhin die bisherige Datei bearbeitet wird, nicht die unter einem neuen Namen abgespeicherte Datei.

Maustasten

Die mittlere und rechte Maustaste haben in vielen Befehlen eine spezielle Bedeutung. Voraussetzung für die Verwendung der mittleren Maustaste ist, dass Ihre Maus dem Betriebssystem als 3-Tasten-Maus bekannt ist.

Verwenden Sie eine Rädchenmaus, kann man durch Drehen des Rädchens die Zoomstufe in der Zeichnung verändern. Der *Mausrad-Zoomfaktor* im Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* bestimmt den Vergrößerungs- bzw.

Verkleinerungsfaktor pro Schritt. Standardmäßig ist der Wert auf 1.2 gesetzt. Wenn Sie den Wert auf 0 setzen, können Sie durch Drehen des Rädchens in vertikaler Richtung scrollen.

Halten Sie das Rädchen oder die mittlere Maustaste gedrückt, können Sie durch das Bewegen der Maus den Bildschirmausschnitt in beliebige Richtung verschieben.

Mausklicks in Kombination mit der *Shift*-, *Ctrl*- oder *Alt*-Taste können unterschiedliche Funktionen haben, zum Beispiel beim Selektieren von Objekten mit dem MOVE-Befehl oder beim Zeichnen von Linien mit LINE. Detaillierte Informationen dazu finden Sie in der Hilfe-Funktion unter *Tastatur und Maus* beziehungsweise zum jeweiligen Befehl.

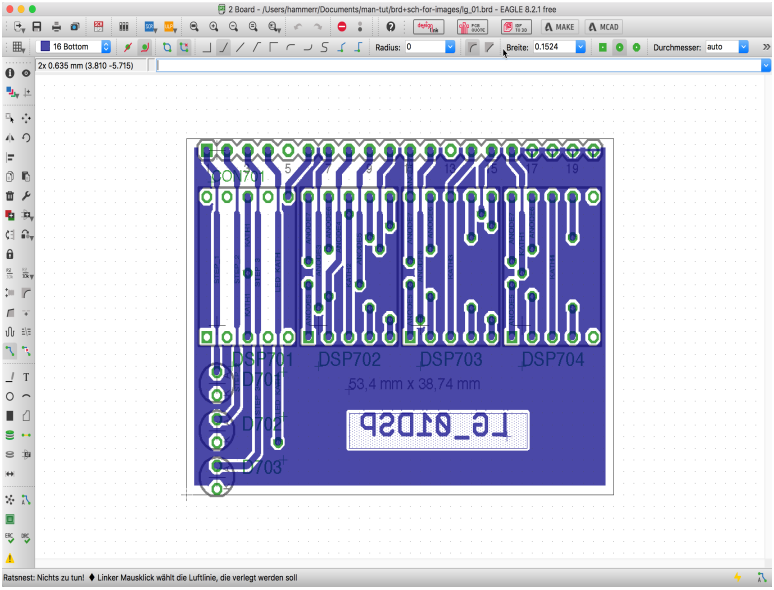
Selektieren von benachbarten Objekten

Beim Selektieren von Objekten, die nahe beieinander liegen, wird der Mauszeiger als Vierfach-Pfeil dargestellt, und das erste in Frage kommende Objekt erscheint hell. Betätigen Sie die linke Maustaste, um die Auswahl zu bestätigen, und die rechte, um zum nächsten Objekt weiter zu schalten. Zum selektierten Objekt werden in der Statuszeile des Editor-Fensters Informationen angezeigt.
Siehe auch Hilfe-Funktion (SET-Befehl, SELECT_FACTOR).

4.3 Das Layout-Editor-Fenster

Das Fenster des Layout-Editors öffnet sich, wenn Sie eine neue Platine (Board) anlegen oder eine bestehende Platinendatei öffnen. Wenn Sie den Schaltplan-Editor besitzen, werden Sie im allgemeinen zuerst eine Schaltung entwerfen und dann mit dem BOARD-Befehl bzw. mit dem BOARD-Icon die zugehörige Platinendatei anlegen.

Der Aufbau des Layout-Editor-Fensters entspricht dem des Schaltplan-Editors. Auch wenn Sie nur den Layout-Editor besitzen, sollten Sie sich den vorangegangenen Abschnitt ansehen, da alle Angaben analog für den Layout-Editor gelten.



➢ *Das Layout-Editor-Fenster*

Lediglich die Befehle des Befehlsmenüs werden hier noch einmal komplett aufgeführt, da sich gleich lautende Befehle im Schaltplan- und im Layout-Editor manchmal geringfügig unterscheiden.

Die Beschreibung der Befehle, die nicht über das Befehlsmenü erreichbar sind, finden Sie ebenfalls im Abschnitt über das Schaltplan-Editor-Fenster.

Zusätzlich können alle Befehle über die Pulldown-Menüs in der Menüleiste erreicht werden. Das gilt selbstverständlich auch für Schaltplan- und Layout-Editor-Fenster.

Das Befehlsmenü im Layout-Editor

INFO

Zeigt die Eigenschaften des anschließend selektierten Objekts. Tippen Sie `INFO IC1` in die Kommandozeile, zeigt EAGLE die Eigenschaften des Objekts mit dem Namen IC1. Manche der Eigenschaften können Sie direkt in diesem Dialog verändern.

SHOW

Stellt das anschließend mit der Maus selektierte Objekt heller dar.
Alternativ kann man den Objektnamen (auch mehrere gleichzeitig) über die Kommandozeile angeben. Dabei sind auch die Platzhalter `*` und `?` erlaubt. Mit *Ctrl* + SHOW invertieren Sie die Hervorhebung des gewählten Objekts.

DISPLAY

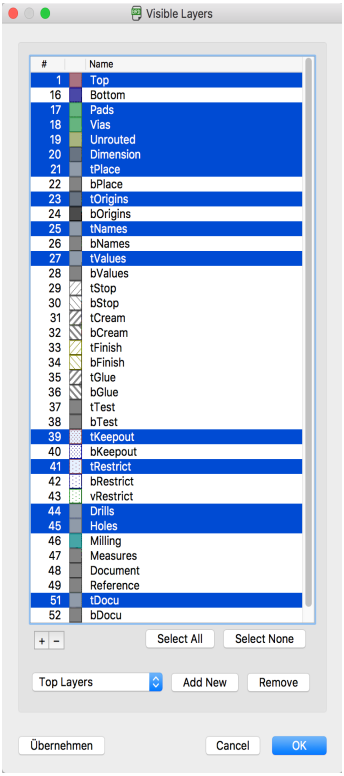
Blendet Zeichenlayer ein und aus. Bauteile auf der Top-Seite der Platine lassen sich nur selektieren, wenn der Layer 23 *tOrigins* eingeblendet ist. Entsprechendes gilt für Bauteile auf der Bottom-Seite der Platine und den Layer 24 *bOrigins*.

Eine Tabelle im Anhang gibt Auskunft über die Bedeutung der Layer.

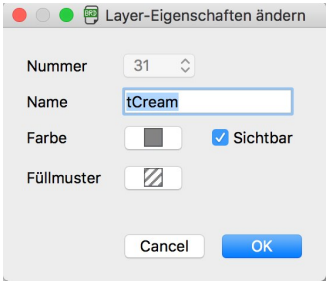
Der DISPLAY-Befehl unterstützt so genannte Layer-Presets (Aliase).Man kann bestimmte Layerkombinationen benennen und als Parameter übergeben. Das ermöglicht ein schnelles Umschalten zwischen verschiedenen Darstellungsweisen.

DISPLAY LAST zeigt die zuletzt benutzte Layerkombination, die dargestellt wurde.

Mit einem Doppelklick auf einen Layer-Eintrag kann man die Layerfarbe oder das Füllmuster des Layers ändern.



➤ *Das Display-Menü*



➤ *Layer-Eigenschaften ändern*

> *Im DISPLAY-Menü werden nur die Signal-Layer angezeigt, die auch in den Design-Regeln im Layer-Setup definiert wurden!*

Detaillierte Informationen zu DISPLAY finden Sie in der Hilfe-Funktion.

MARK

Der anschließende Mausklick definiert den neuen Nullpunkt für die Koordinatenanzeige. Zusätzlich werden relative Koordinaten in der Form (`R` x-Wert y-Wert) und polare Werte in der Form (`P` Radius Winkel) angezeigt. In dieser Form können Koordinatenwerte auch über die Kommandozeile eingegeben werden.
Wenn Sie erst das MARK-Icon und anschließend das Ampel-Icon anklicken, bezieht sich die Koordinatenanzeige wieder auf den absoluten Nullpunkt der Zeichnung.

GROUP

Gruppe definieren, die anschließend bewegt, rotiert oder mit COPY kopiert wird oder über CHANGE andere Eigenschaften erhalten soll.

Standardmäßig ist der GROUP-Befehl immer aktiv. Klickt man in einen freien Bereich in der Zeichnung, kann man bei gedrückter Maustaste ein Rechteck aufziehen oder mit einzelnen Klicks einen Linienzug um die Objekte ziehen, um die Gruppe festzulegen. Nach der Auswahl der Gruppe kann man diese ohne weitere Auswahl eines Befehls bewegen. Dazu klickt man einfach auf eines der Gruppenobjekte und hält die Maustaste gedrückt.

Ist die Option *GROUP-Befehl standardmäßig ein* nicht aktiviert oder möchte man eine andere Aktion mit der Gruppe ausführen, kann man nach dem Festlegen der Gruppe, zum Beispiel über eines der Befehls-Icons eine Aktion wählen (Drehen, Kopieren…) und dies mit Ctrl + rechte Maustaste auf die Auswahl anwenden.

GROUP ALL in der Kommandozeile selektiert alle Elemente.

Um sicher zu gehen, dass alle Elemente selektiert werden, blenden Sie mit DISPLAY ALL vorher alle Layer ein. Durch gezieltes Ausblenden von Layern kann man bestimmte Objekte von der Selektion ausschließen.

Zusätzliche Informationen zu GROUP finden Sie im Abschnitt über den Schaltplan-Editor und in der Hilfe-Funktion.

MOVE

Bewegen beliebiger sichtbarer Objekte. Die rechte Maustaste rotiert das Objekt am Mauszeiger.

> *Der MOVE-Befehl kann keine Signale verbinden, auch wenn ein Wire (geroutetes Leitungsstück) über einen anderen Wire oder über ein Pad bewegt wird. Verwenden Sie ROUTE zum Verlegen von Signalen.*

Drücken Sie beim Selektieren eines Bauteils oder eines anderen Objekts die *Ctrl*-Taste, wird es in einer besonderen Weise selektiert. Bitte lesen Sie hierzu in der Hilfe-Funktion (CIRCLE, ARC, LINE, MOVE, ROUTE usw.) nach.

Bewegen von Gruppen, siehe *MOVE* im Abschnitt zum Schaltplan-Editor.

MIRROR

Objekte spiegeln. Bauteile kann man mit dem MIRROR-Befehl auf die andere Seite der Platine bringen.

ROTATE

Objekte in beliebigen Winkeln rotieren (auch mit MOVE möglich). Hält man beim Selektieren des Objekts die linke Maustaste gedrückt, kann man es durch Bewegen der Maus drehen. In der Parameterleiste wird der aktuelle Drehwinkel angezeigt.
Auch Gruppen können beliebig gedreht werden: Drücken Sie bei aktivem ROTATE-Befehl die *Ctrl*-Taste und klicken Sie mit der rechten Maustaste in die Zeichnung um den Drehpunkt zu setzen. Die Gruppe wird um den angegeben Winkel gegen den Uhrzeigersinn gedreht.
Der Winkel kann auch direkt im Feld *Winkel* oder über die Kommandozeile angegeben werden. Hinweise zur Syntax finden Sie in der Hilfe-Funktion.

ALIGN

Der ALIGN-Befehl wird verwendet um ausgewählte Objekte zueinander auszurichten oder deren Ursprungspunkt auf den nächstgelegenen Rasterpunkt zu legen.

Folgende Betriebsarten werden unterstützt:
- Align Edges Top | Bottom | Left | Right
  (Ausrichtung an oberer | unterer | linker | rechter Kante)
- Align Centers Vertical | Horizontal
  (Ausrichtung vertikal | horizontal zentriert)
- Distribute Vertically | Horizontally
  (Verteilung vertikal | horizontal)
- Align Origin to Grid
  (Auf das Raster ausrichten)

COPY

Bauteile und andere Objekte kopieren.
Beim Kopieren von Bauteilen wird der Name verändert, der Value bleibt unverändert. Beim Kopieren einzelner Wires wird der Name beibehalten.

Halten Sie die *Ctrl*-Taste gedrückt während Sie auf ein Objekt klicken, wird dieses an seinem Aufhängepunkt selektiert. Es befindet sich somit im aktuell eingestellten Raster.

Selektiert man vorher eine Gruppe, legt COPY den Inhalt der Gruppe in die Zwischenablage des Betriebssystems. Somit auch in eine andere EAGLE-Instanz kopiert werden.

PASTE

Objekte aus dem Zwischenspeicher einfügen.

Über das Menü *Datei/Importieren/EAGLE-Zeichnung...* kann ein vollständiges Layout (mit zugehörigem Schaltplan, wenn vorhanden) eingefügt werden. Weitere Informationen dazu finden Sie in der Hilfe-Funktion.

DELETE

Löschen von sichtbaren Objekten.

Ist eine Gruppe definiert, kann sie bei gedrückter *Ctrl*-Taste mit der *rechten* Maustaste gelöscht werden.

DELETE SIGNALS in der Kommandozeile löscht alle Leiterbahnen und Signale im Layout, sofern kein konsistenter Schaltplan geladen ist.

Hält man die *Shift*-Taste beim Klick auf eine Polygonkontur gedrückt, wird das ganze Polygon entfernt.

Hält man die *Ctrl*-Taste beim Klick auf einen Knickpunkt einer Linie gedrückt, wird dieser entfernt und eine direkte Verbindung zwischen den beiden nächstliegenden Knickpunkten gezeichnet.

Wenn sich Objekte nicht löschen lassen, kann es sich um Fehlerpolygone des DRC-Befehls handeln. Diese löscht man mit dem ERRORS-Befehl (`ERRORS CLEAR`). Ist der Layer 23 *tOrigins* bzw. 24 *bOrigins* nicht eingeblendet, lassen sich Bauteile nicht löschen.

CHANGE

Nachträgliches Ändern von Objekt-Eigenschaften, z. B. der Breite einer Leitung oder der Größe eines Textes. Wird nach dem Verändern einer Eigenschaft die Esc-Taste gedrückt, erscheint das zuletzt benutzte Werte-Menü. So kann bequem ein neuer Wert gewählt werden. Siehe auch Hilfe-Funktion.

Objekt-Eigenschaften kann man auch über das Kontextmenü anzeigen und ggf. ändern. Das Kontextmenü erreicht man durch einen Klick mit der rechten Maustaste auf das Objekt.

PASTE DBL

Einen Design Block in die Zeichnung einfügen. Wenn der Design Block aus Schaltplan und Layout besteht, kann der Layout-Teil mit der Maus platziert werden. Im Schaltplan wird der eingefügte Design Block entsprechend seiner Seitenanzahl auf neuen Seiten hinzugefügt.

ADD

Hinzufügen von Bibliotheks-Elementen zur Zeichnung. Bietet eine komfortable Suchfunktion. Über USE wird bestimmt, welche Bibliotheken bei ADD berücksichtigt werden.

Mit einem Rechtsklick auf das ADD-Icon öffnen Sie das Popup-Menü mit den zuletzt geholten Bauteilen.

PINSWAP

Tauscht die an gleichwertige Pads eines Bauelements angeschlossenen Signale, vorausgesetzt die entsprechenden Pins sind mit gleichem Swaplevel definiert.

Ein Pin der an mehrere Pads angeschlossen ist, kann grundsätzlich nicht getauscht werden.

REPLACE

Bauteil oder bei einem Layout ohne Schaltplan ein Gehäuse (Package) durch ein anderes aus einer beliebigen Bibliothek ersetzen.
Soll nicht das ganze Bauteil, sondern nur die Package-Variante getauscht werden, verwendet man CHANGE PACKAGE bzw. den PACKAGE-Befehl.

Mit einem Rechtsklick auf das Icon öffnet sich ein Popup-Menü, das eine Liste der kürzlich getauschten Bauteile enthält.

LOCK

Verriegelt die Position und Orientierung eines Bauteils in der Platine.
Ist das Bauteil *Locked*, kann es mit der Maus nicht verschoben und auch nicht mit GROUP selektiert werden. *Shift* + LOCK entriegelt das Bauteil. Das ist auch über den Eintrag *unLock* im Kontextmenü möglich.
Der Aufhängepunkt eines verriegelten Bauteils wird im Editor-Fenster als `x`, im Gegensatz zu einem `+` bei nicht verriegelten Bauteilen, dargestellt.

Über den Eigenschaften-Dialog lässt sich die Position eines verriegelten Bauteils jedoch gezielt durch die Eingabe neuer Koordinaten verändern.

NAME

Namen für Bauteile, Signale, Vias oder Polygone vergeben. Man kann einem Polygon ein anderes Signal zuordnen, indem man es mit NAME umbenennt.

VALUE

Werte für Bauteile vergeben. Ein Widerstand erhält beispielsweise den Wert *100k*.

Bei einem Rechtsklick auf das Icon erscheint eine Liste der bisherigen verwendeten Values, aus der Sie einen Wert wählen und durch Klick auf ein oder mehrere Bauteile zuordnen können.

SMASH

Löst die Texte für Name, Wert und Attribute von Bauteilen, so dass sie individuell platziert und in ihrer Größe geändert werden können. Auch in Kombination mit GROUP. Ist eine Gruppe definiert, kann sie mit *Ctrl* und der *rechten* Maustaste gesmasht werden.

Nach SMASH kann man die Texte mit DELETE verstecken.

Hält man während des SMASH-Befehls die *Shift*-Taste gedrückt, werden die Texte wieder an die ursprüngliche Stelle gesetzt und sind nicht mehr frei editierbar (auch möglich im Kontextmenü mit *unSmash*).
Alternativ lässt sich die Option *Smashed* auch über das Kontextmenü, *Eigenschaften,* ein- bzw. ausschalten.

MITER

Abrunden bzw. Abschrägen von LINE-Verbindungsstellen (auch bei Polygonkonturen). Der Grad der Abrundung bzw. Abschrägung wird über den Miter-Radius vorgegeben. Positives Vorzeichen ergibt eine Rundung, negatives eine Gerade. Der Miter-Radius ist auch für verschiedenes Wire-Bends (Knickmodi) gültig (siehe Hilfe zum SET-Befehl).

SPLIT

Fügt einen Knickpunkt in eine Linie ein.
Wenn Sie zum Beispiel ein Stück einer bereits verlegten Leiterbahn in einen anderen Layer legen wollen, fügen Sie mit SPLIT zwei Knickpunkte ein, und wechseln mit CHANGE LAYER die Lage. An den Knickpunkten werden automatisch Durchkontaktierungen gesetzt.

SPLIT ermöglicht außerdem ein schnelles Neuverlegen einer bereits gerouteten Leiterbahn. Mit einem Linksklick auf die Leiterbahn fügen Sie einen Knickpunkt ein. Bewegen Sie die Maus und verlegen Sie die Leiterbahn auf einem andern Weg. Den bisherigen Verlauf können Sie anschließend mit *Ctrl*+DELETE oder RIPUP entfernen.

OPTIMIZE

Fasst Wire-Segmente in den Signallayern, die in einer Linie liegen, zu einem Segment zusammen.

MEANDER

Erzeugen Sie Mäander zum Längenausgleich von Signalen, insbesondere von Differential-Pair-Signalen. Der Befehl kann auch dazu verwendet werden, um die Länge eines Signal anzuzeigen. Nach dem Sie mit gedrückter *Strg*-Taste auf eine Leitung im Layout geklickt haben, wird die Länge des gesamten Signals angezeigt.

SLICE

Der SLICE-Befehl teilt Linien in zwei Teile. Wenn es sich um eine Leiterbahn handelt, wird die entstehende Lücke mit einer Luftlinie „aufgefüllt“ und die beiden Enden bleiben elektrisch verbunden. Das Signal zerfällt also nicht in zwei Teile sondern bleibt wie bei RIPUP eines Segments erhalten.
Mit einem linken Mausklick beginnt man die Schnittlinie, der zweite

Mausklick beendet diese. Alle Objekte, die die Schnittlinie kreuzen, werden aufgetrennt. Eine Ausnahme sind Polygon-Konturen.
SLICE kann auch in der Kommandozeile verwendet werden. Die Schnittlinie wird über Anfangs- und Endpunkt definiert, z.B. SLICE (2.5 3) (7 3);

ROUTE

Signal manuell verlegen. Dabei werden Luftlinien (Airwires) in Leiterbahnen verwandelt.

ROUTE arbeitet standardmäßig im Modus „Obstacle Avoidance“ (Hindernisse vermeiden). Dabei werden automatisch alle gegebenen Design-Regeln eingehalten und Hindernisse, die sich entlang des Leiterbahnverlaufs befinden, umgangen. Wenn man den Routing-Modus auf „Ignore Obstacles“ (Hindernisse ignorieren) durch Klick auf das Icon in der Parameter-Leiste setzt, muss der Anwender auf die Einhaltung aller Design-Regeln selbst achten.

ROUTE bietet auch den Follow-me-Router-Modus zum automatischen Verlegen einer selektierten Signallinie, bei dem im Hintergrund der Autorouter das Verlegen übernimmt.

ROUTE bietet mit den verschiedenen Maustasten, auch in Verbindung mit den Tasten *Ctrl* und *Shift*, unterschiedliche Funktionen:

Ctrl + Links	Routing beginnt an einem beliebigen Punkt einer Leiterbahn oder eines Vias
Shift + Links	Beginnt die Luftlinie an einem bereits verlegten Wire, wird seine Breite für die neue Leiterbahn verwendet
Mitte	Auswahl des Layers
Rechts	Wahl des Knickwinkels
Shift + Rechts	Umkehr der Knickwinkel-Reihenfolge beim Durchklicken
Ctrl + Rechts	Umschalten zwischen korrespondierenden Knickwinkeln
Shift + Links	Erzeugt beim Absetzen ein Via
Ctrl + Links	Definiert beim Absetzen den Radius des Kreisbogens

Mehr Informationen darüber finden Sie in der Hilfefunktion.

RIPUP

Verdrahtete in unverdrahtete Signale (Luftlinien), berechnete Polygone in Umriss-Darstellung verwandeln.
Durch die Angabe von Signalnamen in der Kommandozeile können Sie einzelne Signale gezielt berechnen lassen, bestimmte Signale von der Aktion ausnehmen, oder auch nur die Polygone ansprechen. Mehr Informationen dazu finden Sie in der Hilfefunktion zum RIPUP-Befehl.
Leiterbahnen, die nicht an Bauteile angeschlossen sind, also kein echtes Signal führen, müssen mit DELETE gelöscht werden.

LINE

Zeichnen von Linien und Bögen. In den Signal-Layern 1 bis 16 erzeugt der LINE-Befehl elektrische Verbindungen.
Der Parameter *Style* (CHANGE-Befehl) bestimmt die Linienart. Der DRC und der Autorouter behandeln eine Linie immer als durchgezogene Linie, egal welcher *Style* verwendet wurde.
Den Knickmodus (SET-Befehl, Parameter *Wire_Bend*) ändert man mit der rechten Maustaste.

Bitte beachten Sie auch die Hinweise zu den Besonderheiten in Kombination mit der *Ctrl*- bzw. *Shift*-Taste in der Hilfe-Funktion:
Drücken Sie beispielsweise beim Starten eines Wires die *Ctrl*-Taste, beginnt die Linie exakt am Ende des in der Nähe liegenden Wires, auch wenn dieser nicht im aktuell eingestellten Raster liegt (Fang-Funktion). Linienbreite, Linienart und Layer werden vom bereits vorhanden Wire übernommen.

TEXT

Platzieren von Texten. Verwenden Sie CHANGE SIZE um die Texthöhe einzustellen. CHANGE RATIO ändert die Linienbreite beim Vektor-Font. Mit CHANGE TEXT ändern Sie den Text selbst. CHANGE FONT verändert die Schriftart. CHANGE ALIGN bestimmt die Ausrichtung (die Position des Aufhängepunkts) des Textes.
Die Option *Immer Vektor-Schrift* (im der Menü *Optionen/Benutzeroberfläche*) stellt Texte immer als Vektor-Font dar, egal mit welchem Font der Text ursprünglich definiert wurde. Das gilt auch für Ausdrucke und die Ausgabe von Daten mit dem CAM-Prozessor.

Soll Text in einem Kupferlayer invertiert dargestellt werden, schreiben Sie den Text in den Layer 41 *tRestrict* bzw. 42 *bRestrict* und legen darüber eine Kupferfläche im *Top*- oder *Bottom*-Layer mit dem POLYGON-Befehl. Das Polygon spart dann die Sperrfläche (also den Text) aus.

Bei mehrzeilige Texten wird der Zeilenumbruch über die Tastenkombination *Shift* + *Enter* eingefügt. Der Zeilenabstand (*Line distance)* kann über den *Eigenschaften*-Dialog oder über die Parameterleiste, solange der Text-Befehl aktiv ist, verändert werden.

> *Es wird empfohlen, Texte in Kupferlayern mit Vektor-Font zu schreiben! Nur so entspricht die Ausgabe über den CAM-Prozessor exakt der Darstellung im Layout-Editor. Siehe auch Hilfe-Funktion.*

CIRCLE

Zeichnen von Kreisen. In den Layern 41 *tRestrict*, 42 *bRestrict* und 43 *vRestrict* erzeugt dieser Befehl Sperrflächen für den Autorouter bzw. Follow-me-Router. Kreise mit Linienstärke (*width*) null werden gefüllt dargestellt.

ARC

Zeichnen von Kreisbögen (auch mit LINE möglich).
Mit CHANGE CAP FLAT | ROUND definiert gerade bzw. runde Enden für den Bogen. Wird der Bogen als Teil eines Wire-Zuges gezeichnet und beide Enden mit einem Wire verbunden, sind die Bogenenden rund.

Bögen mit geraden Enden werden bei der Gerber-Ausgabe im CAM-Prozessor immer emuliert ausgegeben, also durch dünne kurze Linien gezeichnet. Bögen mit runden Enden (CHANGE CAP ROUND) nicht.

RECT

Zeichnen von Rechtecken. In den Layern 41 *tRestrict*, 42 *bRestrict* und 43 *vRestrict* erzeugt dieser Befehl Sperrflächen für den Autorouter/Follow-me-Router.

POLYGON

Zeichnen von Polygonen bzw. Kupferflächen oder auch Sperrflächen in Signallayern.

Polygone in den Signallayern werden als Signale behandelt. Sie halten zu anderen Potentialen einen bestimmten Abstand ein (Copper Pouring). Damit lassen sich unterschiedliche Signalflächen auf demselben Layer realisieren.

Die Kontur eines Polygons wird in der Umrissdarstellung als gepunktete Linie dargestellt.

Polygone in den Layern *t/b/vRestrict* sind Sperrflächen für den Autorouter/Follow-me-Router. Weitere Möglichkeiten finden Sie in der Hilfe-Funktion.

Polygone mit dem speziellen Füllmodus *cutout* werden als Sperrflächen in den Signallayern (in Innenlayern und auch in Außenlayern) eingesetzt. Ein solches Polygon wird von allen anderen Polygonen in diesem Layer subtrahiert. Bei Cutout-Polygonen wird immer die gestrichelte Konturlinie dargestellt. Die Linienbreite darf auch 0 sein.

VIA

Setzen einer Durchkontaktierung. Vias werden automatisch gesetzt, wenn beim ROUTE-Befehl die Ebene gewechselt wird. Mit NAME kann ein Via an ein bestimmtes Signal angeschlossen werden. Vias können in den Außenlayern unterschiedliche Formen haben (rund, quadratisch, achteckig), in den Innenlagen sind sie aber immer rund.

SIGNAL

Definition eines Signals.
Nicht möglich, wenn die Forward&Back-Annotation aktiv ist. Verbindungen sind dann im Schaltplan-Editor mit dem NET-Befehl zu definieren.

HOLE

Platzieren einer Bohrung, die nicht durchkontaktiert wird.

ATTRIBUTE

Definiert ein Attribut für ein Bauteil.
Über das Menü *Bearbeiten/Globale Attribute..* kann man Attribute festlegen, die im Layout allgemein gültig sind.
Die ausführliche Beschreibung der Syntax zur Definition über die Kommandozeile, finden Sie in der Hilfe-Funktion.

DIMENSION

Dient zur Bemaßung der Zeichnung. Der Befehl kann auf ein Objekt angewendet oder auch an beliebiger Stelle in der Zeichnung eingefügt werden. Wenn Sie ein Objekt klicken, wählt EAGLE einen geeigneten Bemaßungstyp *(Dtype)* aus. Wenn Sie eine andere Bemaßung verwenden wollen, können Sie mit der rechten Maustaste den Bemaßungstyp ändern. Möchten Sie an einer beliebigen Stelle mit der Bemaßung beginnen, verwenden Sie *Strg*-Taste + linker Mausklick.
Folgende Bemaßungstypen gibt es: *Parallel*, *Horizontal*, *Vertical*, *Radius*, *Diameter* (Durchmesser), *Angle* (Winkel) und *Leader* (Hinweislinie).

Über den *Eigenschaften*-Dialog können Sie jedes einzelne Bemaßungselement konfigurieren. Alternativ über den CHANGE-Befehl, der auch auf Gruppen angewendet werden kann:

CHANGE Dtype	ändert den Bemaßungstyp.
CHANGE Dunit	bestimmt über die Maßeinheit (*unit*), die Genauigkeit (*precision*), ob die Maßeinheit dargestellt werden soll (*show*).
CHANGE Dline	bestimmt die Breite der Maßlinie (*width*), die Breite der Hilfslinie (*Hilfslinie, width*), die Verlängerung über dem Maßpfeil (*Hilfslinie, length*), den Abstand zum bemaßenden Objekt (*Hilfslinie, offset*).

RATSNEST

Kürzeste Luftlinien und reale Polygon-Darstellung berechnen.

Gezieltes Berechnen und Ein- und Ausblenden von Luftlinien durch Angabe eines Signalnamens. Ein dem Namen vorangestelltes Ausrufezeichen blendet die angegebenen Luftlinien aus. Es sind Platzhalter bei der Namensangabe erlaubt. Mehr Informationen finden Sie in der Hilfe zum Befehl.

Die Polygon-Berechnung kann über das Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes* abgeschaltet werden. Alternativ über den Befehl
SET POLYGON_RATSNEST ON | OFF oder kurz: SET POLY ON | OFF.

RATSNEST wird beim Verlegen einer Leiterbahn mit ROUTE für das gewählte Signal automatisch ausgeführt.

Während des RATSNEST-Befehls wird in der Statuszeile der Name des zur Zeit berechneten Signals angezeigt.

AUTO

Autorouter starten.

Tippen Sie in der Kommandozeile des Layout-Editors AUTO FOLLOWME, öffnet sich das Autorouter-Setup-Fenster im Follow-me-Modus, in dem man nur Parameter für den Follow-me-Router einstellen kann.

AUTO BGA

Startet den BGA-Router.

Klicken Sie das Icon oder tippen Sie AUTO BGA ein um den BGA-Router zu starten. Dieser spezielle Autorouter verlegt der alle oder ausgewählte Signale, die mit einem BGA-Bauteil verbunden sind. Zuerst wählen Sie die BGA-Bauteile, die geroutet werden sollen, dann wählen Sie die zu verlegenden Signale. Sie können für die Signale auch bestimmte Layer festlegen in denen das entsprechende Signal verlegt werden darf. Es werden Micro-Vias unterstützt, sofern diese Option aktiviert ist.
Bitte überprüfen Sie die Design-Regeln bevor Sie den BGA-Router starten!

ERC

Konsistenzprüfung von Schaltung und Platine durchführen.

DRC

Design-Regeln festlegen und Design Rule Check durchführen.
Tippt man `DRC *` in der Kommandozeile ein, öffnet sich der Design-Regeln-Dialog, den man nach der Überprüfung oder Änderung der Einstellungen wieder schließen kann, ohne dass der eigentliche Design-Rule-Check startet.

ERRORS

Vom Design-Rule-Check gefundene Fehler anzeigen. Wurde der DRC bisher noch nicht aufgerufen, wird dieser zuerst automatisch gestartet, dann werden eventuelle Fehler gezeigt.

Es gibt im Layout- und Schaltplan-Editor Befehle, die nicht direkt über das Befehlsmenü erreichbar sind. Sehen Sie sich dazu bitte den Abschnitt ab Seite 81 an. Die meisten davon sind auch im Layout-Editor nutzbar.

4.4 Das Bibliotheks-Editor-Fenster

Das Bibliotheks-Editor-Fenster öffnet sich, wenn Sie eine Bibliothek zur Bearbeitung laden. Eine Bibliothek hat üblicherweise vier verschiedene Bestandteile: Packages, Symbole und Devices und, falls zugeordnet, eine 3D-Package-Referenz.

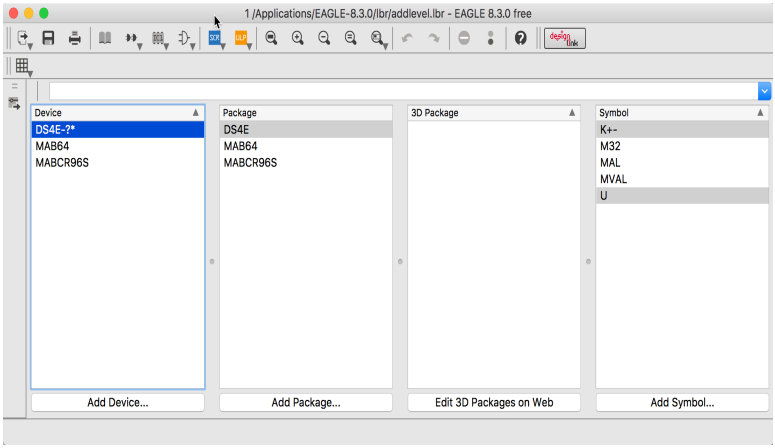
- Ein Package ist das Gehäuse eines Bausteins, das im Layout-Editor (also auf der Leiterplatte)verwendet wird.
- Das Symbol enthält die Darstellung des Bausteins wie er im Schaltplan verwendet wird.
- Das Device repräsentiert die Verbindung von (mehreren) Symbol(en) und einem Package bzw. mehreren Package-Varianten. Hier wird die Zuordnung zwischen einem Pin eines Symbols und den Pads im Package definiert.
  Von einem Device-Set spricht man, wenn das Bauteil in mehreren Package-Varianten und/oder in verschiedenen Technologie-Varianten angelegt wird.
- Die 3D-Darstellung eines Packages kann ein zugeordnetes Modell im STEP-Format sein. Entsprechende Modelle sind in unserem Online-Archiv vorrätig.
  Alle verwalteten Bibliotheken (Managed Libraries) haben zunächst eine einfache 3-dimensionale Box zugeordnet, die mit einem Web-basierten Editor durch ein 3D-STEP-Modell ersetzt werden kann,

Eine Bibliothek muss nicht ausschließlich reale Bauelemente enthalten. Auch Symbole für Masse und Versorgungsspannungen oder Zeichnungsrahmen können als Device in einer Bibliothek gespeichert sein. Diese Symbole beinhalten in der Regel keine Pins.
Es gibt auch Bibliotheken, die nur Packages enthalten. Diese können nur im Layout-Editor verwendet werden.

Ausführliche Beispiele zur Definition von Bibliothekselementen finden Sie in einem eigenen Kapitel *Bauteilentwurf an Beispielen erklärt* ab Seite 269 in diesem Handbuch.

Inhaltsverzeichnis

Wird eine Bibliothek geladen, erscheint zunächst folgendes Fenster:



➢ ***Bibliotheks-Editor: Inhaltsübersicht in vier Spalten für Devices, Packages, 3D-Package und Symbole***

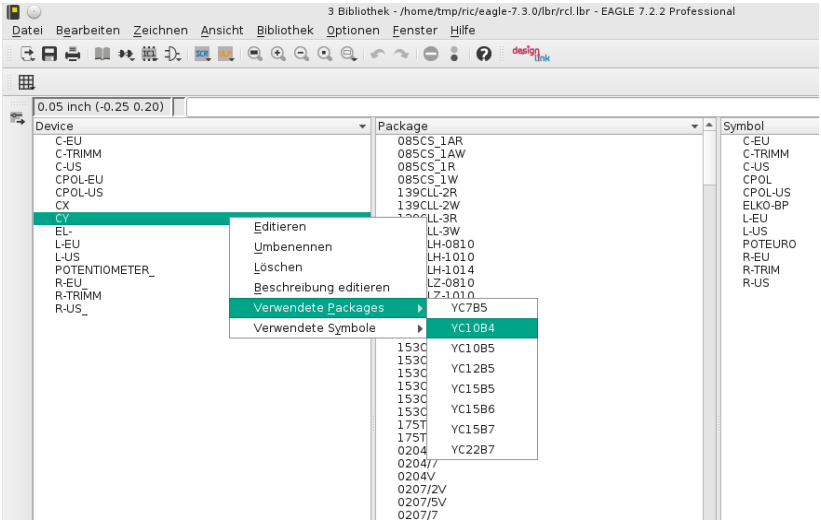
Es wird das Inhaltsverzeichnis der Bibliothek gezeigt. In vier Spalten sehen Sie welche Devices, Packages und Symbole in der Bibliotheksdatei enthalten sind. In diesem Beispiel sind noch keine 3D-Packages zugeordnet. Das kann man mit einem Klick auf die Schaltfläche *Edit 3D Packages on Web* initiieren.

Doppelklickt man auf einen der Einträge in einer der Spalten, wird der Editiermodus aktiviert.

Durch einen Rechtsklick öffnet sich ein Kontextmenü, das verschiedene Optionen, wie *Editieren*, *Löschen*, *Umbenennen* des selektierten Elements oder auch das *Editieren der Beschreibung* ermöglicht.

Bei den Devices gibt es die beiden Einträge *Verwendete Packages* und *Verwendete Symbole*, bei den Packages und Symbolen jeweils die Einträge *Verwendende DeviceSets*. Damit erkennt man welche Symbole und Packages in welchen Device-Sets benutzt werden.
Diese Information erkannt man auch schon, wenn man in einer Spalte des Inhaltsverzeichnisses einen Eintrag anklickt. Es werden dabei in den anderen Spalten die zugehörigen Einträge markiert:
Klickt man beispielsweise auf ein Device, werden in der Package-Spalte die im Device verwendeten Packages und in der Symbol-Spalte die verwendeten Symbole markiert.

Klickt man unten auf eine der *Add….*-Schaltflächen unter den Spalten, kann man ein neues Device, Package oder Symbol anlegen oder aus einer anderen Bibliothek importieren.



➢ ***Inhaltsverzeichnis der Bibliothek: Optionen im Kontextmenü***

Wichtige Icons im Bibliothekseditor

Device, Package oder Symbol zur Bearbeitung laden. Dieses Icon befindet sich im Befehlsmenü.

Von links nach rechts: Inhaltsverzeichnis anzeigen, Device laden, Package laden, Symbol laden. Diese Icons finden Sie in der Aktionsleiste.
Klickt man mit der rechten Maustaste auf eines der Icons, oder hält man die linke Maustaste auf einem der Icons (außer Inhaltsverzeichnis anzeigen) etwas länger gedrückt, erscheint eine Liste der zuletzt editierten Objekte.

Über das *Bibliothek*-Menü sind alternativ die Optionen *Beschreibung*, *Inhaltsverzeichnis*, *Manage Devices/Symbole/Packages* (EDIT-Befehl), *Löschen* (REMOVE), *Umbenennen* (RENAME) und *Aktualisieren* (UPDATE) zugänglich. Für weitere Informationen siehe Hilfe-Funktion oder das Kapitel *Bibliotheken und Bauteile verwalten*.

Der Package-Editier-Modus

Im Folgenden soll kurz beschrieben werden, wie man ein Bauteil definiert. Eine ausführliche Anleitung finden Sie im Kapitel *Bauteilentwurf an Beispielen erklärt*.

Die im Befehlsmenü zugänglichen Icons entsprechen denen des Schaltplan- und Layout-Editors.

Neues Package entwerfen

Wechseln Sie in den Package-Editier-Modus über das *Package*-Icon in der Aktionsleiste. Tippen Sie einen Package-Namen ein und bestätigen Sie die Abfrage *Neues Package 'Packagename' erzeugen?* mit *Ja*.

Platzieren Sie Pads (Anschlüsse mit Durchkontaktierung) oder SMD-Anschlussflächen mit Hilfe folgender Befehle, die nur im Package-Editier-Modus verfügbar sind.

PAD

Anschluss für bedrahtete Bauelemente (Lötauge) platzieren. Zum Pad gehört eine durchkontaktierte Bohrung, die durch alle Lagen der Platine geht. Die Padform kann in den Außenlagen rund, rechteckig, achteckig oder länglich sein. In den Innenlagen sind Pads immer rund.

SMD

SMD-Pad platzieren.

Ändern Sie bei Bedarf mit dem NAME-Befehl die Pad- bzw. SMD-Namen.

Zeichnen Sie mit Hilfe der Befehle LINE, CIRCLE, ARC etc:

- das Symbol für den Bestückungsdruck in den Layer 21 *tPlace*,
- eventuelle Ergänzungen des Symbols für den Dokumentationsdruck in den Layer 51 *tDocu*.

Zeichnen Sie eventuelle Sperrflächen mit Hilfe der Befehle CIRCLE, RECT oder POLYGON in die Layer 41 *tRestrict*, 42 *bRestrict* und 43 *vRestrict* für den Autorouter und in die Layer 39 *tKeepout* bzw. 40 *bKeepout* für den Design Rule Check.

Platzieren Sie mit dem HOLE-Befehl Bohrungen, falls erforderlich.

Platzieren Sie mit dem TEXT-Befehl:

- den Text >NAME in den Layer 25 *tNames* als Platzhalter für den Bauelementnamen,
- den Text >VALUE in den Layer 27 *tValues* als Platzhalter für den Bauelementwert.

Fügen Sie mit dem DESCRIPTION-Befehl eine Beschreibung für das Package ein. Man kann dazu das HTML-Text-Format verwenden. Mehr Informationen darüber finden Sie in der Hilfe-Funktion.

Der Symbol-Editier-Modus

Als Symbol definiert man die Teile eines Bausteins (Device), die man im Schaltplan individuell platzieren möchte. Das können im Falle eines 74L00 ein NAND-Gatter und ein Versorgungsspannungssymbol (bestehend aus zwei Pins) sein, oder im Falle eines Widerstands lediglich das Widerstandssymbol.

Wechseln Sie nun in den Symbol-Editier-Modus über das *Symbol*-Icon in der Aktionsleiste. Geben Sie den Symbol-Namen an und bestätigen Sie die Abfrage *Neues Symbol 'Symbolname' erzeugen?* mit *Ja*.

Neues Symbol entwerfen

Zeichnen Sie mit Hilfe der Befehle LINE, ARC etc. das Symbol für den Schaltplan in den Symbols-Layer.

Platzieren Sie die Pins mit Hilfe des PIN-Befehls, der nur im Symbol-Editier-Modus zugänglich ist:

PIN

Pins platzieren.

Weisen Sie direkt im PIN-Befehl oder nachträglich mit CHANGE den Pins geeignete Parameter zu (*Direction, Function, Length, Visible, Swaplevel*). Die Pin-Parameter sind ab Seite 279 und in der Hilfe-Funktion unter dem Stichwort PIN erklärt. Die Pin-Namen ändern Sie mit dem NAME-Befehl.

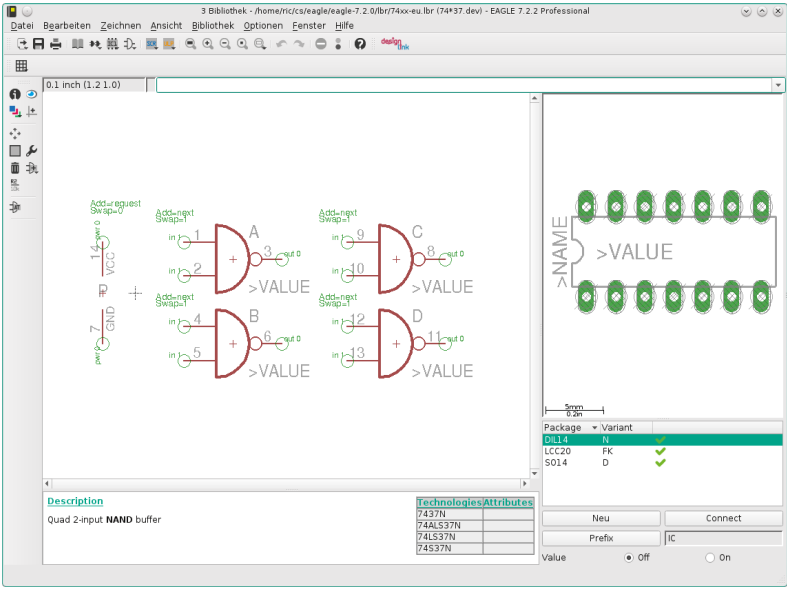
Platzieren Sie mit dem TEXT-Befehl:

- den Text `>NAME` in den Layer 95 *Names* als Platzhalter für den Bauelementnamen,
- den Text `>VALUE` in den Layer 96 *Values* als Platzhalter für den Bauelementwert.

Der Device-Editier-Modus

Reale Bausteine werden als Devices definiert. Im Device-Editier-Modus wird nichts mehr gezeichnet, sondern es wird festgelegt:

- welches Package bzw. welche Package-Varianten verwendet werden,
- welches oder welche Symbole enthalten sind (im Device als Gates bezeichnet),
- welchen Namen (etwa A, B..) die Gates erhalten,
- ob es verschiedene Technologien gibt (z. B. 74**L**00, 74**LS**00, 74**HCT**00),
- ob das Bauteil zusätzliche benutzerdefinierte Attribute haben soll,
- ob Gates untereinander austauschbar sind (Swaplevel),
- wie sich ein Gate beim Holen mit ADD in einen Schaltplan verhält (Addlevel),
- ob dem Bauteilnamen im Schaltplan ein Präfix vorangestellt wird,
- ob der Wert (Value) im Schaltplan geändert werden kann oder ob als Wert der Device-Name fest eingestellt ist,
- welche Pins welchen Gehäuse-Pads entsprechen (CONNECT-Befehl),
- ob eine Beschreibung für dieses Bauteil in der Bibliothek gespeichert werden soll.



➤ ***Device-Editor-Fenster***

Das Bild zeigt den fertig definierten Baustein *74*37* mit vier NAND-Gattern und einem Versorgungsgatter in verschiedenen Package- und Technologie-Varianten.

Klickt man mit der rechten Maustaste auf eines der Gatter, erscheint ein Kontextmenü mit den möglichen Befehlen, die man auf das Gatter anwenden kann. Außerdem kann man sich die *Eigenschaften* anzeigen lassen. Mit *Symbol editieren*, kommt man schnell in den Symbol-Editor um es zu modifizieren.

Reale Bauteile aus Symbolen und Packages entwerfen

Wechseln Sie in den Device-Editier-Modus über das *Device*-Icon in der Aktionsleiste. Tippen Sie einen Device-Namen ein und bestätigen Sie die Abfrage *Neues Device 'Devicename' erzeugen?* mit *Ja*.
Für die Erstellung eines Devices stehen folgende Befehle zur Verfügung:

ADD

Symbole in Device holen. Gate-Name, Swaplevel und Addlevel können beim ADD-Befehl über die Parameterleiste oder nachträglich mit CHANGE festgelegt werden.

Der Swaplevel definiert, ob äquivalente Gates vorhanden sind.

Der Addlevel definiert z. B., ob ein Gate nur auf Anforderung in die Schaltung geholt wird (etwa die Versorgungspins).

NAME

Gate-Namen festlegen.

CHANGE

Swaplevel und Addlevel ändern.

PACKAGE

Package-Variante(n) definieren und benennen. Durch Eintippen von PACKAGE in der Kommandozeile oder Klick auf die Schaltfläche *Neu* im Device-Editor-Fenster öffnen Sie ein Auswahl-Fenster. Selektieren Sie die gewünschte Gehäuse-Variante.

Weitere Informationen zum *Anlegen einer neuen Package-Variante* finden Sie ab Seite 326.

CONNECT

Zuordnung von Pins (Gate) und Pads (Package) festlegen.

PREFIX

Präfix für Bauteilnamen in der Schaltung festlegen (R für Widerstand, etc.).

VALUE

Im Device-Modus bestimmt man mit VALUE, ob der Bauteile-Wert im Schaltplan oder Layout frei gewählt werden kann oder vorgegeben wird.

On: Wert lässt sich in der Schaltung ändern (z. B. bei Widerständen). Nur nach Vergabe eines Wertes ist das Bauteil eindeutig spezifiziert.

Off: Wert entspricht automatisch dem Device-Namen, inklusive der Angabe von Technology und Package-Variante (z. B. 74LS00N), wenn vorhanden. Auch wenn Value *Off* gesetzt ist, ist es möglich, den Wert eines Bauteils nach einer Sicherheitsabfrage zu ändern.
Ein vom Benutzer nachträglich geänderter Wert bleibt bei einer späteren Änderung der Technologie oder der Package-Variante über CHANGE PACKAGE bzw. TECHNOLOGY bestehen.

TECHNOLOGY

Falls erforderlich, können mit einem Klick auf *Technologies* zum Beispiel verschiedene Technologien eines Logik-Bausteins definiert werden.

ATTRIBUTE

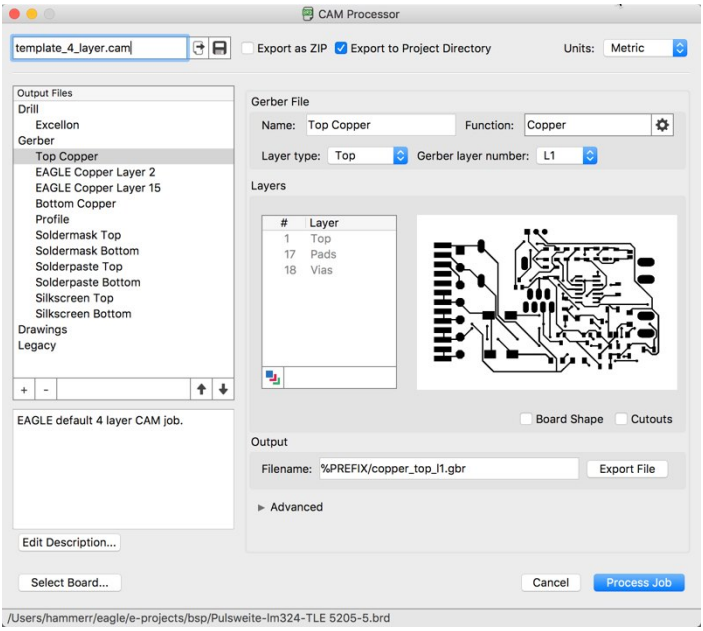
Mit einem Klick auf *Attributes* kann man beliebige Attribute für das Bauteil definieren. Eine ausführliche Beschreibung dazu finden Sie im Bibliothekskapitel.

DESCRIPTION

Eine Beschreibung des Bauteils verfassen, die auch bei der Suche im ADD-Dialog berücksichtigt werden kann.

4.5 Der CAM-Prozessor

Mit Hilfe des CAM-Prozessor erzeugt man Fertigungsdaten. Die Plotdaten werden standardmäßig im Format Gerber RS274X (GERBER X2 kann auch gewählt werden) und die Bohrdaten in EXCELLON erzeugt. Dies sind die üblichen vom Leiterplattenhersteller verwendeten Formate.



➢ *Der CAM-Prozessor*

Starten des CAM-Prozessors

Starten Sie den CAM-Prozessor direkt aus dem Layout-Editor über das CAM-Prozessor-Icon in der Aktionsleiste oder über das Menü *Datei/CAM-Prozessor*.

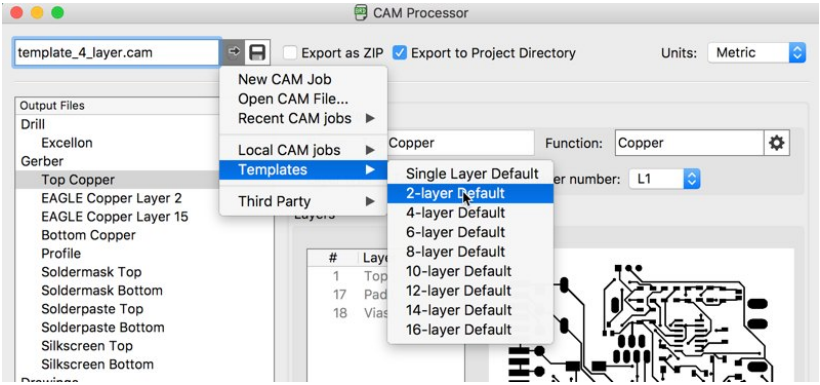
Es wird dabei das passende CAM-Job-Template für das Board gewählt. Wenn Sie zum Beispiel an einem Vierlagen-Board arbeiten, wird *template_4_layer.cam* geladen.
In der *Output Files*-Liste findet man unter den Einträgen *Drills* und *Gerber* die Dateien, die erzeugt werden.

CAM-Templates

Für Leiterplatten mit einem üblichen Lagenaufbau hält EAGLE einen Satz vordefinierter CAM-Templates (Job-Dateien) bereit. Der CAM-Prozessor wählt automatisch des passende Template zur aktuell geladenen Boarddatei.

Job-Datei laden

Falls Sie eine eigene Job-Datei laden oder erzeugen möchten, klicken Sie auf das Icon *Job-Datei laden*.



➢ ***Job-Datei laden***

Ein CAM-Job besteht aus mehreren Arbeitsschritten und definiert den gesamten Ablauf der Datenausgabe. So lassen sich mit Hilfe eines geeigneten Jobs beispielsweise Gerber-Daten für unterschiedliche Layer der Reihe nach in verschiedene Dateien schreiben.

Board laden

Der CAM-Prozessor wird vom Layout-Editor aus gestartet und dabei wird automatisch das aktive Board geladen. Klicken Sie auf die Schaltfläche *Select Board..*, wenn Sie Daten für ein anderes Board erstellen möchten.

In der Statuszeile unten im CAM-Prozessor-Fenster sehen Sie, für welche Boarddatei Daten erzeugt werden.

Ausgabe-Parameter einstellen

Wenn eine Job-Datei geladen wird, sind die Ausgabe-Parameter bereits eingestellt. Ein Job kann aus mehreren Teilen (Sections) bestehen, für die wiederum unterschiedliche Ausgabe-Parameter eingestellt sein können. Sie dürfen auch unterschiedliche Ausgabe-Treiber (Devices) verwenden.

Ausgabe starten

Wenn Sie den ganzen Job (alle Schritte) ausführen wollen, klicken Sie auf *Job ausführen*. Wenn Sie die Ausgabe nur für die gegenwärtig gewählte Section sein soll, klicken Sie auf die Schaltfläche *Export File*.

Neuen Job definieren

Einen neuen Job definieren Sie so:

- *Job File Laden* anklicken und *Neuer CAM-Job* wählen.
- Wählen Sie *Drills/Gerber* und legen Sie die *Format Specifier* und Parameter fest.
- Rechtsklick auf *Drills/Gerber* in der Liste *Output Files* und Auswahl von *New Output*.
- Legen Sie alle Parameter und die Layer fest.
- Job speichern über das *Speichern*-Icon.

Über die Schaltfläche *Beschreibung editieren.*. kann man die Job-Datei beschreiben.

Detaillierte Informationen finden Sie im Kapitel über das *Erstellen der Fertigungsunterlagen*.

Der CAM-Prozessor kann auch direkt über die Kommandozeile gestartet werden. Beim Aufruf können verschiedene Kommandozeilen-Parameter übergeben werden, die Sie im Anhang dieses Handbuches finden.

4.6 Das Texteditor-Fenster

EAGLE enthält einen einfachen Texteditor.

Sie können damit Script-Dateien, User-Language-Programme oder beliebige andere Textdateien editieren. Der Text-Editor speichert die Dateien mit UTF-8-Zeichenkodierung ab.

Über die Menüs erreichen Sie verschiedene Funktionen, wie den Print-Befehl, Kopieren und Ausschneiden, Suchen und Ersetzen (auch *Regular Expressions*), Auswahl von Schriftart und Schriftgröße und so weiter. Der Texteditor verwendet die im Betriebssystem üblichen Tastenkürzel.

Die rechte Maustaste ruft im Texteditor ein Kontextmenü auf.

Wenn Sie lieber einen externen Texteditor verwenden, geben Sie im Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* des Control Panels bzw. eines der Editor-Fenster in der Zeile *Externer Text-Editor* den entsprechenden Aufruf an.

Wollen Sie EAGLE grundsätzlich daran hindern, den internen Texteditor zu verwenden, geben Sie an dieser Stelle ein Minuszeichen '-' an. Ist in der Zeile nichts angegeben, wird der interne EAGLE-Texteditor verwendet.

Bitte beachten Sie die Hinweise zur Verwendung eines externen Editors in der Hilfefunktion unter *Editor-Fenster/Text-Editor*.

Kapitel 5
Grundlegendes für die Arbeit mit EAGLE

5.1 Möglichkeiten der Befehlseingabe

In EAGLE werden die Befehle üblicherweise über Icons und Menüpunkte aktiviert und dann durch Anklicken eines Objekts ausgeführt. Aber es gibt auch weitere Möglichkeiten.

Wege der Befehlseingabe im Schaltplan-, Layout- und Bibliotheks-Editor:

- Anklicken des Befehls-Icons
- per Textbefehl über die Kommandozeile
- mit Hilfe des Kontextmenüs
- mit Funktionstasten
- über Script-Dateien
- über User-Language-Programme

In allen Fällen ist die Kenntnis der EAGLE-Kommandosprache erforderlich, deren Syntax im anschließenden Abschnitt beschrieben ist.
Die genaue Beschreibung aller Befehle finden Sie in den EAGLE-Hilfe-Seiten.

Befehl aktivieren und Objekt wählen

Bei der klassischen Bedienweise wird zuerst der Befehl aktiviert und dann das Objekt selektiert, auf das man den Befehl anwenden will. Man aktiviert zum Beispiel erst den Befehl MOVE, indem man auf das entsprechende Icon in der Befehlsleiste klickt, oder den Befehl aus einem der Menüs wählt, und klickt dann auf das Objekt, das man bewegen möchte.

Kommandozeile

Alternativ zum Anklicken der Befehls-Icons kann man die Befehle über die Kommandozeile eines Editor-Fensters eingeben. Man kann Befehle und andere Schlüsselwörter abkürzen, solange sie eindeutig sind. Außerdem spielt Groß- und Kleinschreibung keine Rolle. So versteht EAGLE anstelle des vollständigen Befehls

```
CHANGE WIDTH 0.024
```

auch

cha wi 0.024

Werte sind immer mit Dezimalpunkt einzugeben.

Die aktuelle Einheit ist im GRID-Menü eingestellt. Sie können aber auch die Einheit direkt und unabhängig vom gerade eingestellten Raster mit dem Wert angeben:

CHANGE WIDTH 0.6MM

oder

CHA WID 24mil

In der Kommandozeile können fast alle Befehle mit Koordinatenangaben ausgeführt werden.

Beispiele:

MOVE `IC1>VALUE (2.50 1.75);`

Der Value-Platzhalter des Bauteils IC1 wird an die Position 2.50 1.75 im Layout geschoben (vorausgesetzt er wurde vorher mit SMASH losgelöst). Die Koordinatenangabe bezieht sich hier auf das aktuell eingestellte Raster.

MIRROR `U1;`

Das Bauteil U1 wird auf die Unterseite der Platine gespiegelt.

HOLE `3.2 (5 8.5);`

Eine Bohrung mit Bohrdurchmesser 3.2 wird an der Position 5 8.5 platziert.

VIA `'GND' 0.070 round (2.0 3.0);`

Eine zum Signal GND gehörende, runde Durchkontaktierung mit einem Durchmesser von 0.070 wird an die Position 2.0 3.0 gesetzt.

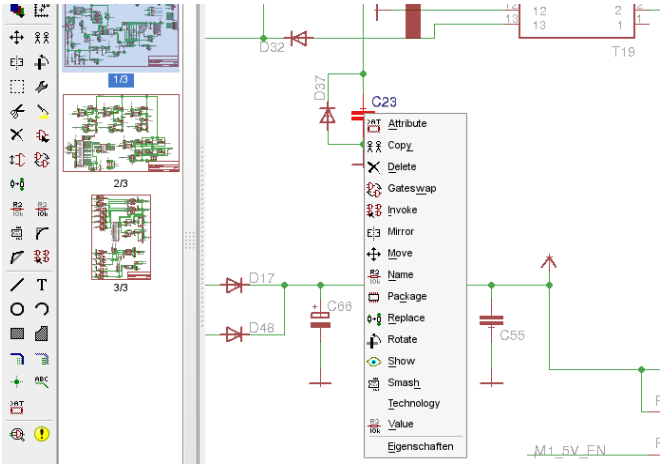
History-Funktion

Mit den Tasten Pfeil-nach-oben (↑) und Pfeil-nach-unten (↓) kann man die zuletzt eingegebenen Befehle wählen und editieren. Die Esc-Taste löscht die Zeile.

Das Kontextmenü

Eine andere Bedienmöglichkeit arbeitet mit einem objektspezifischen Kontextmenü. Man klickt dabei zuerst mit einem rechten Mausklick auf das Objekt und wählt dann aus dem Kontextmenü den Befehl, der angewendet werden soll.

Das Kontextmenü bietet alle Befehle an, die auf das gewählte Objekt angewendet werden können. Außerdem kann man sich auch die *Eigenschaften* des Objekts anzeigen lassen. Manche davon kann man direkt ändern.



➢ ***Das Kontextmenü für ein Bauteil im Schaltplan***

Funktionstasten

Beliebige Tasten auch in Kombination mit *Alt*, *Ctrl* und *Shift* (in der Mac-Version auch *Cmd*) lassen sich mit Texten belegen, sofern Sie nicht vom Betriebssystem oder einem Linux-Window-Manager (z. B. `F1` für Hilfe) verwendet werden. Wird eine Funktionstaste gedrückt, entspricht das der Eingabe des Textes über die Tastatur. Da jeder Befehl als Text eingegeben werden kann, lässt sich auch jeder Befehl einschließlich bestimmter Parameter auf eine Funktionstaste legen. Sogar ganze Befehlssequenzen können auf diese Weise einer Funktionstaste zugeordnet werden.

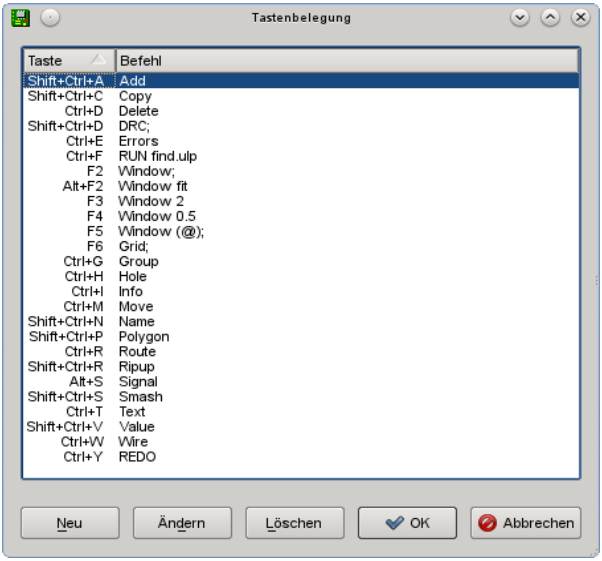
Der Befehl

ASSIGN

zeigt die aktuelle Belegung der Funktionstasten. Im Assign-Fenster können Änderungen in der Tastenbelegung durchgeführt werden.
Über die Schaltfläche *Neu* können Sie neue Tastenbelegungen definieren. Ein Klick auf *Löschen* entfernt einen markierten Eintrag, *Ändern* modifiziert eine vorhandene Definition. *OK* schließt das Fenster und speichert die Definitionen.

Diese Einstellungen können auch über das Menü *Optionen/Tastenbelegung* im Schaltplan- oder Layout-Editor getroffen werden.

Sollen bestimmte Tastenbelegungen dauerhaft vordefiniert werden, kann man den ASSIGN-Befehl auch in der Datei *eagle.scr* (siehe Seite 135) verwenden.



➢ ***Der Dialog des Assign-Befehls***

Beispiele:

Die Tastenkombination *Ctrl+Shift+*G stellt ein 0.127mm-Raster dar:

```
ASSIGN CS+G 'GRID MM 0.127 ON;' ;
```

Die Tastenkombination *Alt+F6* wechselt in den Top-Layer und aktiviert den ROUTE-Befehl:

```
ASSIGN A+F6 'LAYER TOP; ROUTE';
```

Die Tastenkombination *Alt+*R blendet zuerst nur die Layer Top, Pads, Vias und Dimension ein und startet dann den Ausdruck an den Standarddrucker:

```
ASSIGN A+R 'DISPLAY NONE 1 17 18 20; PRINT;';
```

Die Modifier `A`, `C`, `M` und `S` stehen für die Tasten *Alt*, *Ctrl*, *Cmd* (nur Mac OS-X) und *Shift*.

Die Tastenkombination *Alt+0* holt immer das Control Panel in den Vordergrund. Die Kombinationen *Alt+1* bis *9* sind den verschiedenen Editor-Fenstern entsprechend der Fensternummer, die in der jeweiligen Titelzeile angezeigt wird, zugeordnet.

Script-Dateien

Script-Dateien sind ein überaus leistungsfähiges Werkzeug. Sie können längere Befehlssequenzen, etwa die Einstellung bestimmter Farben und Füllmuster für alle Layer, wie beispielsweise in *defaultcolors.scr* enthalten, aber auch Netzlisten, die zum Beispiel von Daten anderer Programme konvertiert wurden.

Zur Ausführung von Script-Dateien dient der SCRIPT-Befehl.

Viele User-Language-Programme (ULP) erzeugen Script-Dateien, die zur Modifikation eines Layouts oder Schaltplans eingelesen werden können.

EAGLE kann mit dem EXPORT-Befehl zum Beispiel eine komplette Bibliothek als Script-Datei ausgeben (Option *Script*). Diese Datei kann man mit einem Texteditor bearbeiten und anschließend wieder einlesen. Damit lassen sich recht einfach Änderungen an einer Bibliothek durchführen.

Weitere Informationen zu Script-Dateien und Export-Befehl finden Sie später in diesem Kapitel.

Gemischte Eingabe

Die verschiedenen Arten der Befehlseingabe lassen sich auch gemischt verwenden.

Sie können beispielsweise das Icon des CIRCLE-Befehls anklicken (das entspricht der Eingabe von `CIRCLE` in der Kommandozeile) und anschließend die Koordinaten des Kreismittelpunkts und eines Punktes auf dem Kreisumfang in der Form

(2 2) (2 3) ←

in die Kommandozeile eintippen.

Mit den oben verwendeten Werten würde bei eingestellter Einheit *Inch* ein Kreis mit Radius 1 Inch um den Punkt (2 2) entstehen. Ob der CIRCLE-Befehl per Icon oder per Kommandozeile eingegeben wird, spielt keine Rolle.

> *Manche EAGLE-Befehle werden mit gedrückter Shift, Alt oder Ctrl-Taste angewendet. Unter Mac OS-X verwenden Sie bitte statt der Ctrl-Taste die Cmd-Taste.*

5.2 Die EAGLE-Kommandosprache

Die Kenntnis der EAGLE-Kommandosprache ist für Sie nur dann erforderlich, wenn Sie die im vorangegangenen Abschnitt besprochenen alternativen Eingabemöglichkeiten nutzen wollen.

In diesem Abschnitt wird die Syntax der EAGLE-Kommandosprache erklärt, und es werden typografische Festlegungen getroffen, die zum Verständnis wichtig sind.

Typographische Konventionen

Enter-Taste und Strichpunkt

Wenn EAGLE-Befehle in die Kommandozeile eingegeben werden, sind sie mit der Enter-Taste abzuschließen. In manchen Fällen muss ein Befehl am Ende einen Strichpunkt enthalten, damit EAGLE weiß, dass keine Parameter mehr folgen.

In Script-Dateien muss jede Befehlszeile mit einem Strichpunkt beendet werden.

An manchen Stellen wird die Enter-Taste in diesem Handbuch mit dem Zeichen ← symbolisiert.

In den folgenden Beispielen wird jedoch weder das Enter-Zeichen noch der Strichpunkt angegeben, da man alle Befehle sowohl in der Kommandozeile als auch in Script-Dateien verwenden kann.

Fettschrift oder Großbuchstaben

Befehle und Parameter in GROSSBUCHSTABEN werden direkt eingegeben. Bei der Eingabe werden Groß- und Kleinbuchstaben nicht unterschieden.
Beispiel:

Syntax:

```
GRID LINES
```

Eingabe:

GRID LINES oder grid lines

Kleinbuchstaben

Parameter in Kleinbuchstaben werden durch Namen, Zahlenwerte oder Schlüsselwörter ersetzt. Beispiel:

Syntax:

```
GRID grid_size grid_multiple
```

Eingabe:

```
GRID 1 10
```

Hier wird das Raster auf 1 mm eingestellt (Voraussetzung: Die gegenwärtige Einheit ist mm). Jede zehnte Rasterlinie ist sichtbar. Die Zahlen 1 und 10 werden als aktuelle Werte anstelle der Platzhalter *grid_size* und *grid_multiple* eingesetzt.

Unterstreichungszeichen

In Parameter-Bezeichnungen und Schlüsselwörtern wird aus Gründen der optisch klareren Darstellung oft das Unterstreichungszeichen (_) benutzt. Bitte verwechseln Sie es nicht mit dem Leerzeichen. Wie aus obigem Beispiel ersichtlich, ist *grid_size* ein einziger Parameter und *grid_multiple* ebenfalls.

Enthält ein Schlüsselwort ein Unterstreichungszeichen, etwa COLOR_LAYER im Befehl

```
SET COLOR_LAYER layer_name color_word
```

dann ist das Zeichen wie jedes andere mit einzugeben. Beispiel:

```
SET COLOR_LAYER BOTTOM BLUE
```

Leerzeichen

Wo ein Leerzeichen stehen darf, können beliebig viele Leerzeichen stehen.

Alternative Parameter

Das Zeichen | bedeutet, dass es alternative Parameter gibt.

Beispiel:

Syntax:

```
SET BEEP ON|OFF
```

Eingabe:

```
SET BEEP ON
```

oder

```
SET BEEP OFF
```

Der Piep, ausgelöst bei bestimmten Aktionen, wird ein- oder ausgeschaltet.

Wiederholungspunkte

Die Zeichen **..** bedeuten, dass die Funktion mehrfach ausgeführt werden kann bzw. dass mehrere Parameter vom gleichen Typ erlaubt sind. Beispiel:

Syntax:

```
DISPLAY option layer_name..
```

Eingabe:

```
DISPLAY TOP PINS VIAS
```

Alternativ darf auch die Layernummer verwendet werden:

```
DISPLAY 1 17 18
```

Hier werden mehrere Layer eingeblendet.

Soll ein Layer (hier Bottom) ausgeblendet werden:

```
DISPLAY -16
```

Mausklick

Das Zeichen • bedeutet normalerweise, dass an dieser Stelle im Befehl mit der linken Maustaste ein Objekt anzuklicken ist.

Beispiel:

```
MOVE • •
```

Eingabe:

```
MOVE ←  (oder Icon anklicken)
Mausklick auf erstes zu bewegendes Objekt
Mausklick auf Ziel
Mausklick auf zweites zu bewegendes Objekt
usw.
```

An diesem Beispiel sehen Sie auch, wie die Wiederholungspunkte bei Befehlen mit Mausklicks zu verstehen sind.

Koordinatenangaben in Textform

Für das Programm stellt jeder Mausklick eine Koordinatenangabe dar. Will man Befehle in der Kommandozeile textuell eingeben, dann kann man anstelle des Mausklicks die Koordinaten über die Tastatur in folgender Form eingeben:

(x y)

Dabei sind x und y Zahlen in der mit dem GRID-Befehl gewählten Einheit. Diese Eingabemöglichkeit ist insbesondere für Script-Dateien erforderlich.

Mit `(@)` können Sie die Koordinaten der aktuellen Mauszeiger-Position in einem Befehl angeben. Beispiel:

```
WINDOW (@);
```

Beispiele für die Koordinatenangabe in Textform:

Sie wollen Platinenumrisse mit exakten Maßen eingeben.

```
GRID MM 1;
LAYER DIMENSION;
LINE 0 (0 0) (160 0) (160 100) (0 100) (0 0);
GRID LAST;
```

Zunächst wird auf ein 1-mm-Raster umgeschaltet. Danach wechselt man in den *Dimension*-Layer. Der LINE-Befehl schließlich stellt zunächst die Linienbreite auf 0 ein und zeichnet dann mit Hilfe der vier Koordinatenangaben ein Rechteck. Der letzte Befehl stellt das vorher gewählte Raster wieder ein, da man Platinen normalerweise im Zollraster entwirft.

Relative Angaben

Koordinatenangaben können auch relativ in der Form (R x y) zu einem Bezugspunkt, der vorher über MARK gesetzt wurde, eingegeben werden. Setzt man keinen Bezugspunkt, gilt der absolute Koordinatennullpunkt.

Ein Via wird relativ zum Bezugspunkt gesetzt:

```
GRID MM 0.5;
MARK (20 10);
VIA (R 5 12.5);
MARK;
```

Zuerst wird das Raster auf Millimeter eingestellt, dann ein relativer Nullpunkt an der Koordinate (20 10) gesetzt. Das Via wird relativ zum gesetzten Referenzpunkt im Abstand x = 5 und y = 12.5 platziert. Anschließend wird der Bezugspunkt wieder gelöscht.

Polare Angaben

Polarkoordinaten werden in der Form (P Radius Winkel) angegeben.

```
GRID MM;
MARK (12.5 7.125);
LAYER 21;
CIRCLE (R 0 0) (R 0 40);
PAD (P 40 0);
```

```
PAD (P 40 120);
PAD (P 40 240);
```

In diesem Beispiel setzt man den Referenzpunkt auf (12.5 7.125). Anschließend wird an dieser Stelle im Layer 21 *tPlace*, ein Kreis mit Radius 40 mm gezeichnet. Auf der Kreislinie werden drei Pads im Winkel von je 120 Grad platziert.
Hier wird der Kreis mit der Angabe von relativen Koordinaten erzeugt. So braucht man sich keine Gedanken über einen absoluten Koordinatenwert auf der Kreislinie für das zweite Koordinatenpaar machen.

Rechter Mausklick

Mit dem >-Zeichen in der Klammer, stellt man den rechten Mausklick dar. So kann man auch per Script eine Gruppe beispielsweise verschieben:

```
MOVE (> 0 0) (10 0);
```

Eine vorher gewählte Gruppe wird um 10 Einheiten in x-Richtung verschoben.

Modifier

Innerhalb der Klammern können verschiedene Modifier verwendet werden. Bei Kombinationen ist die Reihenfolge beliebig.
Folgende Modifier sind erlaubt:

`A` steht für die gedrückte *Alt*-Taste, das alternative Raster

`C` steht für die gedrückte *Ctrl*-Taste (*Strg*), Mac OS-X: *Cmd*

`S` steht für die gedrückte *Shift*-Taste

`R` relative Koordinatenangabe

`P` polare Koordinatenangabe

> rechter Mausklick

C und S bewirken bei verschiedenen Befehlen unterschiedliche Verhaltensweisen. Informationen dazu finden Sie beim jeweiligen Befehl in der Hilfe-Funktion.

Falls die Befehle in einer Script-Datei verwendet werden, ist jeder einzelne mit einem Strichpunkt abzuschießen. Auf den Strichpunkt kann man verzichten, wenn man die Befehle über die Tastatur eingibt und mit der Enter-Taste abschließt.

Beispiele:
Ein Bauteil soll auf eine bestimmte Position geschoben werden.

```
GRID MM 1;
MOVE IC1 (120 25) ;
```

Alternativ könnte man auch die Koordinate des Objekts angeben:

```
MOVE (0.127 2.54) (120 25);
```

IC1 liegt auf dem Punkt (0.127 2.54) und wird nach Position (120 25) verschoben.
Die aktuelle Position eines Bauteils erfahren Sie über den INFO-Befehl:

```
INFO IC1;
```

Bei der Definition eines Symbols wird ein Pin an einer bestimmten Stelle platziert.

```
PIN 'GND' PWR NONE SHORT R180 (0.2 0.4) ;
```

Sie zeichnen eine Sperrfläche im Layer 41 *tRestrict* als Rechteck:

```
LAYER TRESTRICT;
RECT (0.5 0.5) (2.5 4) ;
```

5.3 Raster und aktuelle Einheit

Das kleinste mögliche Raster ist 0,003125 μm..

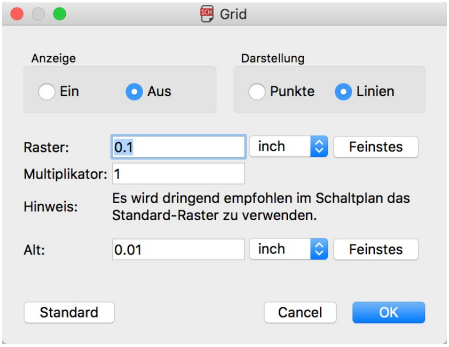
Als Einheit können Sie Micron (μm), Mil (1/1000inch), Zoll (Inch) und Millimeter (mm) verwenden. Die im GRID-Befehl eingestellte aktuelle Einheit gilt für alle angegebenen Werte.

> *Bei Schaltplänen sollten Sie immer das voreingestellte Raster von 0.1 Inch verwenden! Halten Sie dieses Raster auch bei der Definition von Schaltplan-Symbolen im Bibliotheks-Editor ein!*

Beim Anlegen von Platinen und Bibliotheken sollte man sich vorher Gedanken machen, welches oder welche Raster man zugrunde legt. Auf das Platzierungsraster der Platine wird nur der Ursprung des Package gezogen. Alle anderen Objekte des Gehäuses (z. B. die Pads) liegen auch in der Platine relativ zu diesem Punkt, genau so wie in der Bibliothek definiert.

> *Grundsätzlich gilt für Platinen: Das Raster immer so groß wie möglich und so klein wie nötig wählen.*

Für die verschiedenen Editorfenster können unterschiedliche Raster voreingestellt werden. Dieses legt man in der Datei *eagle.scr* fest (siehe Seite 128ff).



➤ ***Das Grid-Menü***

Im Grid-Menü bestimmt man das aktuelle *Raster* in der Einheit, die in der Kombo-Box rechts gewählt wurde.

Die Option *Multiplikator* gibt an wie viele Rasterlinien angezeigt werden sollen. Trägt man bei *Multiplikator* zum Beispiel den Wert 5 ein, wird jede fünfte Linie angezeigt.

Unter *Alt:* kann man ein alternatives Raster einstellen, das mit gedrückter *Alt*-Taste aktiviert wird (z. B. bei MOVE, ROUTE, ADD, LINE). Das kann beispielsweise beim Platzieren von Bauteilen in einem komplexen Layout oder zum Positionieren eines Labels im Schaltplan sehr nützlich sein. Lassen Sie die *Alt*-Taste vor dem Absetzen wieder los, springt das Objekt in das ursprüngliche Raster zurück.

Die Raster-*Darstellung* kann als *Punkte* oder *Linien* erfolgen. Unter *Anzeige* schaltet man das Raster *Ein* bzw. *Aus*.
Ein Klick auf *Feinstes* stellt das feinste mögliche Raster ein.
Über *Standard* werden die Standardwerte für den Editor eingestellt.

Ab einer bestimmten Zoomstufe werden die Rasterlinien in der Zeichenfläche nicht mehr dargestellt. Diese Grenze kann über das Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes* unter *Min. sichtbare Rastergröße* variiert werden.

Für Rasterlinien und Rasterpunkte können beliebige Farben zugeordnet werden. Klicken Sie unter *Optionen/Einstellungen/Farben* auf das Farbfeld der entsprechenden Farbpalette (je nach Hintergrundfarbe) und wählen Sie für die Rasterpunkte bzw. Rasterlinien die gewünschte Farbe aus. Alternativ kann man den SET-Befehl in der Kommandozeile verwenden:

```
SET COLOR_GRID BLUE
```

setzt die Rasterfarbe auf blau.

Statt des Farbnamens kann man auch die Farbnummer angeben. Diese darf zwischen 0 und 63 liegen. Die resultierende Farbe ist abhängig von den (selbst-)definierten Farben der aktuellen Palette.

Weitere Hinweise zur Farbdefinition ab Seite 131.

5.4 Aliase für DISPLAY, GRID und WINDOW

Für die Befehle DISPLAY, GRID und WINDOW ist es möglich, so genannte Aliase zu definieren. Dabei handelt es sich um einen Parametersatz, den man unter einem beliebigen Namen hinterlegen und dem Befehl übergeben kann. Ein Alias kann durch einen rechten Mausklick oder einen etwas länger gehaltenen linken Mausklick auf eines der Befehls-Icons erreicht werden.

Die Aliase werden separat für Schaltplan, Board und Library in der Datei *eaglerc* gespeichert und stehen somit für alle Schaltpläne, Boards und Bibliotheken zur Verfügung.

Beispiel: DISPLAY-Alias

- Blenden Sie im Layout-Editor über DISPLAY die gewünschten Layer ein, zum Beispiel *Top*, *Pads*, *Vias* und *Dimension*
- Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das DISPLAY-Icon und es erscheint ein Popup-Menü
- Wählen Sie daraus den Eintrag *Neu..*
- Geben Sie den Namen für den Alias im Fenster ein, zum Beispiel *Top-Ansicht*
- Klick auf *OK*

Ab jetzt befindet sich im Popup-Menü des DISPLAY-Befehls der Eintrag *Top-Ansicht*.

Der Alias kann auch über die Kommandozeile angesprochen werden:

`DISPLAY TOP-ANSICHT` oder `disp top-a`

Groß-/Kleinschreibung spielt dabei keine Rolle. Der Alias darf abgekürzt werden, solange er eindeutig ist.

Es können beliebig viele Aliase definiert werden.

Mit `DISPLAY LAST` in der Kommandozeile oder über den Eintrag *Last* im Popup-Menü schaltet man auf die zuletzt benutzte Layerauswahl um.

Details zu diesem Thema finden Sie in der Hilfe zum DISPLAY-Befehl.

Beispiel: GRID-Alias

Vorgehensweise und Funktion sind identisch mit der des DISPLAY-Befehls. Stellen Sie in einem Editor-Fenster das gewünschte Raster ein, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das GRID-Icon und definieren Sie im Popup-Menü über *Neu..* den Alias.

Ein Alias kann alternativ direkt über die Kommandozeile definiert werden. Für den GRID-Befehl könnte das so aussehen:

```
GRID = MeinRaster mm 0.25 lines on
```

Mit dem Befehl

grid meinraster oder auch kurz gri mei

wird der Alias angewendet. Groß-/Kleinschreibung spielt keine Rolle, der Alias darf auch abgekürzt werden.

Beispiel: WINDOW-Alias

Der WINDOW-Befehl erlaubt es, einen bestimmten Bildausschnitt als Alias zu definieren. Dadurch kann man bestimmte Bildausschnitte schnell erreichen bzw. wiederherstellen. Das Definieren eines WINDOW-Alias funktioniert im Prinzip genauso, wie im DISPLAY-Beispiel vorher beschrieben:

- Wählen Sie im Editor-Fenster den gewünschten Bildausschnitt
- Rechtsklick auf das *Select*-Icon des WINDOW-Befehls öffnet das Popup-Menü
- Klicken Sie auf *Neu...* und geben Sie einen Aliasnamen an

Angenommen der Aliasname lautet *LinksOben*, so können Sie über den Befehl

WINDOW LINKSOBEN oder win linkso

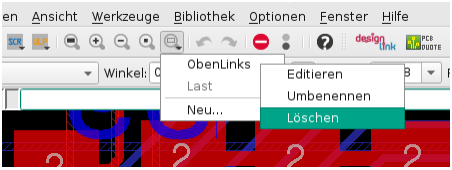
in der Kommandozeile den Ausschnitt jederzeit wieder herstellen. Alternativ klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das *Select*-Icon des WINDOW-Befehls in der Aktionsleiste und wählen den Eintrag *LinksOben* aus dem Menü.

> *In einem mehrseitigen Schaltplan wird der Alias immer auf dem aktuell dargestellten Blatt ausgeführt, egal auf welcher Seite er ursprünglich definiert wurde.*

Editieren, Umbenennen, Löschen eines Alias

Wird ein Alias nicht mehr benötigt, kann man ihn über das Popup-Menü des entsprechenden Befehls-Icons löschen. Klicken Sie mit der rechten Maustaste zuerst auf das Befehls-Icon, um das Popup-Menü zu öffnen, dann mit der rechten Maustaste auf den Aliasnamen und wählen Sie aus dem Kontextmenü die Option *Löschen*.

Das *Umbenennen* oder *Editieren* erfolgt in derselben Weise.



➢ ***Löschen eines WINDOW-Alias***

Alternativ kann man diese Aktionen auch über die Kommandozeile erledigen. Informationen dazu finden Sie in der Hilfe zu den Befehlen DISPLAY, GRID und WINDOW.

5.5 Namen und automatische Namensgebung

Länge

Namen dürfen im EAGLE beliebig lang sein. Es gibt keine praktische Begrenzung.

Verbotene Zeichen und Sonderzeichen

Leerzeichen, Strichpunkt und Umlaute sind in allen Namen verboten. Hochkommas und andere (exotische) Zeichen, die einen ASCII-Code über 127 haben, sollten möglichst vermieden werden.

In Device-Namen sollte kein Fragezeichen bzw. Stern vorkommen, da diese Zeichen als Platzhalter für Package-Variante (?)und Technology (*)stehen.

In Pad-Namen sind Kommas zu vermeiden.

Teil-Bus-Namen dürfen keine Doppelpunkte, Kommas und eckige Klammern enthalten.

Das Ausrufezeichen hat in Texten eine Sonderfunktion. Es startet und beendet überstrichenen Text. Beispiele dazu finden Sie in der Hilfefunktion zum TEXT-Befehl. Soll das Ausrufezeichen im Text erscheinen, muss ein Backslash (\ ) vorangestellt werden.

Wenn der Backslash in einem Namen oder Text dargestellt werden soll, müssen Sie diesen, zum Beispiel beim NAME- oder TEXT-Befehl, zweimal hintereinander eintippen.

Automatische Namensgebung

Wird in einem der Befehle PIN, PAD, SMD, NET, BUS oder ADD ein Name mit angegeben, dann werden weitere Namen davon abgeleitet, solange der Befehl aktiv ist.

Der Name wird einfach vor dem Platzieren des Objekts (während es an der Maus hängt) über die Kommandozeile eingetippt. Beachten Sie, dass der Name in einfache Hochkommas gesetzt werden muss. Die Eingabe wird mit der Enter-Taste (←) abgeschlossen.

Die Beispiele demonstrieren, wie die automatische Namensvergabe wirkt:

ADD DIL14 'U1' ← • • •

holt drei Bauteile vom Typ DIL14 in die Platine und vergibt an sie die Namen U1, U2 und U3 (• entspricht einem Mausklick).

PAD OCT '1' ← • • • •

platziert vier achteckige Pads mit den Namen 1, 2, 3, und 4.

Besteht der Name nur aus einem Zeichen von A...Z, dann erhalten die folgenden Objekte den im Alphabet folgenden Buchstaben als Name:

ADD NAND 'A' ← • • • •

holt vier NAND-Gatter mit den Namen A, B, C und D. Erreicht der generierte Name den Wert Z, dann werden wieder Namen mit dem Default-Präfix erzeugt (z. B. G$1).

5.6 Import und Export von Daten

EAGLE stellt eine Reihe von Werkzeugen für den Datenaustausch bereit.

- Script-Dateien für den Import
- Export-Befehl für den Export
- EAGLE User-Language-Programme für Import und Export.

Die User-Language ist sehr flexibel, setzt aber die Erstellung eines geeigneten Programms voraus. Näheres dazu erfahren Sie im Abschnitt *Die EAGLE-User-Language*.

Script-Dateien und Datenimport

Der SCRIPT-Befehl stellt dem EAGLE-Anwender eine universelle Schnittstelle für den Datenimport zur Verfügung.

Da sich jede EAGLE-Operation mit Hilfe von Textbefehlen ausführen lässt, können Sie mit Hilfe einer Script-Datei beliebige Daten importieren. Eine Script-Datei kann auch weitere Script-Dateien aufrufen.

Script-Dateien lassen sich mit einem einfachen Texteditor erzeugen.
Voraussetzung für den Entwurf eigener Script-Dateien ist, dass Sie die EAGLE-Kommandosprache verstehen. Die genaue Funktionsweise und die Syntax der einzelnen Befehle finden Sie in den EAGLE-Hilfe-Seiten.

Ein einfaches Beispiel ist die Datei *euro.scr* im Verzeichnis *eagle/scr*, die Umrisse einer Europakarte mit Begrenzungswinkeln zeichnet.

Soll beispielsweise eine Netzliste in eine Platine importiert werden, die bereits die entsprechenden Bauelemente enthält, dann ist eine Script-Datei der folgenden Form erforderlich:

```
SIGNAL GND IC1 7 IC2 7 J4 22 ;
SIGNAL VCC IC1 14 IC2 14 J4 1 ;
```

So ein *Netscript* lässt sich einfach mit dem EXPORT-Befehl aus einem Schaltplan erzeugen (Menü *Datei/Exportieren/Netscript*) und anschließend in das Layout importieren.

Einen weiteren Eindruck von der Leistungsfähigkeit dieses Import-Konzepts erhalten Sie, wenn Sie eine Bibliothek mit dem EXPORT-Befehl als Script-Datei ausgeben (*Datei/Exportieren/Script*) ausgeben. Die erzeugte Script-Datei dient als lehrreiches Beispiel für die Syntax der Script-Sprache. Sie kann mit einem beliebigen Texteditor betrachtet werden. Wird diese Datei

über SCRIPT anschließend in eine leere Bibliothek eingelesen, entsteht eine neue Bibliotheksdatei.

Kommentare dürfen nach einem #-Zeichen stehen.

Über das Stop-Icon in der Aktionsleiste kann man das Ausführen einer Script-Datei abbrechen.

Das Menü *Datei/Importieren* bietet eine weitere Option zum Import von Daten aus *P-CAD/Altium/Protel*. Es können Daten aus diesen Layout-Systemen übernommen werden, wenn diese im *ACCEL-ASCII*-Format erzeugt wurden. Weitere Informationen und Hilfe finden Sie beim Aufruf der Funktion.

Datenexport mit dem EXPORT-Befehl

Der EXPORT-Befehl beziehungsweise das Menü *Datei/Exportieren...* bietet je nach Editor-Fenster folgende Möglichkeiten:

NETLIST

Gibt eine Netzliste des geladenen Schaltplans oder der geladenen Platine aus. Sie kann zur Kontrolle der Verbindungen in der Zeichnung verwendet werden.

Mit Hilfe von verschiedenen User-Language-Programmen kann man auch andere Formate erzeugen.

NETSCRIPT

Gibt die Netzliste des geladenen Schaltplans in Form einer Script-Datei aus. Diese Datei kann über den SCRIPT-Befehl in ein Layout eingelesen werden. Das ist unter Umständen sinnvoll, wenn zwischen Schaltplan und Layout Unterschiede in der Signalführung bestehen.
Zuerst löschen Sie mit dem Befehl DELETE SIGNALS alle Signale. Dabei gehen alle verlegten Leiterbahnen verloren! Erzeugen Sie dann aus dem Schaltplan das *Netscript* und lesen Sie es mit Hilfe des SCRIPT-Befehls in das Layout ein. Jetzt stimmen die Netzlisten von Schaltplan und Layout wieder überein.

PARTLIST

Gibt eine Bauteileliste des Schaltplans oder der Platine aus.

PINLIST

Gibt eine Pin/Pad-Liste des Schaltplans oder der Platine aus, in der die angeschlossenen Netze aufgeführt sind.

SCRIPT

Gibt die geladene Bibliothek in Form einer Script-Datei aus. Dieses Script kann mit Hilfe eines Texteditors modifiziert werden um beispielsweise eine benutzerspezifische Bibliothek zu erzeugen, oder um Teile einer Bibliothek in eine andere zu kopieren. Die bearbeitete Script-Datei kann mit dem SCRIPT-

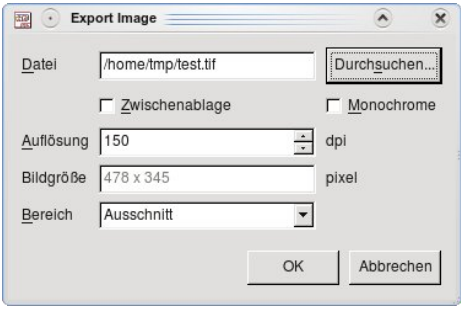
Befehl in eine neue oder bereits existierende Bibliothek eingelesen werden. Dieses Script dient auch als lehrreiches Beispiel für die Syntax der EAGLE-Kommandosprache.
Um Ungenauigkeiten zu vermeiden, wird die Grid-Einheit im Script automatisch auf Millimeter gesetzt.

IMAGE

Über die Option *Image* kann man verschiedene Grafikdaten erzeugen.

Folgende Formate können exportiert werden:

bmp	Windows-Bitmap-Datei
png	Portable-Network-Graphics-Datei
pbm	Portable-Bitmap-Datei
pgm	Portable-Grayscale-Bitmap-Datei
ppm	Portable-Pixelmap-Datei
tif	Tag-Image-File-Format-Datei
xbm	X-Bitmap-Datei
xpm	X-Pixmap-Datei



➢ ***Einstellungen zur Grafikausgabe***

Klicken Sie auf die Schaltfläche *Durchsuchen*, wählen Sie den Pfad der Grafikdatei und geben Sie den Dateinamen mit der Dateiendung an. Diese bestimmt das Grafikformat der Ausgabedatei.

Soll eine Schwarzweiß-Grafik erzeugt werden, aktivieren Sie die Option *Monochrome*. Die Option *Zwischenablage* erzeugt keine Datei, sondern lädt die Grafik in die Zwischenablage.

Wählen Sie eine *Auflösung* in dpi. Die resultierende Größe der Grafik wird im Feld *Bildgröße* angezeigt.

In der Zeile *Bereich* können Sie zwischen *Alles* und *Ausschnitt* wählen. *Alles* exportiert die ganze Zeichnung, *Ausschnitt* gibt nur den im Editor-Fenster sichtbaren Bereich aus.

Weitere Grafikformate, wie zum Beispiel HPGL, Postscript (PS) oder Encapsulated Postscript (EPS) können mit Hilfe des CAM-Prozessors erzeugt werden. Über das User-Language-Programm dxf.ulp kann man Daten im DXF-Format generieren. Mit PRINT kann man PDF-Dateien erzeugen.

LIBRARIES

Erzeugt Bibliotheken mit den Devices und Packages, die in der geladenen Schaltplan- bzw. Boarddatei verwendet wurden.
Geben Sie im Dialog den Pfad an, in dem die Bibliotheksdateien erzeugt werden sollen. Bitte achten Sie darauf, dass Ihre originalen Dateien nicht überschrieben werden. Diese Funktion erlaubt es, in der Zeichnung verwendete Bauteile zu extrahieren und ggf. zu modifizieren, oder auch in eigene Bibliotheksdateien zu übernehmen. Diese Funktion wird durch das User-Language-Programm *exp-lbrs.ulp* ausgeführt.

STEP

EAGLE erzeugt aus dem Layout ein 3D-STEP-Modell mit Hilfe des Cloud-Services von Fusion Sync.

5.7 Die EAGLE-User Language

EAGLE enthält einen Interpreter für eine C-ähnliche Benutzersprache. Damit kann man auf beliebige EAGLE-Daten und seit Version 4 auch auf externe Daten zugreifen. In sehr weiten Grenzen kann man Daten aus EAGLE exportieren oder verschiedenste Daten in EAGLE importieren.
ULPs können zum Beispiel eine Layout-Datei oder eine Bibliothek über das Ausführen einer zuvor erzeugten Script-Datei, manipulieren. In der Script-Datei stehen die entsprechenden Befehle zur Datenmanipulation. Die in die User-Language integrierte exit()-Funktion kann solche Befehle auch direkt ausführen.

Einen Eindruck über die Möglichkeiten der User-Language geben die mitgelieferten Programmbeispiele (**.ulp*). Diese finden Sie im ULP-Verzeichnis Ihrer Installation. Die Beschreibung der Funktionsweise eines ULPs finden Sie im Dateikopf, die auch im Control Panel angezeigt wird, bzw. beim Aufruf des Programms in der Usage-Box erscheint.

User-Language-Programme werden mit einem Texteditor geschrieben, der keine Steuerzeichen hinzufügt. Es gibt Texteditoren, die das sogenannte Syntax-Highlighting für die Programmiersprache C unterstützen. Diese Funktion kann helfen, die Struktur eines ULPs besser zu verstehen. Sie können in EAGLE einen externen Texteditor als Standard im Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* definieren.

Der Start eines ULPs erfolgt über den RUN-Befehl oder durch ziehen eines ULPs aus dem Control Panel in ein Editorfenster (Drag&Drop). Es kann über das Stop-Icon in der Aktionsleiste vorzeitig abgebrochen werden.

Ist das User-Language-Programm beendet, zeigt EAGLE ein Meldung in der Statuszeile: *Run: beendet.*

Eine genaue Beschreibung der Sprache finden Sie in den EAGLE-Hilfe-Seiten unter dem Stichwort *User Language*.

Typische Anwendungen für ULPs:

- Erzeugen von Stücklisten in beliebigen Formaten.
  Siehe auch Seite 343.
- Ausgeben von Grafikformaten.
- Datenausgabe für Bestückungsautomaten, In-Circuit-Tester usw.
- Anbindung an eine externe Datenbank.
- Manipulation des Bestückungsdrucks, der Lötstopmaske uvm.
- Importieren von Grafikdaten (zum Beispiel *import-bmp.ulp* für Logos oder ähnliches)

5.8 Forward&Back-Annotation

Eine Schaltplan-Datei und die zugehörigen Platinen-Datei sind durch die automatische Forward&Back-Annotation logisch verknüpft. Dadurch ist sichergestellt, dass Schaltplan und Platine zu jeder Zeit konsistent sind.

Sobald man aus einem Schaltplan über den BOARD-Befehl

ein Layout erzeugt, besteht Konsistenz zwischen den beiden Dateien. Jede Aktion im Schaltplan wird simultan im Layout ausgeführt. Platzieren Sie zum Beispiel ein neues Bauteil, erscheint im Layout am Rand der Platine das zugehörige Gehäuse. Verlegt man ein Netz, wird gleichzeitig im Layout die Signallinie gezeichnet. Bestimmte Operationen, etwa das Verlegen oder Löschen eines Signals, sind nur im Schaltplan erlaubt. Der Layout-Editor lässt diese Aktionen nicht zu und gibt eine entsprechende Meldung aus. Das Umbenennen von Bauteilen oder das Ändern von Values ist zum Beispiel in beiden Dateien erlaubt.

Eine weitere Beschreibung der technischen Zusammenhänge finden Sie in den EAGLE-Hilfe-Seiten.

Als Benutzer müssen Sie sich nicht weiter um diesen Mechanismus kümmern. Sie müssen lediglich sicherstellen, nicht an einem Schaltplan zu arbeiten, wenn vorher die zugehörige Platinen-Datei geschlossen wurde, und umgekehrt. Das heißt, beide Dateien müssen immer gleichzeitig geladen sein. Ansonsten verlieren Sie die Konsistenz, die Annotation kann nicht mehr funktionieren.

Sollten Sie dennoch einmal Platine und Schaltplan getrennt voneinander bearbeitet haben, überprüft der Electrical Rule Check (ERC) die Dateien beim Laden auf Konsistenz. Bestehen Unterschiede, öffnet sich ein ERC-Fehler-Fenster mit entsprechenden Meldungen zu Schaltplan und Layout. Wie Sie in diesem Fall weiter vorgehen sollten, wird ab Seite 240 im Kapitel 6.14 gezeigt.

5.9 EAGLE individuell konfigurieren

Es gibt eine Reihe von Einstellungen, die es erlauben EAGLE an individuelle Bedürfnisse anzupassen. Wir unterschieden zwischen programm-, benutzer- und projektspezifischen Einstellungen.

Grundeinstellungen des Programms, die für jeden Benutzer und für jedes neue Projekt gelten sollen, trifft man in der Datei ***eagle.scr***.
Persönliche Präferenzen werden in der Datei ***eaglerc*** gespeichert. Einstellungen, die nur für ein bestimmtes Projekt gelten, merkt sich EAGLE in der Projektdatei ***eagle.epf***.

Werte, die beispielsweise für eine bestimmte Platine gelten, wie die Design-Regeln, besondere Layerfarben, eigene neu definierte Layer oder die Rastereinstellung werden direkt in der Layout-Datei gespeichert. Das gilt natürlich auch für Schaltplan- und Bibliotheksdateien.

Konfigurationsbefehle

Die meisten Optionen werden über das *Optionen*-Menü der einzelnen EAGLE-Editor-Fenster konfiguriert.

Das Control Panel bietet Einstellungen zu den Verzeichnissen, zum Sichern von Dateien und zur Benutzeroberfläche. Diese Optionen finden Sie im Kapitel *Das Control Panel* unter dem Punkt *Optionen-Menü* ab Seite 64 beschrieben.

In den Einstellungen zur *Benutzeroberfläche* kann man zwischen dem Befehlsmenü (mit Icons) und einem frei konfigurierbaren Textmenü wählen. Der MENU-Befehl erlaubt eine freie (hierarchische) Konfiguration des Textmenüs über eine Script-Datei. Ein Beispiel dafür finden Sie im Anhang.

Das *Optionen*-Menü im Editorfenster von Schaltplan, Layout und Bibliothek bietet außer dem Punkt *Benutzeroberfläche* zwei weitere Einträge:
Tastenbelegung und *Einstellungen*.
Der ASSIGN-Befehl ändert und zeigt die Funktionstasten-Belegung. Hinweise dazu finden Sie auf Seite 111.
Mit dem SET-Befehl verändert man allgemeine Systemparameter.

Der CHANGE-Befehl ermöglicht verschiedene Voreinstellungen zu Objekteigenschaften.

Mit dem GRID-Befehl stellt man Raster und aktuelle Einheit ein.

Das Menü Optionen/Einstellungen (SET-Befehl)

Die gängigsten Optionen des SET-Befehls kann man im Fenster des Menüs *Optionen/Einstellungen* wählen. Das Fenster erreicht man auch über die Kommandozeile durch die Eingabe von:

```
SET
```

Nur ausgewählte Layer anzeigen

Die Anzahl der verfügbaren Layer, die im *Display*- bzw. *Layer*-Menü gezeigt werden, kann man über die Option *Used_Layers* bestimmen. So kann man Layer, die man nicht nutzen will, der Übersichtlichkeit halber ausblenden.

```
SET USED_LAYERS 1 16 17 18 19 20 21 23 25 27 29 31 44 45 51;
```

sorgt dafür, dass nur diese Layer erreichbar sind. Dauerhaft kann das in der Datei *eagle.scr* festgelegt werden.

```
SET USED_LAYERS ALL;
```

zeigt wieder alle Layer.

Kontextmenü

Das Kontextmenü, das Sie sich nach einem Rechtsklick auf ein Objekt öffnet, kann mit selbst-definierten Einträgen versehen werden. Der Eintrag kann einen einfachen Befehl, eine ganze Befehlssequenz oder auch eine Scriptdatei oder ein User-Language-Programm ausführen. Die Syntax des SET-Befehls sieht so aus:

```
SET CONTEXT objecttype text commands;
```

`objecttype`	kann sein: attribute, circle, dimension, element, frame, gate, hole, instance, junction, label, modinst, pad, pin, rectangle, smd, text, via, wire
`text`	der Menüeintrag
`commands`	der/die Befehle, die beim Anklicken ausgeführt werden

Beispiel:

```
SET CONTEXT wire Nach_unten 'change layer 16' ;
```

Das Kontextmenü für Wires (auch Polygone gehören diesem `objecttype` an) hat einen zusätzlichen Eintrag *Nach_unten*, der den Wire in Layer 16 legt.

Um alle selbst-definierten Einträge aus dem Kontextmenü eines bestimmten `objecttype` zu entfernen, verwenden Sie

```
SET CONTEXT wire ;
```

Um zurück zu den Standardinhalten aller Kontextmenüs zu kommen, verwenden Sie

```
SET CONTEXT ;
```

Inhalt der Parameter-Menüs

Die Parameter-Menüs für *Width, Diameter, Dline* (für Bemaßung), *Drill, SMD, Size, Isolate, Spacing* und *Miter,* erreichbar zum Beispiel über CHANGE, können mit Hilfe des SET-Befehls mit beliebigen Werten gefüllt werden. Geben Sie die Werte einfach durch Leerzeichen getrennt in der Kommandozeile an.

Beispiel für das *Miter*-Menü:

```
SET MITER_MENU 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 1 1.5 2 3 4;
```

Die Maßeinheit der angegebenen Werte wird durch die des aktuell eingestellten Rasters bestimmt. Es dürfen maximal 16 Einträge sein.

Beispiel für das *SMD*-Menü:

```
SET SMD_MENU 1.2mm 2.0mm 0.5mm 0.9mm 0.1in 0.14in;
```

Hier ist für jeden Eintrag der drei Wertepaare die Einheit angegeben. Es sind maximal 16 Wertepaare möglich.

Die Werte in den Menüs werden immer in der Einheit angezeigt, die aktuell mit GRID im Editor gewählt ist.

Schreiben Sie den SET-Befehl in die Datei *eagle.scr*, um die Einstellung auf alle zukünftigen Projekte anzuwenden.

Um die Standard-EAGLE-Menüs wieder herzustellen, lautet der Befehl, beispielsweise für das *Width*-Menü:

```
SET WIDTH_MENU ;
```

ROUTE-Befehl Einstellungen

Es gibt verschiedene Betriebsarten des ROUTE-Befehls:

```
SET OBSTACLE_MODE WALKAROUND;
```

ist standardmäßig ein. Wenn Sie ein vollständig manuelles Routing vorziehen (so wie es in früheren EAGLE-Versionen der Fall war), andern Sie die Einstellung zu

```
SET OBSTACLE_MODE IGNORE;
```

Das automatische Entfernen von redundanten Leiterbahnen, kann über

```
SET LOOP_REMOVAL ON;  oder  SET LOOP_REMOVAL OFF;
```

aktiviert bzw. deaktiviert werden.

Bevorzugen Sie eine übersichtliche Darstellung der Layer beim Verlegen von Leiterbahnen, aktivieren Sie den „Single Layer“-Modus. Dann wird der aktive Routing-Layer in Farbe, alle anderen Layer in grau dargestellt:

```
SET SINGLE_LAYER_MODE ON;
```

Mitteilungsdialoge automatisch bestätigen

Manchmal bringt EAGLE eine Warnmeldung oder einen Dialog mit einer Abfrage, bei der Sie entscheiden müssen wie das weitere Vorgehen sein soll. Das kann für automatisierte Abläufe, zum Beispiel beim Ausführen einer Scriptdatei störend sein. Sie können bestimmen wie eine entsprechende Abfrage beantwortet werden soll.

```
SET CONFIRM YES ;
```

beantwortet die Abfrage im positiven Sinn (*Ja* oder *OK*).

Falls Sie die Abfrage im negativen Sinn beantworten möchten (Schaltfläche *Nein*, falls vorhanden, oder einfach den Dialog bestätigen), verwenden Sie

```
SET CONFIRM NO ;
```

Um die automatische Option zu beenden, verwenden Sie

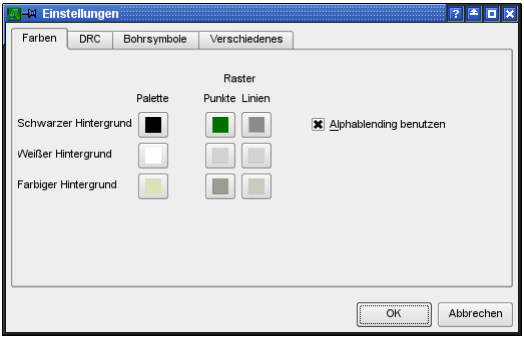
```
SET CONFIRM OFF ;
```

Bitte seien Sie mit dieser Option vorsichtig! Verwenden Sie sie nicht einfach zu Beginn einer Scriptdatei! Das könnte zu unerwarteten Ergebnissen führen. Weitere Informationen gibt es in der Hilfe-Funktion zum SET-Befehl.

Farb-Einstellungen

Im *Farben*-Tab werden Einstellungen für Layer- und Hintergrundfarben sowie für die Farben der Rasterlinien bzw. -punkte getroffen.

Es gibt drei verschiedene Farbpaletten: für schwarzen, weißen und farbigen Hintergrund. Jede Farbpalette erlaubt 64 Farbeinträge, denen ein beliebiger RGB-Wert und ein Alpha-Wert zugeordnet werden kann.



➢ ***Einstellungen-Fenster: Farben***

Falls Sie die in älteren EAGLE-Version verwendete *Raster-OP*-Darstellung auf schwarzem Hintergrund bevorzugen, deaktivieren Sie die Check-Box *Alphablending benutzen*. Der Alpha-Wert der Farben wird dann ignoriert, wenn der schwarze Hintergrund verwendet wird. Die Farben werden mit einer ODER-Funktion gemischt.

Standardmäßig verwendet EAGLE 64 Werte. Jeweils acht Farben, gefolgt von weiteren acht so genannten Highlight-Farben usw.
Der erste Eintrag in der Farbpalette (Nummer 0) bestimmt die Hintergrundfarbe. In der weißen Farbpalette kann die Hintergrundfarbe nicht modifiziert werden, da diese für Ausdrucke (üblicherweise auf weißem Papier) verwendet wird.

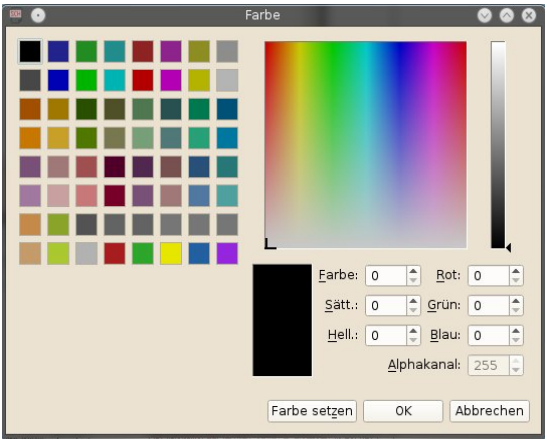
In der vorherigen Abbildung sehen Sie unter *Palette* drei Schaltflächen untereinander. Klicken Sie auf eine davon, zum Beispiel auf die untere *Farbiger Hintergrund*, öffnet sich das Fenster zum Definieren der Farben.

Links im Fenster sehen Sie eine 8x8-Matrix. Es wechseln sich zeilenweise immer acht normale Farben mit den acht zugehörigen Highlight-Farben ab. So kann man einem Layer mit einer Farbe an der Stelle x in der Matrix eine Highlight-Farbe an der Stelle x+8 zuordnen. Zu den Farben 0 bis 7 gehören

die Highlight-Farben 8 bis 15, den Farben 16 bis 23 folgen die Highlight-Farben 24 bis 31 und so weiter.

Um neue Werte zu definieren, selektieren Sie mit der Maus ein Feld in der Matrix und wählen dann über das Farbfenster und den Sättigungsregler rechts die gewünschte Farbe. Mit Klick auf *Farbe setzen* übernehmen Sie den Wert. Wählen Sie dann ein neues Feld aus und wiederholen Sie den Vorgang für eine andere Farbe.
Sie dürfen auch direkt Werte in die Felder *Rot*, *Grün*, *Blau* bzw. *Farbe*, *Sättigung*, *Helligkeit* und *Alphakanal* eingeben.

Der *Alphakanal* bestimmt die Transparenz der Farbe. Der Wert 0 bedeutet, die Farbe ist vollkommen durchsichtig (also unsichtbar), der Wert 255 steht für eine völlig deckende Farbe. Beim Ausdrucken werden die Alpha-Werte der Farben immer auf 255 gesetzt.



➢ ***Farbe-Fenster: Definition eigener Farbwerte***

Wenn Sie für ein Editorfenster (also Schaltplan oder Layout oder auch in der Bibliothek) die Farbpalette wechseln wollen, wählen Sie im Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* den entsprechenden *Hintergrund*.

> *Sie sollten immer mindestens ein Farbenpaar definieren: Eine normale Farbe und die zugehörige Highlight-Farbe.*

Alternativ lassen sich Farbdefinitionen und Palettenwechsel über die Kommandozeile oder über Script-Dateien erledigen:

```
SET PALETTE <index> <αrgb>
```

definiert für die aktuell eingestellte Farbpalette eine Farbe, wobei der Alphawert und die Farbwerte hexadezimal angegeben werden. `Index` steht für die Farbnummer, `αrgb` für je einen Wert für den Alphakanal und die

Farben Rot, Grün und Blau.
Beispiel:

```
SET PALETTE 16 0xB4FFFF00
```

setzt die sechzehnte Farbe auf ein leicht transparentes Gelb.
Das erste Byte `B4` bestimmt den Alphawert (dezimal 180), die folgenden Bytes `FF FF 00` den dezimalen RGB-Wert 255 255 0 für Gelb. Die hexadezimale Angabe wird durch das vorangestellte `0x` gekennzeichnet.

Soll beispielsweise die schwarze Farbpalette aktiviert werden, geben Sie in der Kommandozeile ein:

```
SET PALETTE BLACK
```

Nach dem Umschalten der Farbpalette muss der Bildschirminhalt mit dem WINDOW-Befehl neu gezeichnet werden. Erst dann wird die neue Einstellung sichtbar.

Die Zuordnung der Farben zu den Layern erfolgt über den DISPLAY-Befehl oder über SET COLOR_LAYER.

```
SET COLOR_LAYER 16 4
```

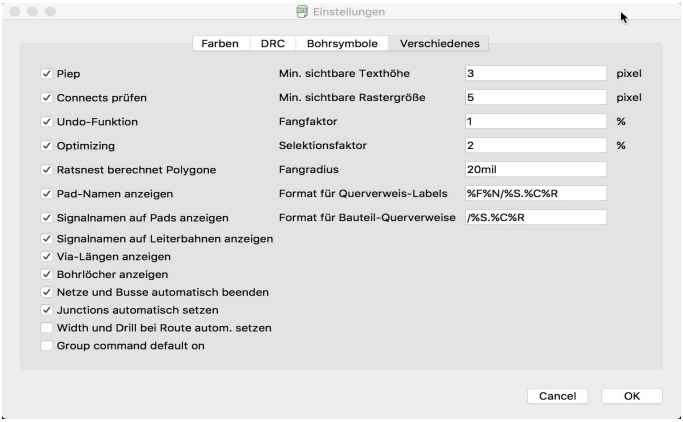
definiert für den Layer 16 die Farbe mit der Nummer 4.

Weitere Informationen zur Syntax finden Sie in der Hilfe-Funktion zum SET-Befehl.

> *Falls Sie die Farbwerte auf die Standardeinstellung zurücksetzen möchten, starten Sie die Script-Datei defaultcolors.scr.*

Verschiedene SET-Optionen

Im *Verschiedenes*-Tab des Fensters *Einstellungen* finden Sie die verschiedene Optionen, die man über Check-Boxes an- bzw. ausschalten kann. Für einige Optionen gibt man Werte an.



➢ ***Das Menü Optionen/Einstellungen/Verschiedenes***

Übersicht der Optionen:

Piep:
Schaltet den Bestätigungspiep ein/aus. Default: ein.

Connects prüfen:
Aktiviert die Package-Prüfung beim Platzieren von Bauteilen im Schaltplan. Default: ein.

Undo-Funktion:
Schaltet den Undo/Redo-Puffer für das aktuell geladene Editor-Fenster ein/aus. Wenn Sie mit konsistentem Schaltplan und Layout arbeiten, wirkt sich diese Einstellung auf beide Editor-Fenster aus. Default: ein.

Optimizing:
Aktiviert die automatische Entfernung von Knickpunkten in geraden Wires. Default: ein.

Ratsnest berechnet Polygone:
Polygoninhalte werden bei RATSNEST berechnet. Default: ein.

Pad-Namen anzeigen:
Padnamen werden im Layout- oder Package-Editor angezeigt. Default: aus.

Signalnamen auf Pads anzeigen:
Die Signalnamen der angeschlossenen Verbindungen werden im Layout und in der Bibliothek angezeigt. Default: ein.

Signalnamen auf Leiterbahnen anzeigen:
Die Leiterbahnen im Layout zeigen ihren Signalnamen. Default: ein.

Via-Längen anzeigen:
Die Länge des Vias (Startlayer-Endlayer) wird im Layout-Editor angezeigt. Default: aus.

Bohrlöcher anzeigen:
Pads/Vias werden mit Bohrlöchern bzw. ohne angezeigt. Default: ein.

Netze und Busse automatisch setzen:
Beim Absetzen eines Netzes auf einem Pin oder einer Buslinie, fällt das Netz bzw. der Bus von der Maus. Default: ein.

Junctions automatisch setzen:
Setzt man ein Netz auf einem anderen ab, wird automatisch ein Verknüpfungspunkt gesetzt. Default: ein.

Width und Drill bei Route automatisch setzen:
Ist diese Option eingeschaltet, verwendet der Follow-me-Router beim Verlegen der Leiterbahnen automatisch den in den Design-Regeln oder in den Netzklassen vordefinierten Wert für die Leiterbahnbreite und für den Bohrdurchmesser der Vias. Diese Werte werden beim Anklicken einer Signallinie automatisch eingestellt.
Ist diese Option ausgeschaltet, gilt der Wert, den Sie zuletzt über, zum Beispiel, CHANGE WIDTH gewählt haben.

Group command default on:
Wenn kein Befehl aktiv ist, kann man als Standard-Mausaktion sofort eine Gruppe selektieren. Default: aus.

Min. sichtbare Texthöhe:
Texte bis zur angegebenen Höhe werden dargestellt. Default: 3 Pixel.

Min. sichtbare Rastergröße:
Liegen Rasterlinien/-punkte näher beisammen, werden sie nicht mehr angezeigt. Default: 5 Pixel.

Fangfaktor:
Innerhalb dieses Bereiches können Objekte mit der Maus selektiert werden. Setzt man den Wert auf 0, gibt es keine Begrenzung. Dann können auch Objekte erreicht werden, die unter Umständen weit außerhalb des sichtbaren Bildausschnittes liegen. Default: 5% der aktuellen Höhe des Bildausschnitts.

Selektionsfaktor:
Liegen innerhalb des angegebenen Wertes (in % der Höhe der aktuell sichtbaren Zeichenfläche) mehrere Objekte, werden diese zur Auswahl angeboten. Default: 2%.

Fangradius:
Bestimmt den Radius der Magnetische-Pads-Funktion von Pads und SMDs.
Kommen Sie beim Verlegen einer Leiterbahn mit dem ROUTE-Befehl näher als der angegebene Radius an ein Pad oder SMD heran – das heißt, die dynamisch berechnete Luftlinie wird kürzer als der hier angegebene Radius – wird die Leiterbahn automatisch an den Pad/SMD-Mittelpunkt gezogen. Defaultwert: 20 mil.

Änderungen können auch direkt durch Eingeben des SET-Befehls in die Kommandozeile getroffen werden. Die Eingabe von

```
SET POLYGON_RATSNEST OFF
```

oder kurz

```
SET POLY OFF
```

schaltet beispielsweise die Polygonberechnung beim RATSNEST-Befehl aus.

Weitere Hinweise zum SET-Befehl finden Sie in der Hilfe-Funktion.

Die Datei eagle.scr

Die Script-Datei *eagle.scr* wird beim Öffnen eines Editorfensters oder beim Anlegen einer neuen Schaltplan-, Platinen- oder Bibliotheksdatei automatisch ausgeführt, sofern keine Projektdatei existiert.

Sie wird zuerst im aktuellen Projektverzeichnis gesucht. Ist sie dort nicht zu finden, sieht EAGLE in dem Verzeichnis nach, das im *Script*-Feld des *Optionen/Verzeichnisse*-Dialogs eingetragen ist.

Sie können in diese Datei alle Befehle eintragen, die beim Öffnen eines Editorfensters (außer Texteditor) ausgeführt werden sollen.

Die Labels *SCH, BRD* und *LBR* bezeichnen die Abschnitte der Datei, die nur dann ausgeführt werden, wenn das Schaltplan-, Layout- oder Bibliotheks-Editorfensters geöffnet wird.

Die Labels *DEV, SYM* und *PAC* bezeichnen die Abschnitte, die nur ausgeführt werden, wenn der Device-, Symbol- oder Package-Editier-Modus aktiviert wird.

Befehle, die vor dem ersten Label (in der Regel *BRD:)* eingefügt werden, gelten für alle Editorfenster.

Sofern EAGLE beim Start aufgrund einer Projektdatei automatisch ein oder mehrere Editorfenster öffnet, ist es notwendig, diese zu schließen und erneut zu öffnen, damit die Einstellungen aus *eagle.scr* übernommen werden. Alternativ kann man die Datei *eagle.scr* einfach über den SCRIPT-Befehl ausführen.

Kommentare dürfen mit vorangestelltem # in eine Script-Datei eingefügt werden.

Jede Befehlszeile muss mit einem Semikolon ***;*** abgeschlossen werden. Erstreckt sich ein Befehl über mehrere Zeilen, kennzeichnet man das mit einem Backslash \ am Zeilenende.

Beispiel für eine *eagle.scr*-Datei:

```
#This file can be used to configure the editor windows.
Assign A+F7 'Grid mm;';
Assign A+F8 'Grid inch;';
Menu '[designlink22.png] Search and order {\
  General : Run designlink-order.ulp -general; |\
  Schematic : Run designlink-order.ulp; \
  }';
BRD:
#Menu Add Change Copy Delete Display Grid Group Move\
#Name Quit Rect Route Script Show Signal Split \
#Text Value Via Window ';' Wire Write Edit;
Grid inch 0.05 on;
Grid alt inch 0.01;
Set Pad_names on;
Set Width_menu 0.008 0.01 0.016;
Set Drill_menu 0.024 0.032 0.040;
Set Size_menu 0.05 0.07 0.12;
Set Used_layers 1 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 \
27 28 39 40 41 42 43 44 45;

Change width 0.01;
Change drill 0.024;
Change size 0.07;
SCH:
Grid Default;
Change Width 0.006;
#Menu Add Bus Changenge Copy Delete Display Gateswap \
#Grid Group Invoke Junction Label Move Name Net \
#Pinswap Quit Script Show Split Value Window ';' \
#Wire Write Edit;
LBR:
#Menu Close Export Open Script Write ';' Edit;
```

```
DEV:
Grid Default;
#Menu Add Change Copy Connect Delete Display Export \
# Grid Move Name Package Prefix Quit Script Show \
# Value Window ';' Write Edit;
SYM:
Display all;
Grid Default On;
Change Width 0.010;
#Menu Arc Change Copy  Delete Display Export \
#Grid Group Move Name Paste Pin Quit Script \
#Show Split Text Value Window ';' Wire Write Edit;
PAC:
Grid Default On;
Grid Alt inch 0.005;
Change Width 0.005;
Change Size 0.050;
Change Smd 0.039 0.039;
#Menu Add Change Copy Delete Display Grid Group \
#Move Name Pad Quit Script Show Smd Split Text \
#Window ';' Wire Write Edit;
```

Die Datei eaglerc

Benutzerspezifische Daten werden beim Beenden von EAGLE in der Datei ***eaglerc*** gespeichert. Diese Datei wird im Home-Verzeichnis des Benutzers abgelegt. Ist unter Windows keine Home-Variable definiert, gilt folgender Eintrag in der Windows-Registry:
`HKEY_CURRENT_USER\Software\Microsoft\Windows\Current-Version\Explorer\Shell Folders\AppData`

Eaglerc enthält Informationen über:

- SET-Befehl (Menü *Optionen/Einstellungen*)
- ASSIGN-Befehl (Funktionstastenbelegung)
- Benutzeroberfläche
- Aktuell geladenes Projekt (Pfad)

Die Konfigurationsdatei wird von EAGLE an verschiedenen Stellen in der gegebenen Reihenfolge gesucht und ausgeführt (wenn vorhanden):

<prgdir>/eaglerc	(Linux, Mac, Windows)
/etc/eaglerc	(Linux, Mac)
$HOME/…../eaglerc	(Linux, Mac, Windows)

Diese Dateien sollten nicht editiert werden.

Man kann EAGLE mit der Kommandozeilen-Option *-U* starten, um einen bestimmten Ort für die Datei *eaglerc* festzulegen. Das ist ratsam, wenn Sie zum Beispiel mit verschiedenen EAGLE-Versionen arbeiten und jeweils eigene Einstellungen verwenden wollen.

EAGLE-Projektdatei

Wird ein neues Projekt angelegt (rechter Mausklick auf einen Eintrag im *Projekte*-Zweig der Baum-Ansicht und Auswahl von *Neu/Projekt* im Kontextmenü im Control Panel), erzeugt man zunächst ein Projekt-Verzeichnis, das den Projekt-Namen trägt. In jedem Projektverzeichnis wird automatisch eine Konfigurationsdatei ***eagle.epf*** erzeugt.

EAGLE merkt sich in der Projektdatei Änderungen von Objekteigenschaften, die während des Editierens mit dem CHANGE-Befehl gemacht wurden und die Inhalte der Menüs für *Width*, *Diameter*, *Size* und *Drill*.
Es wird auch hinterlegt, welche Bibliotheken für das Projekt benutzt werden, also *in use* sind.
Außerdem werden die Position und der Bildschirminhalt der aktiven Fenster, als das Programm verlassen wurde, gespeichert. Vorausgesetzt, die Option *Projektdatei automatisch sichern* unter *Optionen/Sicherung* des Control Panels ist aktiviert. Beim nächsten Programmstart wird dieser Zustand wieder hergestellt.

Kapitel 6
Vom Schaltplan zur fertigen Platine

Dieses Kapitel zeigt den üblichen Weg vom Zeichnen des Schaltplans zum fertigen, per Hand entflochtenen Layout. Ein Abschnitt widmet sich dem Anlegen eines hierarchischen Schaltplans. Die Verwendung des Autorouters, des Follow-me-Routers und die Ausgabe von Fertigungsdaten wird in den anschließenden Kapiteln beschrieben.

Wir empfehlen zuerst ein neues Projekt(verzeichnis) anzulegen. Informationen über die Vorgehensweise finden Sie auf Seite 61.

6.1 Schaltplan erstellen

Die übliche Vorgehensweise sieht so aus:

Man nimmt Bauteile aus den vorhandenen Bibliotheken und platziert diese auf der Zeichenfläche. Anschließend werden die Anschlusspunkte (Pins) der Bauteile mit Netzen (elektrische Verbindungen) verbunden. Netzen können beliebige Namen und verschiedene Klassen zugeordnet werden. Versorgungsspannungen werden in der Regel automatisch verbunden. Um jede Versorgungsspannung im Schaltplan zu dokumentieren, ist es notwendig, mindestens ein so genanntes Supply-Symbol pro Spannung zu setzten.

Schaltpläne dürfen aus mehreren Seiten bestehen. Netze sind über verschiedene Seiten hinweg verbunden, wenn sie denselben Namen besitzen.

Es wird vorausgesetzt, dass Bibliotheken mit den benötigten Bauelementen vorhanden sind. Die Definition von Bibliotheken wird in einem eigenen Kapitel beschrieben.

Es ist jederzeit möglich über den BOARD-Befehl oder das *Board*-Icon ein Layout zu erzeugen. Sobald ein Layout existiert, müssen beide Dateien immer gemeinsam geladen sein. Nur so funktioniert die Kopplung zwischen Schaltplan und Platine. Nähere Hinweise dazu finden Sie im Abschnitt zur *Forward&Back-Annotation*.

Schaltplan öffnen

Ausgangspunkt ist zunächst das Control Panel. Von hier aus Öffnen Sie einen neuen oder bestehenden Schaltplan, z. B. über das *Datei/Öffnen* bzw. *Datei/Neu*-Menü oder über einen Doppelklick auf eine Schaltplandatei im Verzeichnisbaum. Das Schaltplan-Editor-Fenster erscheint.

Bei Bedarf kann man weitere Schaltplanblätter (Sheets) anlegen. Dazu öffnen Sie die Combo-Box in der Aktionsleiste mit einem Mausklick und wählen den Punkt *Neu* aus. Es wird eine neue Seite erzeugt (siehe Seite 72).

Alternativ kann man z. B. die zweite Seite mit dem Befehl

```
EDIT .S2
```

über die Kommandozeile anlegen. Sollten Sie die Seite doch nicht benötigen, löscht man mit

```
REMOVE .S2
```

das ganze Blatt.

Mit einem rechten Mausklick auf eine der Seiten in der Seitenvoransicht öffnet sich das Kontextmenü. Dieses erlaubt über den Eintrag *Beschreibung* einen Beschreibungstext für die Seite. Dieser wird dann unter der Seitenvoransicht und auch in der Combo-Box in der Aktionsleiste dargestellt.

Wenn Sie nicht nur für die einzelnen Seiten, sondern für den gesamten Schaltplan eine Beschreibung anlegen wollen, geht das über den Menüeintrag *Bearbeiten/Schaltplanbeschreibung* oder durch

```
DESCRIPTION *
```

in der Kommandozeile. Diese Beschreibung wird im Control Panel angezeigt.

Raster einstellen

Das Raster sollte grundsätzlich 0,1 Inch bzw. 2,54 mm sein. Netze und Anschlusspunkte der Symbole (Pins) sollten in einem gemeinsamen Raster liegen. Alle Symbole in den Bauteilbibliotheken sind in diesem Raster angelegt.

Bauteile platzieren

Bevor Sie Bauteile platzieren können, müssen Sie mit USE die Bibliotheken laden, aus denen Sie Bauteile holen wollen. Nur Bibliotheken, die *in use* sind, werden vom ADD-Befehl und dessen Suchfunktion berücksichtigt. Mehr Informationen zum USE-Befehl finden Sie auf Seite 72.

Zeichnungsrahmen laden

Empfehlenswert ist es, zuerst einen Rahmen zu platzieren. Mit Hilfe des ADD-Befehls können Sie einen aus den Bibliotheken wählen.

Nach einem Klick auf das ADD-Icon öffnet sich der ADD-Dialog.

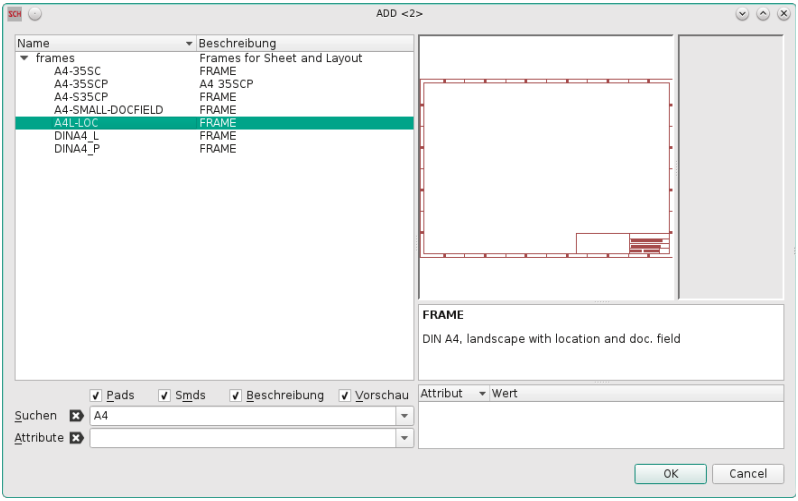
Es werden zunächst die Bibliotheksdateien, die über den USE-Befehl geladen sind, angezeigt. Sie können die angezeigten Bibliotheken aufklappen und nach Bauteilen suchen oder die Suchfunktion benutzen.

Es soll ein Rahmen im Format A4 verwendet werden. Geben Sie in der *Suchen*-Zeile unten links den Suchbegriff *A4* oder *A4** ein und drücken Sie die Enter-Taste. Das Suchergebnis zeigt verschiedene Einträge aus *frames.lbr*. Selektieren Sie einen der Einträge (*A4L-DOC*), wird rechts eine Voransicht gezeigt, sofern die Option *Vorschau* aktiviert ist. Wird eine der Optionen *Pads/Smds/Beschreibung* deaktiviert, wird nicht nach Bauteilen mit Pads/Smds bzw. nicht in der Beschreibung von Bauteilen gesucht.

> *Im ADD-Dialog des Schaltplan-Editors sucht man nach Device-Namen und Begriffen aus der Device-Beschreibung oder über die Attribute-Zeile nach Attributnamen oder Attributwerten. Im Layout-Editor sucht man nach Package-Namen und Begriffen aus der Package-Beschreibung!*

Ein Klick auf *OK* schließt das ADD-Fenster und Sie kehren in den Schaltplan-Editor zurück. Der Rahmen hängt nun an der Maus und kann abgesetzt werden. Üblicherweise liegt die linke untere Ecke des Rahmens im Koordinatennullpunkt (0 0).

Bibliotheksnamen, Devicenamen und Begriffe aus der Device-Beschreibung dürfen als Suchbegriffe verwendet werden. Erlaubt sind auch Platzhalter wie * oder ?. Es können mehrere Suchbegriffe durch Leerzeichen getrennt verwendet werden.



➢ ***ADD-Dialog: Ergebnis des Suchbegriffs A4***

Der ADD-Befehl lässt sich auch über die Kommandozeile eingeben oder in einer Script-Datei verwenden. Den Rahmen kann man auch über das Kommando

```
add a4l-doc@frames.lbr
```

platzieren. Auch in der Kommandozeile dürfen Platzhalter wie * und ? verwendet werden. Die Eingabe von

```
add *a4*@frames.lbr
```

öffnet beispielsweise den ADD-Dialog und bietet verschiedene Rahmen im Format A4 an.

Bei der Suche werden nur Bibliotheken berücksichtigt, die *in use* sind. Das bedeutet, die Bibliothek ist über den USE-Befehl geladen (auch über das Menü *Bibliothek/Benutzen* möglich).

> *Zeichnungsrahmen werden mit dem FRAME-Befehl angelegt. Sinnvollerweise macht man das in der Bibliothek und kombiniert den Rahmen mit einem Schriftfeld. Es ist aber auch möglich, den FRAME-Befehl direkt im Schaltplan (oder auch im Board) anzuwenden. Mehr zum Anlegen von Zeichnungsrahmen finden Sie auf Seite 323.*

Schaltungssymbole (Gates) platzieren

Alle weiteren Bauteile werden über den oben beschriebenen Mechanismus gesucht und dann platziert. Schon jetzt entscheiden Sie sich für eine Package-Variante. Sollte sich später herausstellen, dass eine andere Bauform im Layout verwendet wird, kann diese problemlos nachträglich getauscht werden.

Haben Sie mit ADD ein Bauteil platziert und wollen dann wieder in den ADD-Dialog zurück, um ein neues Bauteil zu wählen, drücken Sie die Esc-Taste oder klicken Sie erneut auf das ADD-Icon.

Versehen Sie die Bauteile mit Namen und Wert (NAME, VALUE).

Liegt der Name- bzw. Value-Text an einer ungünstigen Stelle, lösen Sie beide mit SMASH vom Bauteil und schieben sie mit MOVE an eine beliebige Position. Ein Klick mit DELETE auf einen Text macht ihn unsichtbar.
Halten Sie während des SMASH-Befehls die *Shift*-Taste gedrückt, erscheinen die Texte wieder an der ursprünglichen Position; sie sind nun nicht mehr vom Bauteil gelöst (unsmashed). Das kann man auch erreichen, indem man im Kontextmenü unter *Eigenschaften* die Option *Smashed* deaktiviert.

MOVE verschiebt Objekte, DELETE löscht sie. Mit INFO bzw. SHOW erhalten Sie Informationen über ein Objekt bzw. zeigt EAGLE es am Bildschirm.

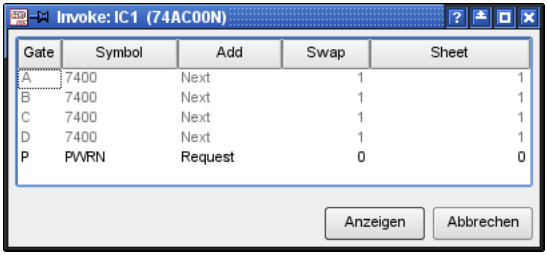
ROTATE dreht Gates um 90 Grad. Ebenso kann man während des MOVE-Befehls mit der rechten Maustaste das Bauteil um jeweils 90 Grad weiter drehen.

Mehrfach benutzte Bauteile lassen sich mit COPY vervielfältigen. COPY platziert immer ein neues Bauteil, auch wenn es aus mehreren Gates besteht und bisher noch nicht alle verwendet wurden.

Eine Gruppe von Bauteilen oder wiederkehrende Schaltungsteile können mit Hilfe der Befehle GROUP, COPY und PASTE im Schaltplan vervielfältigt werden. Stellen Sie sicher, dass vorher alle Layer eingeblendet sind (DISPLAY ALL).

Versteckte Versorgungs-Gates

Manche Bauteile sind in den Bibliotheken so definiert, dass die Versorgungsspannungspins nicht im Schaltplan sichtbar sind. Das ist auch nicht notwendig, da alle Power-Pins mit demselben Namen automatisch verbunden werden. Unabhängig davon ob sie sichtbar sind oder nicht. Wollen Sie ein Netz direkt an einen der versteckten Pins legen, holen Sie das Gate mit Hilfe des INVOKE-Befehls in den Schaltplan.
Klicken Sie auf das INVOKE-Icon und dann auf das gewünschte Bauteil, sofern dieses auf derselben Seite des Schaltplans platziert wurde. Soll das Gate auf einer anderen Seite des Schaltplans liegen, wechseln Sie auf diese Seite, aktivieren INVOKE und tippen den Namen des Bauteils (z. B. IC1) in die Kommandozeile. Selektieren Sie das gewünschte Gate im INVOKE-Fenster und platzieren Sie es. Anschließend verbinden Sie das Versorgungs-Gate mit den gewünschten Netzen.



➢ ***INVOKE: Gate P kann noch platziert werden***

Bauteile aus mehren Gates platzieren

Manche Bauteile bestehen nicht nur aus einem sondern aus mehreren Gates, die im Regelfall nacheinander mit dem ADD-Befehl im Schaltplan platziert werden können. Um ein Gate gezielt auszuwählen, kann man direkt den Gate-Namen angeben.

Beispiel:
Der Baustein 7400 mit der Package-Variante *N* und in *AC*-Technologie aus der Bibliothek *74xx-eu* besteht aus vier NAND-Gates mit der Bezeichnung *A* bis *D* und einem Power-Gate *P*. Wollen Sie nun als erstes das Gate *C* platzieren, geben Sie das beim ADD-Befehl direkt an (siehe auch Hilfe-Funktion, ADD-Befehl):

```
ADD 74AC00N@74xx-eu.lbr IC1 C
```

Sobald ein Gate platziert ist, hängt das nächste an der Maus (Addlevel Next). Setzen Sie ein Gate nach dem anderen ab. Sind alle Gates eines Bausteins verwendet, wird der nächste Baustein begonnen.

Sollen die Gates eines Bausteins über mehrere Seiten verteilt werden, platzieren Sie zunächst mit ADD, wechseln dann auf eine andere Seite des Schaltplans und tippen zum Beispiel

```
INVOKE IC1
```

in die Kommandozeile. Wählen Sie aus dem INVOKE-Fenster das gewünschte Gate.

> *Wenn man ein Gate, das bereits im Schaltplan platziert ist, im INVOKE-Fenster selektiert, ändert sich die Schaltfläche OK zu Anzeigen. Klickt man darauf, wird das gewählte Gate in der Fenstermitte zentriert angezeigt.*

Designlink – Zugang zur Farnell Online-Produkt-Datenbank

Mit Hilfe von *designlink-order.ulp* können Sie eine allgemeine Produktsuche oder eine Suche für alle Bauteile Ihres Schaltplans durchführen, Preis und Verfügbarkeit prüfen und direkt bei Farnell/Newark bestellen. Gefundene Ordercodes können als Attribute gespeichert werden. Die Bestellliste kann exportiert werden.

Starten Sie das ULP mit einem Klick auf das *designlink*-Icon .
Dieses finden Sie standardmäßig rechts neben der Aktionsleiste. Es gehört zum Text-Menü, das man über das Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* ein- bzw. ausblenden kann.

Die Option *General* startet die allgemeine Produktsuche. Nach Aufruf des ULPs öffnet sich ein Fenster in dem Sie in der *Suchen*-Zeile einen Suchbegriff eingeben können. Das ULP baut eine Online-Verbindung zum Farnell-Server auf und zeigt anschließend die Treffer.

Die Option *Schematic* startet die Suche nach allen Bauteilen, die Sie in Ihrem Schaltplan verwendet haben. Als Suchbegriff wird jeweils der Value des Bauteils verwendet. Als Resultat erhalten Sie eine Bestellliste mit den entsprechenden Farnell-Bestellnummern.

In Teilen der EAGLE-Bibliotheken sind bereits Attribute für den Farnell- bzw. Newark-Bestellnummer (Ordercode) hinterlegt. Verwenden Sie eines dieser Bauteile, wird der Ordercode aus der Bibliothek übernommen. Falls kein Ordercode in der Bibliothek hinterlegt ist oder auf der Farnell/Newark-Webseite keiner passender Ordercode zugeordnet werden konnte, erscheint in der Liste der Eintrag *unknown*. In diesem Fall kann man durch Doppelklick auf den Eintrag eine manuelle Suche mit einem modifizierten Suchbegriff starten. Sobald alle Bauteile, die Sie bestellen wollen mit einem Ordercode versehen sind, legen Sie mit einem Klick auf *Zum Warenkorb hinzufügen* einen Farnell-Warenkorb an.

Das ULP bietet eine ausführliche Hilfe, die die Funktion und die Verwendung erklärt.

Alternativ können Sie das ULP auch über den RUN-Befehl starten.

```
RUN designlink-order [-general]|[-sop]
```

Um die Farnell/Newark-Bestellnummern in Bibliotheken zu hinterlegen, gibt es *designlink-lbr.ulp*. Dieses geht durch die Devices der Bibliothek und sucht nach passenden Ordercodes. Angelegt werden drei Attribute:
`>MF` für Manufacturer (Hersteller), `>MPN` Manufacturer Part Number (Hersteller-Ident-Nummer) , `>OC_FARNELL` bzw. `OC_NEWARK` Ordercode.

Verdrahten des Schaltplans

Netze verlegen (NET)

Die Verbindungen zwischen den Pins definiert man mit dem NET-Befehl. Netze beginnen und enden im Anschlusspunkt eines Pins. Dieser ist sichtbar, wenn Layer 93 *Pins* eingeblendet ist (DISPLAY-Befehl).

Beim Annähern eines Netzes an einen Pin zeigt EAGLE einen Indikator, der den Anschlusspunkt auch bei ausgeblendeten *Pins*-Layer markiert. Die Netzlinie wird automatisch an diesem Punkt gefangen und mit einem Linksklick angeschlossen.

Netze erhalten immer einen automatisch generierten Namen. Dieser kann mit dem NAME-Befehl verändert werden. Netze mit demselben Namen sind miteinander verbunden, unabhängig davon, ob sie durchgehend gezeichnet sind oder nicht. Das gilt auch über mehrere Seiten hinweg.

Kommt ein Netz auf einem anderen Netz, einem Bus oder einem Pin-Anschlusspunkt zu liegen, endet die Netzlinie an dieser Stelle und ist verbunden. Entsteht beim Absetzen des Netzes keine Verbindung zu einem anderen Objekt, hängt die Netzlinie weiterhin an der Maus. Dieses Verhalten kann über das Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes* (Option *Netze und Busse automatisch beenden*) verändert werden. Deaktiviert man die Option ist ein Doppelklick notwendig um das Netz zu beenden. Dargestellt werden Netze im Layer 91 *Nets*.

Netze müssen exakt im Pin-Anschlusspunkt enden um verbunden zu sein.

Beim Verbinden von Netzen werden Sie gegebenenfalls über den resultierenden Namen informiert bzw. bietet EAGLE eine Auswahl der möglichen Namen an.

Mit dem Befehl JUNCTION kennzeichnet man Verbindungen sich kreuzender Netze. Junctions werden automatisch gesetzt. Diese Option (*Junction automatisch setzen*) kann auch über das Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes* deaktiviert werden.

Verwenden Sie immer NET und nicht den LINE-Befehl!

Kopieren Sie Netze nicht mit dem COPY-Befehl! Bei dieser Aktion wird für das neue Netz kein eigener Name generiert. So könnten ungewollte Verbindungen entstehen.

Schiebt man mit MOVE ein Netz über ein anderes Netz oder über einen Pin, entsteht keine elektrische Verbindung.
Zur Überprüfung können Sie das Netz mit SHOW anklicken. Alle verbundenen Pins und Netze müssen heller (in der Highlight-Farbe) dargestellt werden. Wird ein Gate bewegt, müssen die angeschlossenen Netze mitwandern.

Mit dem LABEL-Befehl (ohne *XREF*-Option, siehe nächsten Abschnitt zum Thema Querverweise) kann man einen einfachen Bezeichner für ein Netz platzieren. Sofern Sie mit GRID ein alternatives Raster definiert haben, können Sie Labels bei gedrückter *Alt*-Taste im feineren Raster gut anordnen.

Querverweise für Netze definieren

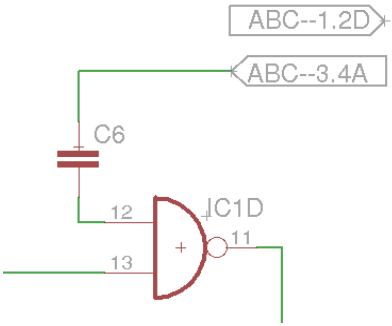
Setzt man ein LABEL mit aktivierter *XREF*-Option für ein Netz, wird automatisch ein Querverweis erzeugt. Dieser zeigt auf die nächste Seite auf der dieses Netz wieder vorkommt. Je nachdem in welche Richtung das Label zeigt, verweist es auf eine vorhergehende oder eine nachfolgende Schaltplanseite. Zeigt ein Label nach unten oder rechts, zeigt es auf eine höhere Seitennummer. Zeigt es nach oben oder nach links, verweist es auf die niedrigeren Seitennummern. Kommt das Netz nur noch auf einer weiteren Seite vor, wird dieser Querverweis angezeigt, unabhängig von der Drehung des Labels.
Befindet sich das Netz nur noch auf der aktuellen Seite, zeigt das Label nur den Netznamen und gegebenenfalls den Label-Rahmen, je nach Definition, die im Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes* unter F*ormat für Querverweis-Labels* angegeben ist (auch über SET definierbar).

Die *XREF*-Option aktiviert man direkt in der Parameterleiste des LABEL-Befehls oder nach dem Platzieren über CHANGE XREF ON.

Die folgenden Platzhalter zur Definition des Label-Formats sind erlaubt:

- `%F` aktiviert das Zeichnen eines Rahmens um das Label
- `%N` der Name des Netzes
- `%S` die nächste Seitennummer
- `%C` die Spalte auf der nächsten Seite
- `%R` die Zeile auf der nächsten Seite

Das Standard-Format ist `%F%N/%S.%C%R`.
Neben den definierten Platzhaltern können Sie auch beliebige andere ASCII-Zeichen verwenden. Die Platzhalter `%C` und `%R` funktionieren nur, wenn Sie auf den Schaltplanseiten jeweils einen Zeichnungsrahmen mit Spalten- und Reiheneinteilung platziert haben. Ansonsten wird ein Fragezeichen '?' angezeigt. Siehe auch Seite 323.



➢ ***Querverweise mit XREF-Label***

Im Bild zeigt das untere Label nach rechts und verweist auf das Netz *ABC* auf der nächsten Seite *3* im Feld *4A*. Das obere Label weist vom Aufhängepunkt aus nach links und verweist auf die vorherige Seite *1* ins Feld *2D*.

Wird ein *XREF*-Label direkt auf eine Netzlinie gesetzt, wandert es beim Bewegen des Netzes mit.

Weitere Informationen zu Querverweisen finden Sie in der Hilfefunktion zum LABEL-Befehl.

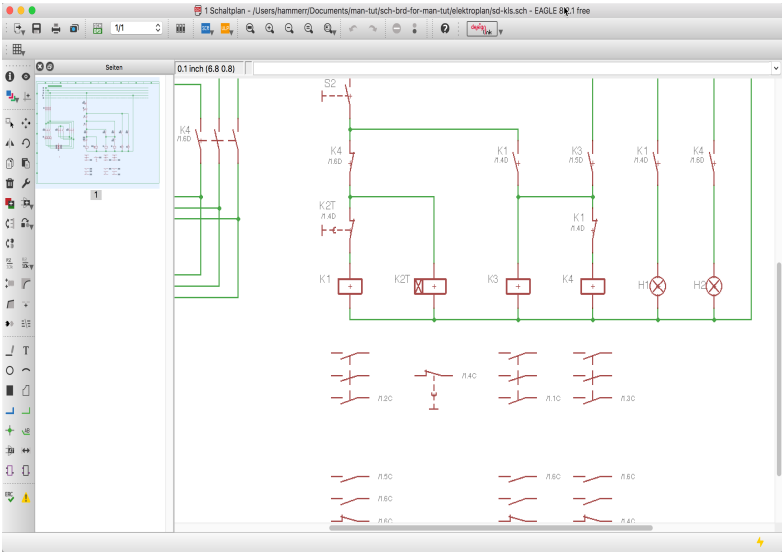
Querverweise für Bauteile/Kontakte

Falls Sie einen Elektro-Schaltplan zeichnen und beispielsweise elektromechanische Bauteile (Schütze) verwenden, kann EAGLE einen Kontaktspiegel erzeugen. Platzieren Sie innerhalb des Zeichnungsrahmens den Platzhalter *>CONTACT_XREF*. Dieser Text ist im Schaltplan nicht sichtbar, bestimmt aber durch seine Lage (durch die Y-Koordinate) wie viel Platz für den Kontaktspiegel auf der Seite reserviert wird. Sobald der Platzhaltertext platziert ist, wird der Kontaktspiegel angezeigt.

Das Format der Bauteil-Querverweise legt man – wie bei den Querverweisen für Netze – im Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes* unter *Format für Bauteil-Querverweise* fest. Es gelten dieselben Format-Platzhalter wie im vorigen Abschnitt *Querverweise für Netze* beschrieben.
Die Standard-Definition ist: `/%S.%C%R`, also */Seitennummer.SpalteReihe*.

Die Angabe der Spalten *%C* und Reihen *%R* funktioniert nur, wenn sich auf jeder Schaltplanseite ein Zeichnungsrahmen befindet, der mit dem FRAME-Befehl erzeugt und mit einer entsprechenden Einteilung versehen wurde.

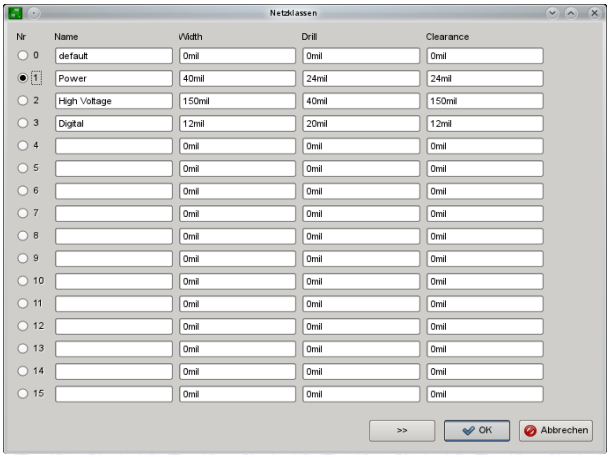
Die Bauteile müssen nach bestimmten Kriterien in der Bibliothek definiert werden, damit eine saubere Darstellung des Kontaktspiegels im Schaltplan möglich wird. Hinweise zur Bauteildefinition finden Sie in der Hilfefunktion unter dem Stichwort *Kontaktspiegel* und im Bibliothekskapitel.



➢ *Elektro-Schaltplan mit Kontaktspiegel*

Netzklassen festlegen

Der Befehl CLASS legt eine Netzklasse fest (Menü *Bearbeiten/Netzklassen...*). Die Netzklasse bestimmt die Mindestleiterbahnbreite, den Mindestabstand zu anderen Signalen und den Mindestbohrdurchmesser von Vias im Layout für eine bestimmte Art von Signal. Jedes Netz, das verlegt wird gehört automatisch der Netzklasse 0, *default*, an.
Für diese Netzklasse sind standardmäßig keine Vorgaben gemacht. Alle Werte stehen auf 0, das heißt, es gelten die Vorgaben aus den Design-Regeln. Es sind maximal 16 verschiedene Netzklassen möglich. Das Anlegen einer Netzklasse kann mit UNDO rückgängig gemacht werden.

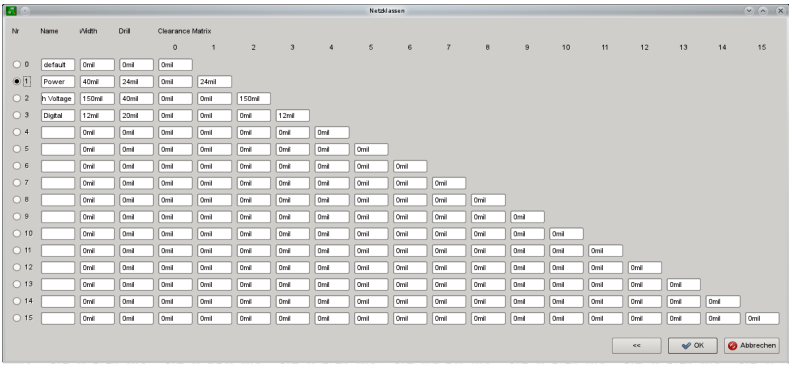


➢ ***Netzklassen: Parameter festlegen***

Im Bild sieht man drei zusätzliche Netzklassen definiert:
Alle Netze, die der Klasse 0 *default* angehören, werden nach den Vorgaben der Design-Regeln geprüft.
Die Netzklasse 1 hat zum Beispiel den Namen *Power* und fordert für Leiterbahnen eine Mindestbreite (*Width*) von 40 mil.
Bohrungen für Vias dieser Netzklasse müssen mindestens einen Durchmesser (*Drill*) von 24 mil haben.
Der Mindestabstand von Signalen der Netzklasse *Power* zu Signalen anderer Netzklassen wird mit dem *Clearance*-Wert definiert und beträgt 24 mil.

Die Spalte *Nr.* links im Fenster, bestimmt welcher Netzklasse das nächste Netz, das gezeichnet wird, angehören wird. Diese Wahl kann auch direkt in der Parameterleiste des aktiven NET-Befehls getroffen werden.

Wenn Sie die Werte für die Mindestabstände zwischen den einzelnen Netzklassen zueinander differenzieren wollen, können Sie über die Schaltfläche mit dem Doppelpfeil nach rechts (>>) die *Clearance-Matrix* öffnen. In dieser Matrix legen Sie spezielle Werte für die Mindestabstände zwischen den einzelnen Netzklassen fest.



➢ ***Netzklassen: Die Clearance-Matrix***

Wenn Sie wieder zur vereinfachten Darstellung zurückkehren möchten, klicken Sie auf die Schaltfläche <<. Das ist jedoch nur möglich, wenn in der Matrix keine Werte definiert sind.

Informationen zur Syntax des CLASS-Befehls finden Sie in der EAGLE-Hilfe.

Die Zuordnung der Netzklassen wird im Schaltplan oder im Layout für Netze bzw. Signale über den CHANGE-Befehl (Option *Class*) festgelegt oder auch nachträglich geändert.

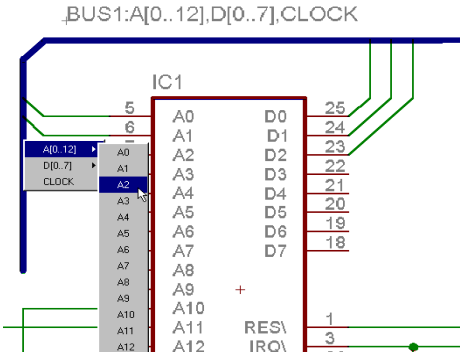
Die Definition der Netzklassen kann auch im Layout Editor erfolgen.

Die Netzklasse kann einem einzelnen Netz/Signal oder auch mehreren Netzen/Signalen, die man zuvor mit GROUP ausgewählt hat, zugeordnet werden.

Busse einzeichnen (BUS)

Busse erhalten Namen, aus denen hervorgeht, welche Signale sie führen. Bei einem Bus handelt es sich um ein Zeichenelement. Er stellt keine elektrischen Verbindungen her. Sie werden immer über die Netze und deren Namen hergestellt. Besonderheit des Busses ist seine Menü-Funktion. Klicken Sie mit NET auf den Bus, öffnet sich ein Menü. Der Menüinhalt wird vom Bus-Namen bestimmt.

Der Bus im Bild hat den Namen *Bus1:A[0..12],D[0..7],Clock*.



➢ ***Bus-Menü***

Ein Klick auf die Bus-Linie bei aktiviertem NET-Befehl öffnet das Menü wie oben dargestellt. Daraus wählt man den Namen des zu verlegenden Netzes.

Der Index eines Teilbusnamens darf zwischen 0..511 liegen.

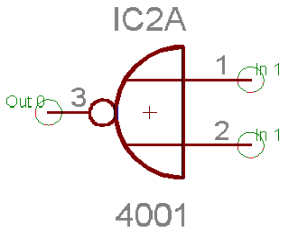
Weitere Informationen zum BUS-Befehl finden Sie auch in der Hilfe-Funktion.

Pinswap und Gateswap

Pins bzw. Gates, die denselben Swaplevel haben, können untereinander getauscht werden. Diese Eigenschaften werden bei der Definition des Symbols (Pinswap) bzw. beim Erstellen des Device (Gateswap) festgelegt.

Sofern der Swaplevel zweier Pins gleich ist, dürfen Sie vertauscht werden. Blenden Sie den Layer 93 *Pins* ein um den Swaplevel der Pins sichtbar zu machen.

Ist der Swaplevel = 0, dürfen Pins bzw. Gates nicht vertauscht werden.



➢ ***Swaplevel: Pins-Layer ist sichtbar***

Die Input-Pins 1 und 2 haben Swaplevel *1*, dürfen also vertauscht werden. Der Output-Pin 3 mit Swaplevel *0* ist nicht vertauschbar.

Den Swaplevel eines Gates erfahren Sie über den INFO-Befehl, hier zum Beispiel mit `INFO IC2A`. Alternativ über das Kontextmenü, *Eigenschaften*.

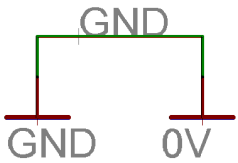
Stromversorgung

Pins, die mit Direction *Pwr* definiert sind, werden automatisch verdrahtet. Auch wenn das entsprechende Power-Gate nicht explizit in die Schaltung geholt wurde. Der Name des Pwr-Pins bestimmt den Namen der Spannung. Dieser wird schon in der Bibliothek bei der Definition des Symbols festgelegt.

Werden an die Pwr-Pins eines Bauelements Netze angeschlossen, so werden diese Pins nicht automatisch verdrahtet, sondern mit den angeschlossenen Netzen verbunden.

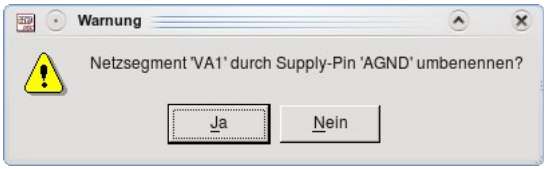
Zu jedem Pwr-Pin muss mindestens ein gleichnamiger Supply-Pin mit Direction *Sup* existieren, und zwar auf jeder Schaltplanseite. Solche Supply-Pins werden in Form von Versorgungssymbolen in die Schaltung geholt. Entsprechende Devices finden Sie in den Supply-Bibliotheken (*supply*.lbr*). Diese Devices haben kein Gehäuse, da sie keine Bauelemente darstellen. Sie dienen als Repräsentanten der Versorgungsspannungen im Schaltplan, die der Electrical Rule Check (ERC) für seine Logikprüfungen braucht.

Verschiedene Versorgungsspannungen, zum Beispiel 0 V und GND, die am selben Potential liegen sollen (etwa GND), können verbunden werden, indem die entsprechenden Supply-Symbole platziert und mit einem Netz verbunden werden. Diesem Netz gibt man den gemeinsamen Namen des Potentials (z. B. GND).



➢ ***Supply-Symbole***

Wird ein Supply-Pin (Pin-Direction *Sup*) auf ein Netz gesetzt (mit ADD oder MOVE), werden Sie gefragt, ob das Netz den Namen des Supply-Pins übernehmen oder den bisherigen Netznamen beibehalten soll.



➢ ***Soll der Name des Supply-Pins übernommen werden?***

Ein Klick auf *Ja* (default) gibt dem Netz den Namen des Supply-Pins (hier im Bild *AGND*). Klicken Sie auf *Nein*, bleibt der bisherige Netzname (*VA1*) erhalten.

Hat das Netz einen automatisch generierten Namen, zum Beispiel *N$1*, gibt es die Möglichkeit mit Hilfe des SET-Befehls diese Warnung zu unterdrücken:

```
SET Warning.SupplyPinAutoOverwriteGeneratedNetName 1;
```

Löscht man den letzten Supply-Pin eines Netzes, erhält es einen neuen, automatisch generierten Namen, beispielsweise *N$1*.

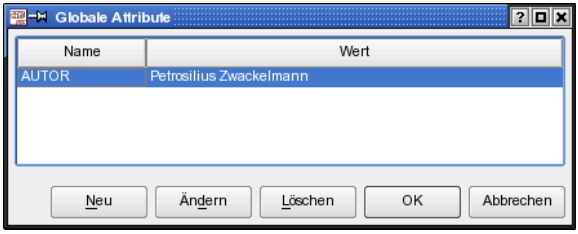
> *Wenn Sie in den supply-Bibliotheken keinen passenden Supply-Pin für eine im Schaltplan verwendete Spannung finden, müssen Sie einen neuen anlegen! Einen bestehenden Pin einfach umzubenennen ist nicht empfehlenswert und führt möglicherweise zu unerwarteten Ergebnissen!*

Attribute festlegen

Globale Attribute

Man kann im Schaltplan globale Attribute definieren, zum Beispiel für den Autor oder für eine Projektbezeichnung, die man an beliebiger Stelle in der Zeichnung, oft sinnvoll im Schriftfeld des Zeichnungsrahmens, platzieren kann.

Über das Menü *Bearbeiten/Globale Attribute...* öffnen Sie den Dialog. Ein Klick auf *Neu* erzeugt ein neues Globales Attribut. Es besteht aus dem Attributnamen und einem Wert.



➢ ***Globale Attribute: Das Attribut Autor ist angelegt***

Um das Attribut im Schaltplan zu platzieren, definieren Sie einen Platzhalter mit dem TEXT-Befehl, der den Namen des Attributs enthält. Für das Attribut mit dem Namen *AUTOR*, platzieren Sie den Text *>AUTOR*. Groß- und Kleinschreibung spielt hier keine Rolle. Das >-Zeichen am Anfang ist das Schlüsselzeichen für einen Platzhaltertext.

Den Platzhaltertext können Sie schon im Symbol in der Bibliothek, zum Beispiel für einen Zeichnungsrahmen, definieren. Das globale Attribut wird dann auf jeder Seite, auf der dieser Rahmen verwendet wird, angezeigt.

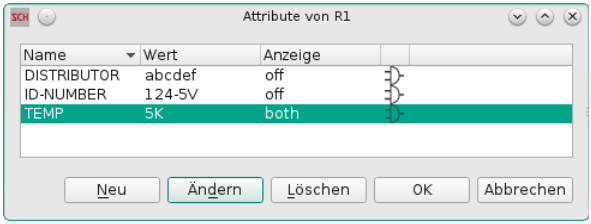
> *Globale Attribute kann man für Schaltplan und Board separat definieren.*

Weitere Informationen finden Sie in der Hilfe des ATTRIBUTE-Befehls.

Attribute für Bauteile

Der ATTRIBUTE-Befehl weist Bauteilen Attribute zu. Ein Attribut besteht aus dem Attribut-Namen und dem zugewiesenen Wert und kann jede beliebige Information enthalten. Sofern ein Attribut schon in der Bibliothek für das Device definiert wurde, können Sie den vorgegebenen Wert im Schaltplan verändern.

Klickt man auf das ATTRIBUTE-Icon und anschließend auf ein Bauteil, öffnet sich ein Dialog-Fenster. Dort sieht man, welche Attribute für das Bauteil in der Bibliothek oder im Schaltplan bereits angelegt wurden.



➤ ***Attribute-Dialog***

In diesem Bild hat das Bauteil R1 Attribute für *DISTRIBUTOR*, *ID-NUMBER*, und *TEMP*. Die Icons rechts zeigen, wo das Attribut definiert wurde:

global im Schaltplan-Editor

global im Layout-Editor

in der Bibliothek im Device-Editor

für das Bauteil im Schaltplan

für das Package im Layout-Editor

> *Attribute, die im Layout-Editor definiert wurden, sind im Schaltplan-Editor nicht sichtbar. Legt man im Schaltplan ein Attribut an, das bereits im Layout existiert, wird der Wert aus dem Layout übernommen.*

Neues Attribut definieren

Klicken Sie auf *Neu*, um ein neues Attribut im Schaltplan anzulegen. Im folgenden Dialog legt man *Name*, *Wert* und *Anzeige*-Option des Attributs fest.

➢ ***Neuanlegen bzw. Ändern eines Attributs***

Im Beispiel ist der Attributname *TOLERANZ*, der Wert beträgt *1%*.

Mit der Option *Anzeige* regeln Sie die Art der Darstellung des Attributs in der Zeichnung. Es gibt vier Optionen:

Off: Das Attribut wird nicht angezeigt
Value: Es wird nur der Wert des Attributs angezeigt (*1%*)
Name: Es wird nur der Attributname gezeigt (*TOLERANZ*)
Both: Es werden Name und Wert angezeigt (*TOLERANZ = 1%*)

Sobald die *Anzeige*-Option nicht *Off* ist, wird der entsprechende Text am Aufhängepunkt des Bauteils bzw. eines Gatters angezeigt. Der Layer, der vor der Definition eines Attributs im Schaltplan eingestellt ist, zum Beispiel mit CHANGE LAYER, bestimmt den Layer für die Beschriftung. Position und Layer können aber jederzeit verändert werden. Auch solche Texte kann man mit SMASH vom Bauteil lösen und somit verschieben, und beispielsweise den Layer, die Schriftgröße oder die Schriftart verändern.

Attribut-Wert ändern

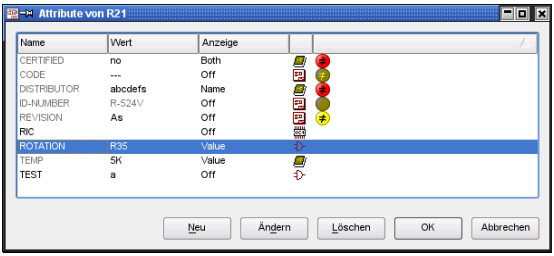
Werte von Attributen, die schon in der Bibliothek definiert wurden, können im Schaltplan verändert werden. Nach einer Änderung zeigt der Attribute-Dialog für das jeweilige Attribut entsprechende Icons. Die Icons haben folgende Bedeutung:

Das gelbe Icon zeigt an, dass das Attribut mit einem *variablen* Wert definiert wurde und dieser verändert ist.

Das rote Icon zeigt an, dass das Attribut ursprünglich mit *konstantem* Wert definiert wurde, inzwischen aber, nach einer Sicherheitsabfrage, verändert wurde.

Das einfache braune Icon zeigt an, dass ein globales Attribut mit einem Bauteilattribut überschrieben wurde. Der Wert hat sich jedoch nicht geändert.

Das braune Icon mit dem Ungleichheitszeichen zeigt an, dass ein globales Attribut durch ein Bauteilattribut überschrieben wurde und dabei der Wert verändert wurde.



➢ ***Attribute-Dialog mit verschiedenen Attributen***

Grauer Text im Attribut-Dialog bedeutet, dass dieser nicht verändert werden kann, beziehungsweise dass der Attribut-Wert dieses Bauteils in der Bibliothek als *constant* definiert wurde.

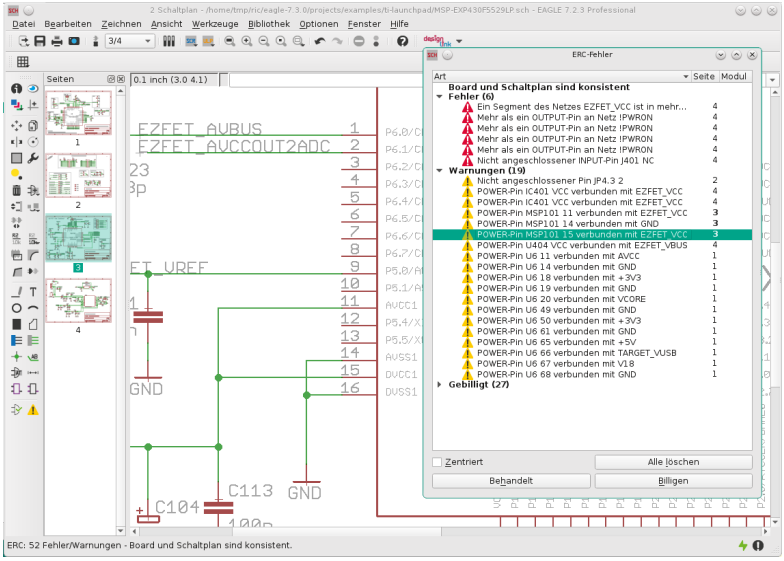
Durch die Icons am Ende jeder Zeile erkennen Sie die Herkunft und den aktuellen Status des jeweiligen Attributs. Fahren Sie mit dem Mauscursor über eines der Icons, zeigt EAGLE einen entsprechenden Infotext, sofern die Direkt-Hilfe im Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* aktiviert ist.

Weitere Details zur Definition von Attributen finden Sie im Bibliothekskapitel ab Seite 314.

ERC – Schaltung überprüfen und korrigieren

Spätestens am Ende der Schaltplanentwicklung sollte man den Schaltplan mit Hilfe des Electrical Rule Check (ERC) überprüfen. Es ist von Vorteil, den ERC während der Arbeit im Schaltplan immer wieder mal aufzurufen, um mögliche Fehler möglichst schnell zu entdecken. Klicken Sie dazu auf das ERC-Icon im Befehlsmenü ERC oder auf den Eintrag *Schaltplan prüfen (ERC..)* im Menü *Werkzeuge*.

Alle Fehlermeldungen und Warnungen, die die Schaltplanlogik betreffen, werden im ERC-Fehler-Fenster angezeigt. Fehler werden in der Liste mit einem roten Icon markiert, Warnungen mit einem gelben.



➢ ***Das ERC-Fehler-Fenster***

Existiert zum Schaltplan ein zugehöriges Board, prüft der ERC auch die Konsistenz zwischen Schaltplan und Board. Werden keine Unterschiede festgestellt, meldet der ERC *Board und Schaltplan sind konsistent*. Andernfalls zeigt das ERC-Fenster einen Zweig mit *Konsistenzfehlern*. Genaueres darüber finden Sie ab Seite 240.

Sie können die Fehler alphabetisch oder nach Schaltplanseiten auf- oder absteigend sortiert anzeigen lassen. Klicken Sie dazu auf die Spaltenüberschriften *Art* beziehungsweise *Seite*.

Klickt man auf einen Eintrag im Zweig *Fehler* oder *Warnungen* des ERC-Fehler-Fensters, zeigt eine Linie an die Stelle im Schaltplan, die betroffen ist. Wenn nur ein Ausschnitt der Zeichnung sichtbar ist, erreicht man durch Anklicken der Option *Zentriert*, dass der selektierte Fehler in der Fenstermitte gezeigt wird.

Überprüfen Sie jeden Fehler und jede Warnung.

Manchmal kann es sein, dass man eine Warnung oder einen Fehler tolerieren möchte. In diesem Fall klicken Sie auf die Schaltfläche *Billigen*. Der aktuelle Eintrag wird in den Zweig *Gebilligt* verschoben und nicht mehr gemeldet.
Soll ein gebilligter Fehler oder eine Warnung wieder als normaler Fehler bzw. als normale Warnung behandelt werden, wählen Sie den entsprechenden Eintrag im *Gebilligt*-Zweig aus und klicken Sie auf die Schaltfläche *Missbilligen*. Der Eintrag erscheint jetzt wieder als normaler Eintrag im ursprünglichen Zweig. Gebilligte Fehler/Warnungen bleiben so lange erhalten, bis Sie sie explizit wieder *Missbilligen*. Auch ein erneuter ERC-Durchgang ändert daran nichts.

Enthält das *Errors*-Fenster nur gebilligte Fehler/Warnungen, wird es nach einem erneuten ERC nicht automatisch geöffnet. In der Statuszeile des Schaltplan-Editor-Fenster erscheint jedoch ein entsprechender Hinweis, zum Beispiel: *ERC: 2 gebilligte Fehler/Warnungen.*

Das Verschieben eines Eintrags von einem Zweig in den anderen, markiert die Schaltplandatei als verändert bzw. nicht gespeichert.

Das ERC-Fehler-Fenster kann, während Sie Fehler bearbeiten, geöffnet bleiben. Nach dem Bearbeiten bzw. Überprüfen eines Fehlers bzw. einer Warnung kann man den Eintrag als *Behandelt* markieren. Das entsprechende Icon wird jetzt grau dargestellt. Behandelte Einträge bleiben in der Fehler-Liste erhalten, solange man keinen neuen ERC startet. Wenn Sie das ERC-Fenster geschlossen haben und über den ERRORS-Befehl wieder öffnen, sind die bereits bearbeiteten Fehler nach wie vor grau markiert.

Wenn Sie auf die Schaltfläche *Alle löschen* klicken, sind keine Fehler/Warnungen mehr in der Liste; die gebilligten Fehler und Warnung bleiben jedoch bestehen. Das Fenster zeigt die Meldung: *Liste wurde vom Anwender gelöscht.*

Wurde noch kein ERC durchgeführt, wenn Sie versuchen mit ERRORS die Fehlerliste einzusehen, wird zuerst automatisch der ERC gestartet.

Der ERC prüft den Schaltplan nach einem starren Schema. In manchen Fällen ist es notwendig, Fehlermeldung oder Warnungen zu tolerieren. Geben Sie bei Bedarf Netz- und Pin-Liste mit dem EXPORT-Befehl aus. Mit SHOW kann man Netze im Schaltplan verfolgen.

Schaltplanseiten organisieren

Sollte Ihr Schaltplan etwas umfangreicher sein oder sollten Sie den Schaltplan der Übersicht halber auf mehrere Seiten verteilen wollen, kann man über das Kontextmenü der Seitenvorschau neue Seiten hinzufügen beziehungsweise löschen. Klicken Sie dazu einfach mit der rechten Maustaste auf eine der Schaltplanseiten in der Vorschau links im Schaltplan-Editor-Fenster.
Eine neue Seite wird immer als letzte Seite angefügt.

Man kann in der Seitenvoransicht mittels Drag&Drop die Reihenfolge der Seiten beliebig ändern. Klicken Sie dazu mit der linken Maustaste auf eine Seite und ziehen Sie diese an die gewünschte Position.

Alternativ kann man Schaltplanseiten mit dem EDIT-Befehl über die Kommandozeile sortieren:

```
EDIT .s5 .s2
```

schiebt zum Beispiel Seite 5 vor die Seite 2. Weitere Informationen dazu gibt es in der Hilfe zum EDIT-Befehl.

Über das Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* können Sie die Seiten-vorschau ein- oder ausschalten.

Beim Wechsel von einer Seite auf eine andere und wieder zurück wird der vorherige Bildausschnitt wieder hergestellt.

Was noch zu beachten ist

Übereinander liegende Pins

Wird der Anschlusspunkt eines Pins, der noch nicht mit einer Netzlinie verbunden ist, auf den Anschlusspunkt eines anderen Pins platziert, sind sie verbunden. Wird hingegen ein Pin, der schon mit einer Netzlinie verbunden ist auf einen anderen Pin platziert, entsteht keine Verbindung.

Offene Pins bei MOVE

Wird ein Bauteil mit MOVE bewegt und liegt nach dem Absetzen ein offener Pin dieses Bauteils auf einem vorhandenen Netz oder auf einem anderen Pin, werden diese miteinander verbunden. Verwenden Sie UNDO, wenn das versehentlich passiert ist.

Duplizieren einer Teilschaltung im Schaltplan

Wenn Sie einen Teil Ihres Schaltplans mehrmals verwenden wollen, können Sie diesen mit GROUP und COPY in die Zwischenablage legen und anschließend mit PASTE auf derselben oder einer anderen Seite wieder platzieren. Mehrmaliges PASTE nacheinander ist möglich

Bauteilenamen werden automatisch weiter gezählt. Netze, die mit einem Label versehen oder mit einem Supply-Pin verbunden sind, und das Label oder der Supply-Pin auch Teil der selektierten Gruppe sind, behalten den ursprünglichen Namen bei. Alle anderen Netze werden neu benannt.

Mit konsistentem Layout

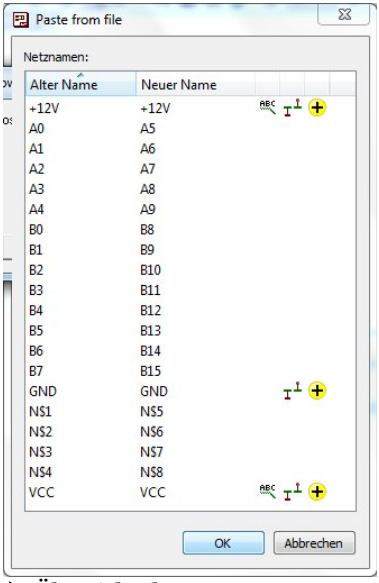
Fall Sie aus Ihrem Schaltplan bereits ein Layout erstellt haben, werden die neu eingefügten Bauteile im Layout links neben der Platinenkontur mit den zugehörigen Signallinien platziert. Diese müssen dann wie gewohnt im Layout angeordnet und geroutet werden.

Zusammenfügen von verschiedenen Schaltplänen

Über das Menü *Datei/Importieren/EAGLE-Zeichnung...* kann man einen beliebigen Schaltplan in die aktuelle Zeichnung einfügen. Dazu werden entsprechend eine oder mehrere Seiten, je nach Seitenanzahl im einzufügenden Schaltplan angelegt. Die Seiten werden am Ende der bisherigen Seiten angehängt. Wenn gewünscht, können Sie die Seiten mit Drag&Drop in der Seitenvoransicht neu ordnen.

Beim Einfügen der Objekte prüft EAGLE, ob die Namen im aktuellen Schaltplan schon benutzt werden. EAGLE zeigt vor dem Platzieren aus den Zwischenspeicher ein Fenster mit Informationen über die Netznamen. Die Tabelle enthält eine Spalte mit den Namen der Netze aus dem ursprünglichen

Schaltplan, *Alter Name*, und eine Liste mit den Netznamen die EAGLE vorschlägt, nachdem sie in den aktuellen Schaltplan eingefügt wurden, Spalte *Neuer Name*. Klicken Sie einfach mit der Maus auf einen der Einträge, um den neuen Namen eines der Netze selbst zu definieren.



➢ ***Übersicht der Netznamen vor und nach dem Einfügen***

Netze, die ein Label haben oder mit einem Supply-Pin verbunden sind, behalten standardmäßig den ursprünglichen Namen. In der *Einfügen*-Tabelle werden solche Netze mit Icons markiert, die Ihnen den Grund für das Beibehalten des Namens zeigen. Selbstverständlich steht es Ihnen frei, auch die Namen zu verändern.

Namen von Netzen, die zu Bussen gehören oder von Netzen, die mit impliziten Versorgungsspannungspins verbunden sind, können beim Einfügen nicht verändert werden.

Wenn Sie den PASTE-Befehl in der Kommandozeile verwenden, können Sie einen Offset für die Neunummerierung der Bauteile angeben.

```
PASTE 200 kanal1.sch
```

fügt den Schaltplan mit Namen *kanal1.sch* ein und inkrementiert die Bauteilnummern um einen Offset von 200. Aus *R1* wird zum Beispiel *R201*.

Diese Funktion finden Sie auch im Menü *Datei/Importieren...*

Mit konsistentem Layout

Wenn Sie ein konsistentes Schaltplan/Board-Paar in ihr aktuelles Projekt, das auch aus einem konsistenten Schaltplan/Board-Paar besteht über *Datei/Importieren/EAGLE-Zeichnung...* einfügen, wird der Schaltplan auf eine

neue oder entsprechend viele neue Seiten gelegt und gleichzeitig das Layout in das aktuelle Board kopiert. Das neue Layout wird links neben dem bisherigen Layout platziert. Dieser Teil kann dann beispielsweise mit GROUP und MOVE an die gewünschte Stelle geschoben werden.

Als Alternative zum Menü *Datei/Importieren...* und der Eingabe des PASTE-Befehls in der Kommandozeile, kann man auch per Drag&Drop einen Schaltplan bzw. ein Layout aus dem Projekte-Zweig des Control Panels in ein geöffnetes Schaltplan-/Layout-Editor-Fenster einfügen.

Mehrkanal-Layouts

Diese Funktion lässt sich sehr gut zur Erstellung von Mehrkanal-Layouts verwenden:
Zeichnen Sie zuerst den Schaltplan für einen Kanal des Geräts und erzeugen Sie daraus das Board. Platzieren Sie dann die Bauteile und verlegen Sie die Leiterbahnen. Wenn das Layout fertig ist, kopieren Sie über *Datei/Importieren/EAGLE-Zeichnung...* das Schaltplan/Layout-Paar so oft wie notwendig in ein gemeinsames Schaltplan/Layout-Paar.

Wenn Sie *Datei/Importieren/EAGLE-Zeichnung...* im Layout-Editor starten, wird das Layout an den Mauscursor gehängt und Sie können es an beliebiger Stelle absetzen. Der Schaltplan wird auf einer neuen Seite im aktuellen Schaltplan eingefügt. Wenn Sie das Einfügen über die Kommandozeile ausführen, können Sie mit einer Koordinatenangabe das Layout exakt platzieren.

```
PASTE TEST.BRD (10 30)
```

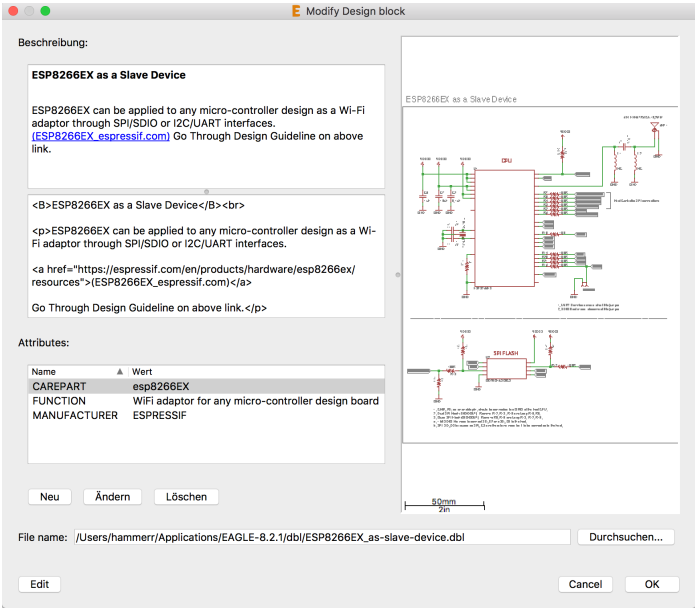
setzt beispielsweise das Layout aus test.brd mit einem Offset von (10 30) in der aktuellen Rastereinheit gegenüber der Originalposition ab.

Falls Sie den Import aus dem Schaltplan-Editor heraus starten, wird das zugehörige Layout links vom bereits vorhandenen Layout platziert.

Design Blocks

Ein Design Block (*.dbl) kann aus Schaltplan oder Layout oder idealerweise aus beidem bestehen. Falls nur ein Schaltplan geladen ist, wird nur der entsprechende Schaltplanteil beziehungsweise beim Layout-Editor nur der entsprechende Layoutteil eingefügt. Um beide Teile eines Design Blocks einzufügen, muss ein konsistentes Schaltplan/Board-Paar laden sein.

Das Control Panel zeigt im entsprechenden Zweig der Baumansicht verfügbare Design Blocks. Ein Klick auf einen Einträge zeigt eine Voransicht des Design Blocks. Mit einem Doppelklick öffnet sich das *Modify*-Fenster. Hier kann man die Beschreibung editieren, Attribute anlegen, löschen und modifizieren oder über die Schaltfläche *Bearbeiten* den Editier-Modus starten. Es öffnet sich ein *Design-Block-Schematic*- bzw. *Design-Block-Layout*-Editor-Fenster. Sie unterscheiden sich in der Darstellung, abgesehen von der Titelzeile, nicht von einem ‚normalen' Schaltplan- bzw. Layout-Editor-Fenster.



➢ ***Modifizieren der Eigenschaften eines Design Blocks***

Design Block ins aktuelle Projekt einfügen

Zum Einfügen eines Design Blocks verwendet man im Schaltplan bzw. Layout das „PASTE DBL“-Icon oder man fügt den Design Block aus dem Control Panel in die Zeichnung ein. Mit einem Rechtsklick auf eine Eintrag in der Baumansicht, gibt es in Kontextmenü die Option *In Schaltplan/Board einfügen*.

Wenn man einen Design Block vom Layout-Editor aus über das „PASTE DBL“-Icon eingefügt, funktioniert das genauso wie beim Importieren einer EAGLE-Zeichnung. Der Layoutteil kann mit der Maus positioniert werden, gleichzeitig werden die entsprechenden Seiten des Design Blocks im Schaltplan angelegt.

Fügt man den Design Block vom Schaltplan aus ein und hat der Design Block nur eine Seite, kann der Schaltplan mit der Maus auf der aktuellen Seite platziert werden. In diesem Fall wird keine neue Seite angelegt.

Zeichnung als Design Block speichern

Im Menü *Datei/Als Design Block speichern…* (WRITE DBL) des Schaltplan- und Layout-Editors kann man von der aktuell geladenen Zeichnung (abhängig von welchem Editor aus man diese Aktion startet und ob es sich um ein konsistentes Projekt handelt) unter dem gegebenen Namen einen Design Block erstellen.

Wird keine Name angegeben, erscheint der „Design Block“-Dialog (siehe Abbildung oben). Hier kann man eine Beschreibung und Attribute anlegen. Oben links sieht man die Voransicht der Beschreibung. Im Feld darunter editiert man die Beschreibung, bei der die grundlegenden HTML-Tags unterstützt werden.

Die Attribute werden über die Schaltflächen *Neu*, *Ändern* und *Löschen* bearbeitet. Es gibt auch automatisch erzeugte Attribute, die nicht editiert werden können.

Die Voransicht rechts zeigt den Inhalt des Design Blocks. In der Zeile *File-Name* legt man Speicherort und Namen fest.

Eine Auswahl aus der Zeichnung als Design Block speichern

Nach einem Klick auf den Menüpunkt *Datei/Auswahl als Design Block speichern...* kann man im Schaltplan oder Board, oder bei einem konsistenten Schaltplan/Board-Paar aus beiden Zeichnungen, Objekte auswählen (GROUP-Befehl) und als Design Block speichern.

Die Auswahl der Objekte erfolgt additiv und kann auch mehrfach angepasst werden. Die Abwahl eines Objekts funktioniert mit *Ctrl* + Linksklick. Die Auswahl im ersten Editor-Fenster wird mit *Ctrl* + Rechtsklick abgeschlossen.

Bitte achten Sie auf die Hinweise in der Statuszeile des Editor-Fensters.

Es gibt eine Reihe von Kriterien, die für die Auswahl geprüft werden (siehe unten). Werden diese nicht erfüllt, wird eine entsprechende Fehlermeldung gezeigt und Sie müssen die Auswahl der Objekte entsprechend ändern.

Ist nur ein Editor-Fenster geöffnet, erscheint nach Abschluss der Auswahl der „Design Block“-Dialog mit der Voransicht der Auswahl. Diese kann nun gespeichert werden.

Wenn beide Editor-Fenster geöffnet sind, fahren Sie nach *Ctrl* + Rechtsklick mit der Auswahl der Objekt im zweiten Editor-Fenster fort. Aufgrund der Back/Forward-Annotation sind die vorher gewählten Objekte bereits selektiert (zum Beispiel das Bauteil R1 im Layout, wenn dieses zuvor im Schalplan selektiert wurde). Im zweiten Editor-Fenster können noch weitere Objekte, die keinen Einfluß auf die Back/Forward-Annotation haben zur Auswahl hinzugefügt werden. Die Auswahl/Abwahl von Objekten, die die Annotation stören, werden automatisch ausgefiltert.
Objekte ohne elektrische Eigenschaften, wie Texte oder Dimensions-Linien usw. dürfen gewählt werden, Leiterbahnen oder Signal-Polygone dürfen zur Auswahl hinzugefügt oder entfernt werden, sofern diese bereits gewählt waren. Der Auswahl-Prozess wird mit einem weiteren *Ctrl* + Rechtsklick beendet. Es erscheint der Design Block Dialog. Es wird die kombinierte Voransicht (Schaltplan und Layout) angezeigt. Der Design Block kann jetzt gespeichert werden.

Die kombinierte Auswahl ist nur möglich, wenn Schaltplan und Board konsistent sind. Die Selektion funktioniert in beiden Richtungen.

Die Auswahl funktioniert noch nicht in hierarchischen Schaltplänen.

Auswahlkriterien

- Wenn der Schaltplan aus mehreren Seiten besteht und die Auswahl im Layout beginnt, müssen sich die zugehörigen Objekte auf der aktuell gewählten Seite befinden.
- Wenn die Auswahl im Schaltplan beginnt, wird geprüft, ob ein Netz vollständig gewählt wurde. Es sollen keine Netz-Segmente oder Labels verloren gehen.
- Es müssen alle Instanzen eines Bauteils gewählt werden.
- Wird ein Netzsegment gewählt, müssen auch alle damit verbundenen Bauteil-Instanzen gewählt werden.

6.2 SPICE-Simulation

SPICE-Simulation ist hervorragend geeignet um Schaltungsdesigns zu verifizieren. Es kann eine einfache Überprüfung sein, um zum Beispiel sicherzustellen, dass alle Dioden den von ihnen benötigten Strom erhalten, oder eine etwas aufwändigere, um zu vergleichen, ob die eigene Berechnung für die Verstärkung und den Frequenzgang eines sorgfältig konstruierten analogen Verstärkers korrekt ist. Die Simulation kann ein wichtiger Input für die Validierung eines Design sein.

EAGLE wird mit dem NGSPICE-Simulator. NGSPICE ist ein Open-Source Mixed-Level/Mixed-Signal-Schaltungssimulator, basierend auf Berkeley spice3f5. Weitere Informationen zu NGSPICE finden Sie in der Dokumentation im Verzeichnis /ngspice / in der EAGLE-Installation.

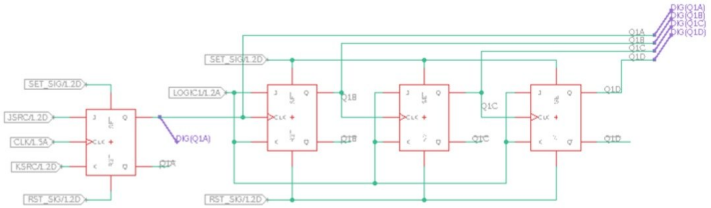
EAGLE unterstützt derzeit die Betriebsarten Operating Point, Transient (Zeit), AC (Frequenz) und DC-Analyse, Voll-Digital- und Mixed-Signal-Simulationsmodi.

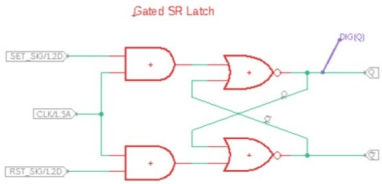
Sie können jede gültige SPICE-Schaltung mit EAGLE simulieren. Dies bedeutet, dass alle Komponenten in Ihrem Schaltplan SPICE-Modellen zugeordnet wurden, entweder primitive- oder modellbasiert.

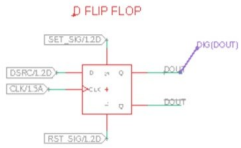
EAGLE wird mit einer als *ngspice-simulation* bezeichneten Bibliothek von simulationsfertigen Devices geliefert. Diese sind bereits auf ihre richtigen SPICE-Typen zugeordnet und ggf. dafür Modelle bereitgestellt worden. Dies bedeutet, dass Sie mit diesen Teilen einfach simulationsfähige Schaltpläne erstellen können. Sie können auch eigene simulationsfähige Devices in Bibliotheken erstellen oder Ihre Bauteile direkt in einem vorhandenen Schaltplan zuordnen, unabhängig davon, aus welcher Bibliothek sie stammen.

Mit der **digitalen Simulation** können Sie digitale Schaltungen simulieren, die digitale Logik-Primitiv-Gatter wie AND, OR und NOT verwenden. Es gibt viele eingebaute digitale Primitive, und EAGLE stellt einige davon als Devices in der digitalen Bibliothek *ngspice-digital* zur Verfügung. Das folgende

Beispielschema zeigt eine Schaltung, die einige dieser Teile verwendet, einschließlich JK-Flipflops, UND- und NOR-Gatter.





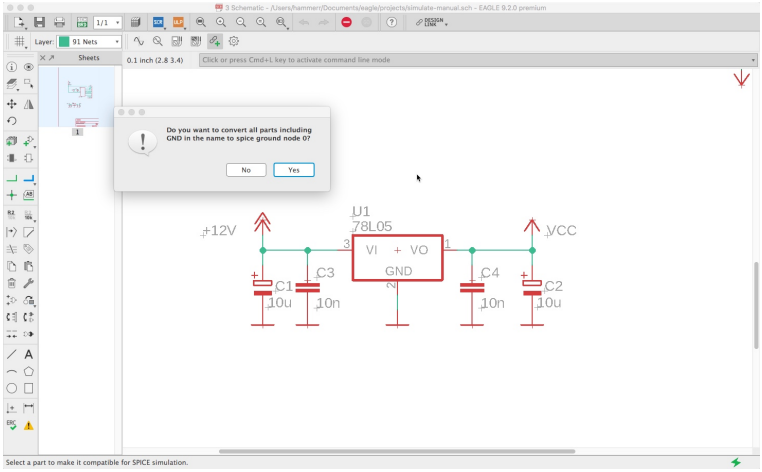


SPICE-Mapping im Schaltplan

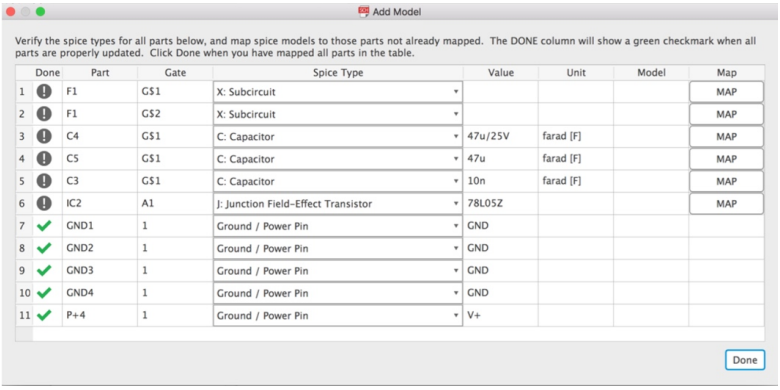
Um sicherzustellen, dass Ihr Schaltplan für die Simulation bereit ist, gehen Sie wie folgt vor:

• Wählen Sie alle Teile in Ihrem Schaltplan aus und starten Sie den Befehl ADDMODEL. Dieser kann gestartet werden, indem Sie mit der rechten Maustaste auf ein Device klicken und aus dem Kontextmenü auswählen. Alternativ kann er auch über die Kommandozeile oder über das Befehls-Icon in der Befehlsleiste gestartet werden.

• Wenn Sie GND-Symbole in Ihrem Design haben, werden Sie gefragt, ob Sie diese in SPICE-Masse konvertieren möchten. Wählen Sie *Ja*, wenn das für Ihr Design in Ordnung ist. Sie können dies auch schrittweise für jedes einzelne Bauteil machen und später Masse (GND) hinzufügen oder erstellen. Jeder simulierbare Schaltplan benötigt mindestens eine SPICE-Masse, die irgendwo in der Schaltung angeschlossen ist.



• Als nächstes wird Ihnen eine Tabelle mit allen Bauteilen des Designs angezeigt. Außerdem wird angezeigt, ob sie Simulationsbereit sind (die Spalte DONE sollte für alle Teile ein grünes Häkchen haben), welcher Typ der Simulator bei der Durchführung der Berechnungen annehmen wird, und ggf. deren Wert und Einheiten.



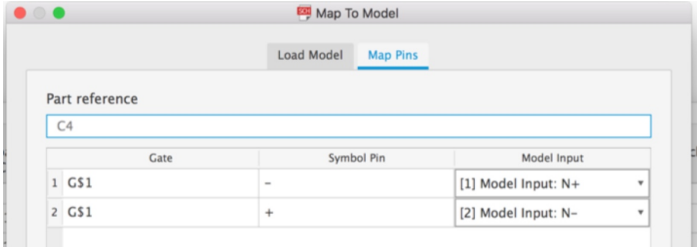
	Done	Part	Gate	Spice Type	Value	Unit	Model	Map
1	!	F1	G$1	X: Subcircuit				MAP
2	!	F1	G$2	X: Subcircuit				MAP
3	!	C4	G$1	C: Capacitor	47u/25V	farad [F]		MAP
4	!	C5	G$1	C: Capacitor	47u	farad [F]		MAP
5	!	C3	G$1	C: Capacitor	10n	farad [F]		MAP
6	!	IC2	A1	J: Junction Field-Effect Transistor	78L05Z			MAP
7	✓	GND1	1	Ground / Power Pin	GND			
8	✓	GND2	1	Ground / Power Pin	GND			
9	✓	GND3	1	Ground / Power Pin	GND			
10	✓	GND4	1	Ground / Power Pin	GND			
11	✓	P+4	1	Ground / Power Pin	V+			

Wenn die Devices bereits in einer Bibliothek gemappt wurden, gibt es nichts weiter zu tun und sie sollten als DONE angezeigt werden.

• Die letzte benötigte Information ist das SPICE-Modell. Nicht alle Bauteile benötigen eins, abhängig von der Auswahl in der Spalte *Spice Type*.

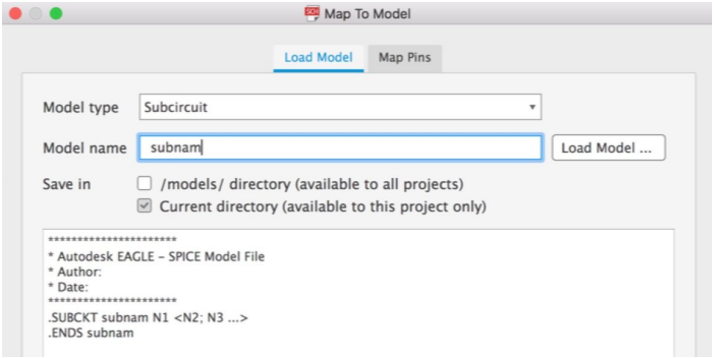
• Der *Spice Type*, der im Dropdown-Menü für ein Device ausgewählt wurde, teilt EAGLE mit, ob ein SPICE-Modell benötigt wird und ob das Teilsymbol SPICE-Modelleingängen zugeordnet werden muss. Klicken Sie auf die *MAP*-Schaltfläche für jedes Teil, für das eine Zuordnung erforderlich ist.

• Für ein einfaches passives Bauteil, wie Kondensator C4 im obigen Bild, sieht der Mapping-Dialog wie folgt aus: Es gibt keine zu ladende Datei, also geht es direkt zum *Map Pins*-Schritt, wo Sie EAGLE mitteilen müssen, welche Pins im Symbol welchen Pins im SPICE-Modell zugeordnet werden.
In diesem Fall ist das SPICE-Modell für einen Kondensator bereits bekannt. Es gibt zwei Eingänge, die N+ und N- genannt werden. Die Zuordnung vom Symbol zum Modell teilt EAGLE einfach mit, welche Pins des Symbol zu welchen Eingängen im Modell passen.



• Sobald Sie das Symbol dem Modell zugeordnet haben, wird die Tabelle aktualisiert, und alle Instanzen dieses Device-Typs werden als *Done* (Erledigt) markiert und sind bereit für die Simulation.

• Das muss für jedes Device im Schaltplan, das nicht als erledigt gekennzeichnet ist (kein grünes Häkchen hat), gemacht werden. Für Bauteile denen Modelldateien zugeordnet werden müssen, wird nach dem Klick auf *MAP* in der Tabelle in der oben gezeigte Registerkarte *Load Model* festgelegt, welche Modelldatei geladen und wo sie gespeichert werden soll. Dann fahren Sie mit der Zuordnung der Modelle fort, wie oben beschrieben.



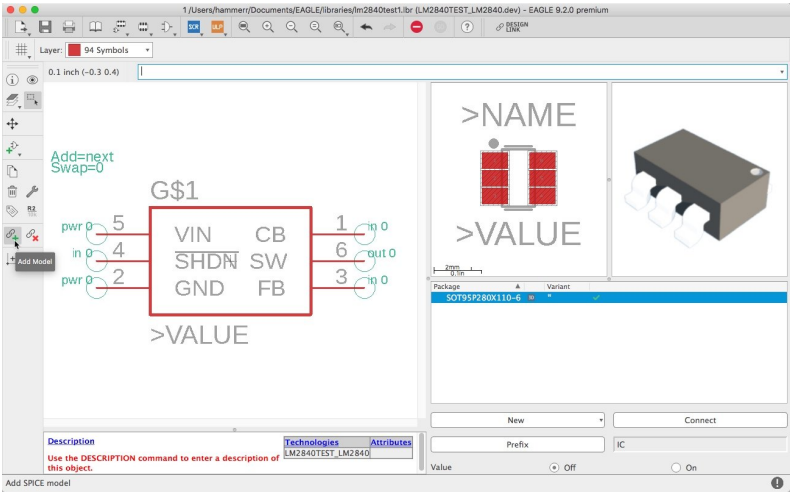
Sobald alle Teile zugeordnet sind, können Sie loslegen!

Beachten Sie, dass Sie Teile nacheinander zuordnen können, indem Sie mit der rechten Maustaste darauf klicken und Modell hinzufügen wählen. Wenn Sie jedoch alle auswählen und innerhalb der Tabelle arbeiten, sparen Sie viel Zeit.

SPICE Mapping in der Bibliothek

Damit Ihnen Bauteile zur Verfügung stehen, die bereits gemappt und für die Simulation bereit sind, wird empfohlen, den SPICE-Typ und die Modelle schon im Bibliothekseditor zu definieren. Die Vorgehensweise ist so wie vorher beschrieben. Starten Sie den ADDMODEL-Befehl und es öffnet sich der Mapping-Dialog, den Sie aus dem Schaltplan bereits kennen. Der einzige Unterschied ist, dass nur ein Bauteil in der Liste steht. Wenn Sie mehrere Gates in Ihrem Device-Set haben, sehen Sie mehrere Einträge. Wählen Sie einfach den SPICE-Typ, laden Sie Modelle, falls erforderlich, und ordnen Sie die Symbol-Pins den Modelleingängen/-ausgängen zu, genauso wie im Schaltplan.

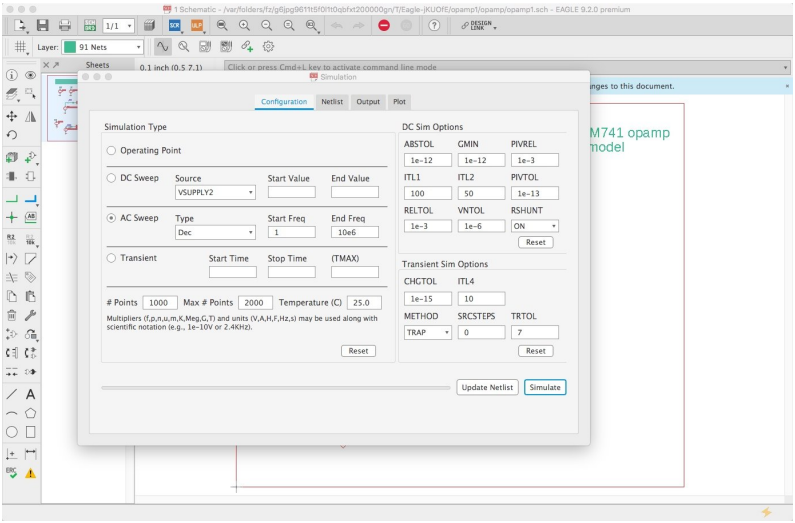
Danach speichert EAGLE das Mapping und die Modelle (falls vorhanden) in der Bibliothek. Wo immer Sie die Teile verwenden, sind sie simulationsbereit.



Simulation ausführen

Sobald der Schaltplan für die Simulation bereit ist, führen Sie den Befehl SIMULATION aus. Beachten Sie, dass Sie dies mit einem der vorgefertigten Beispiele im Ordner /examples/ngspice, der mit EAGLE geliefert wird, bereits versuchen öffnen.

Wenn Sie den SIMULATION-Befehl starten, wird der Simulationsdialog angezeigt. Die erste aktivierte Registerkarte ist die Konfiguration. Hier entscheiden Sie, welche Art von Simulation Sie ausführen möchten und welche Parameter Sie festlegen möchten.



Die Optionen auf der linken Seite im Abschnitt *Simulation Type* und darunter die Anzahl der Punkte (*# Points*) und *Temperature* sind diejenigen, die Sie regelmäßig ändern werden. Die Optionen auf der rechten Seite in den Abschnitten *DC Sim Options* und *Transient Sim Options* sind erweiterte Optionen, die Sie in den meisten Fällen nicht ändern müssen. Weitere Informationen dazu finden Sie im NGSPICE-Handbuch.

Grundlegende Simulationsoptionen

Derzeit gibt es vier unterstützte SPICE-Simulationstypen: AC, DC, Transient und Operating Point (O.P.).

Operating Point

Wenn Sie eine Simulation vom Typ Operating Point wählen, müssen Sie keine besonderen Einstellungen machen und können einfach auf die Schaltfläche *Simulieren* klicken. Eine O.P.-Analyse ist nützlich, wenn Sie Informationen wie Spannungen oder Strompegel anzeigen möchten.

DC-Sweep

Wenn Sie DC-Sweep wählen, bedeutet dies, dass Sie eine Spannung oder einen Strom variieren und die DC-Antwort des Schaltkreises sehen möchten, zum Beispiel um zu sehen, wie er reagiert, wenn die Stromversorgung von 0 bis 3V geht. Wählen Sie aus der Dropdown-Liste *Source* eine unabhängige Spannungs-/Stromquelle (ein Bauteil, das einem unabhängigen SPICE-Source-Typ zugeordnet wurde) und geben Sie den Start- und Endwert für den Sweep an.

AC-Sweep

Wenn Sie AC Sweep wählen, bedeutet dies, dass Sie Ihre Schaltung über einen Bereich von Frequenzen simulieren möchten, zum Beispiel um zu sehen, ob ein Verstärker bei niedrigen und hohen Frequenzen gut funktioniert.

Wählen Sie den AC-Sweep-Typ (DEC = dekadische / logarithmische Skala, LIN = lineare Skala) und stellen Sie die Start- und Endfrequenzen ein.

Transient-Analyse

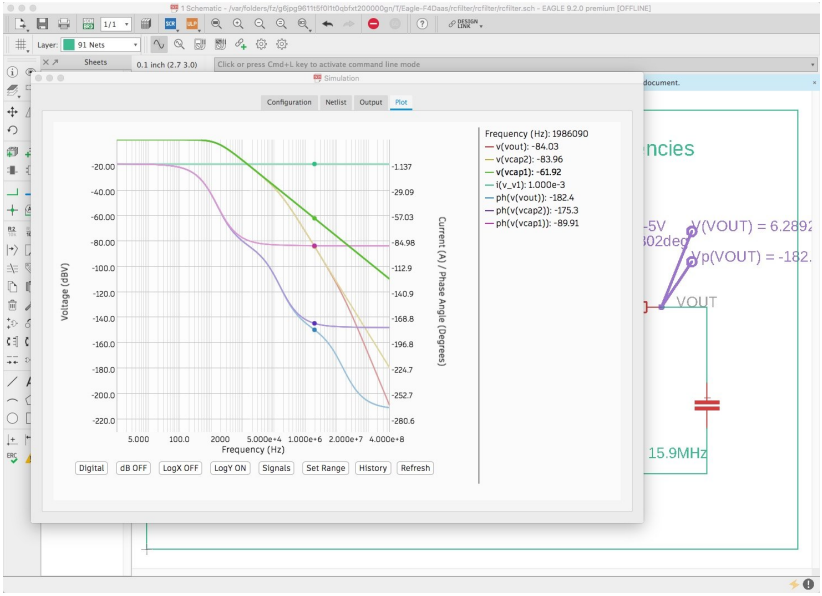
Wenn Sie eine Transientenanalyse wählen, simulieren Sie Ihre Schaltung im Zeitverlauf. Stellen Sie die START und STOP Zeiten ein. Sie können z. B. eine 1-Sekunden-Timer-Schaltung im Verlauf von 0 bis 5 Sekunden simulieren, um zu sehen, ob die Timer-Funktion wie vorgesehen arbeitet. *TMAX* ist eine erweiterte Einstellung, mit der der maximale Zeitschritt festgelegt wird, den der Simulator verwenden soll - Sie können ihn leer lassen. Der Standardwert sollte für die meisten Situationen gut sein.

Für AC, DC und Transient ist es ebenfalls wichtig, die Anzahl der Simulations-Punkte festzulegen. Das Feld *# Points* enthält die Anzahl der Punkte, die die Genauigkeit festlegt, mit der EAGLE simulieren soll. Da der Simulator möglicherweise mehr Punkte verwendet, als Sie ursprünglich vorgegeben haben, wird das Feld *Max. # Points* verwendet, um sicherzustellen, dass der Plotter nicht zu viele Punkte zeichnet.
Setzen Sie *# Points* etwa zwischen 200 und 500, und *Max. # Points* auf 1000 für die besten Ergebnisse.

Klicken Sie dann auf *Simulieren*, um die Simulation zu starten. Die Simulation wird als Hintergrundprozess ausgeführt. Wenn es länger als ein paar Sekunden dauert (bei einigen Simulationen kann das sein), sehen Sie den Fortschritt in der Fortschrittsanzeige im Simulationsdialog. Sie können die Simulation jederzeit abbrechen, indem Sie einfach den Simulationsdialog schließen.

Simulations-Ergebnisse

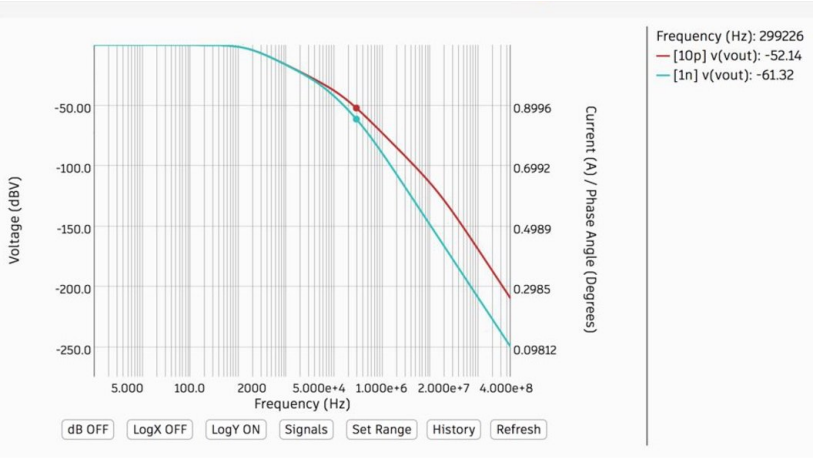
Nachdem Sie die Simulation ausgeführt haben, sehen Sie die Ergebnisse für die AC-, DC- und Transient-Simulationstypen. Für die O.P.-Analyse werden die Textsimulationsergebnisse angezeigt (für O.P. ist keine Zeichnung vorhanden). In allen Fällen gibt es eine Kopie der SPICE-Netzliste, die in der Simulation verwendet wird, und die rohen Simulationsdaten.



Für Fortgeschrittene – Simulation aus der Netzliste

Einige Designer möchten vielleicht Vergleichssimulationen durchführen. Zum Beispiel könnte man die Simulation mit einem Bauteil eines bestimmten Wertes ausführen und anschließend mit anderen Werten wiederholt simulieren. Das kann man ganz einfach erreichen indem man manuelle Änderungen in der *Netlist* vornimmt und die History-Funktion verwendet, um die verschiedenen Ergebnisse der Simulationen anzeigen lässt.

Unten sind Ergebnisse für C3 = 1nF, kombiniert mit den Ergebnissen von C3 = 10pF. Eine Schaltung wurde mit jeweils anderem Wert für C3 simuliert. Im Plot sieht man deutlich den Unterschied, zum Beispiel in der Verstärkung bei einer gegebenen Frequenz für die zwei simulierten Werte.



6.3 Der hierarchische Schaltplan

Ein hierarchischer Schaltplan unterscheidet sich von dem im Abschnitt 6.1 erzeugten Schaltplan in seiner Struktur. Er enthält untergeordnete Einheiten, sogenannte Module, die jeweils einen Teil des gesamten Schaltplans darstellen.

Module können genauso bearbeiten werden, wie ein einfacher Schaltplan. Module können über mehrere Modulseiten verteilt werden. Die Modulseiten, werden in der Seiten-Voransicht des Schaltplan-Editor-Fenster angezeigt; genauso wie normale Schaltplanseiten.

Module werden üblicherweise auf der obersten Ebene des Schaltplans als Modul-Instanz, die durch ein einfaches Symbol (Kästchen) dargestellt wird, repräsentiert. Modul-Instanzen eines Moduls können mehrfach verwendet werden.

An den Modul-Instanzen werden Ports definiert, die als Schnittstelle zwischen den Netzen im Modul und der übergeordneten Ebene dienen. Über Ports werden zum Beispiel verschiedene Modul-Instanzen miteinander verbunden oder Verbindungen zwischen Netzen in einem Modul und Netzen auf der Hauptschaltplanebene etabliert. Ports können nicht nur einzelne Netze exportieren, es ist auch möglich einfache Busse über einen Port zu exportieren.

Der hierarchische Schaltplan kann beliebig viele Ebenen haben. Das heißt, es ist möglich, in einem Modul eine Modul-Instanz eines anderen Moduls zu verwenden und so weiter. Die Tiefe der Hierarchie kann beliebig tief sein.

Wird aus einem hierarchischen Schaltplan ein Layout erzeugt, ist das Ergebnis wie aus einem Schaltplan ohne Hierarchie.

Erzeugen eines Moduls

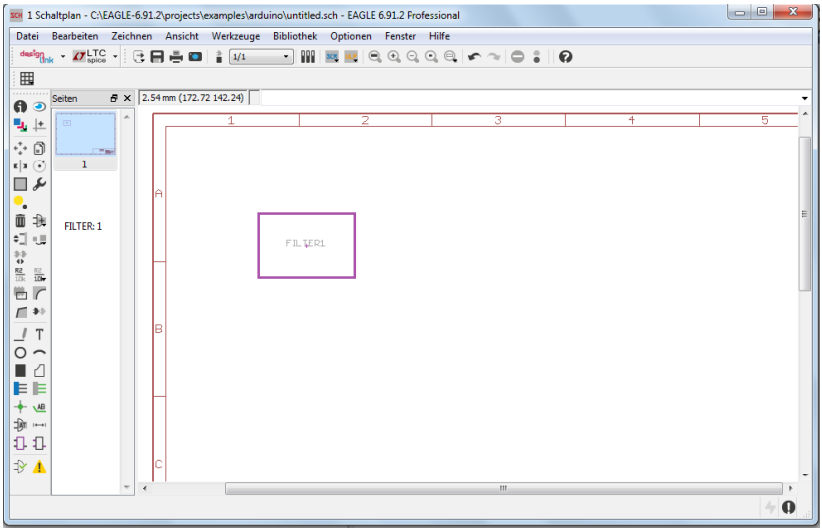
Zum Anlegen eines Moduls verwendet man den MODULE-Befehl. Klicken Sie auf das MODULE-Icon . Es öffnet der sich Module-Dialog. In die Zeile *Neu:* tippen Sie den Namen des Moduls, z.B. *FILTER*. In der Zeile *Prefix* kann auch gleich ein Präfix für die Modul-Instanzen festgelegt werden. Klick auf *OK* legt das Modul an.
Am Mauscursor sehen Sie jetzt die Modul-Instanz des Moduls FILTER, die Sie auf der ersten Seite des Schaltplans platzieren können. Wenn Sie den Befehl abbrechen bevor Sie die Modul-Instanz platzieren, ist das Modul trotzdem schon angelegt. Sie sehen das in der Seitenvorschau: Es ist eine Modulseite mit dem Namen *FILTER:1* (Modul Filter, Modulseite 1) sichtbar.

Wenn Sie mehrere Module anlegen möchten, ohne bereits eine Modul-Instanz zu platzieren, geht das bequem über die Kommandozeile:

```
MODULE FILTER;
MODULE PREAMP;
MODULE POWERSUPPLY PS*;
```

legt jeweils nach Rückfrage ein leeres Modul mit entsprechenden Namen an. Für das Module *POWERSUPPLY* wird für die Modul-Instanzen das Präfix *PS* definiert. Die Modul-Instanzen heißen dann also *PS1*, *PS2* usw.

Im hierarchischen Schaltplan dürfen beliebig viele Module angelegt werden.



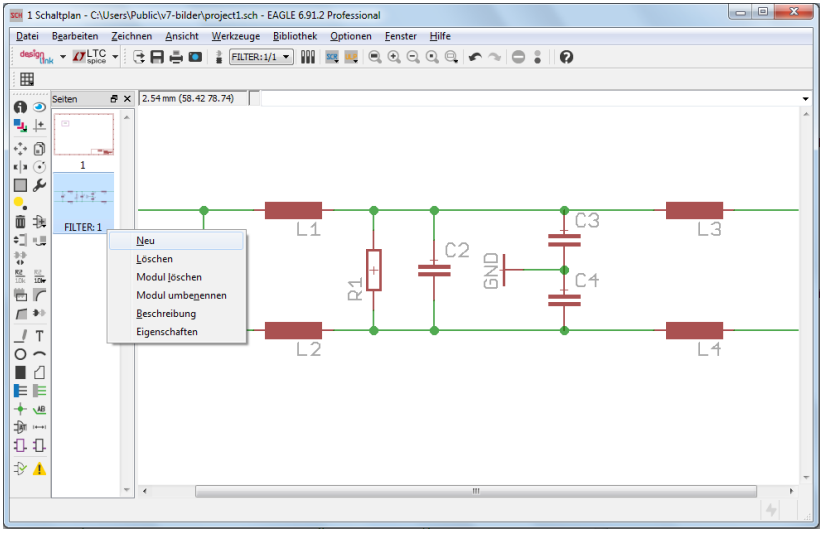
➢ ***Modul-Instanz für das Modul Filter (noch ohne Ports und ohne Inhalt)***

Im Bild wurde ein Modul mit Namen *Filter* angelegt. Die Modulseite ist noch leer. Es sind noch keine Bauteile und Netze gezeichnet. Die zugehörige Modul-Instanz wurde auf der Schaltplanseite bereits platziert und hat den Namen *FILTER1*.

Modul-Instanzen und deren Ports werden automatisch im Layer 90, *Modules*, gezeichnet.

Im nächsten Schritt definieren Sie den Inhalt des Moduls. Dazu wechseln Sie auf die Modulseite indem Sie auf die Voransicht oder in der Aktionsleiste auf die Seitenauswahl-Box klicken. Jetzt zeichnen Sie das Modul genauso wie im vorigen Abschnitt *Schaltplan erstellen* beginnend mit Seite 139 beschrieben.

Ein Modul kann über mehrere Seiten gezeichnet werden. Um eine neue Modulseite anzulegen, klicken Sie in der Seitenvorschau mit der rechten Maustaste auf eine Modulseite. Im Kontextmenü wählen Sie dann die entsprechende Option.



➢ ***Kontextmenü der Modulseite Filter:1***

Im Kontextmenü der Modulseite kann man mit *Neu* eine zusätzliche Seite für das Modul anlegen, eine Modulseite *löschen*, oder auch ein vollständiges Modul mit all seinen Modul-Instanzen vollständig aus dem Schaltplan entfernen (*Modul löschen*).
Die Beschreibung eines Moduls kann mit HTML-Tags formatiert werden. Die erste Zeile der Beschreibung wird zusätzlich zum Modulnamen unter der Modulseitenvorschau und in der Sheet-Kombobox angezeigt.

Unter *Eigenschaften* hat man die Möglichkeit ein *Prefix* und die Größe des Symbols für die Modul-Instanz, die das Modul im Schaltplan repräsentiert, festzulegen.
Mit Prefix legt man, so wie bei Bauteilen in der Bibliothek, den Namen der Modul-Instanz fest. Wählt man für ein Modul *Vorverstärker* zum Beispiel als Prefix *VV*, so heißt die erste Modul-Instanz *VV1*, die nächste *VV2* und so weiter. Wird kein Prefix definiert, wird *Modulname+Nummer* verwendet. Außerdem zeigt das Eigenschaften-Fenster die Liste der Ports, die das Modul mit seiner Umwelt verbinden.

Die Reihenfolge der Modulseiten kann über Drag&Drop in der Vorschau verändert werden. Es ist auch möglich eine Seite auf Hauptschaltplanebene in ein Modul zu verschieben. Es entsteht eine entsprechende Modulseite.
Es ist auch möglich Seiten aus einem Modul herauszunehmen und diese in den Hauptschaltplan zu verschieben. Bitte bedenken Sie aber, dass das unter Umständen beträchtliche Auswirkungen auf die Schaltung haben kann. Sollte bereits ein Layout zum Schaltplan existieren, kann eine solche Aktion erhebliche Auswirkungen auf das Layout haben.

Das Organisieren der Modulseiten kann auch über die Kommandozeile mit Hilfe des EDIT-Befehls erledigt werden (siehe Hilfe).

Ports definieren

Der Port dient als Schnittstelle für die Netze innerhalb eines Moduls mit der Außenwelt. An Ports können auf Hauptschaltplanebene Netze angeschlossen werden, die verschiedene Modul-Instanzen oder Bauteile, die nicht in einem Modul (also auf Hauptschaltplanebene) definiert sind, verbinden.

Klicken Sie auf das PORT-Icon und anschließend auf die Modul-Instanz für die der Port angelegt werden soll. Es befindet sich jetzt der erste Port am Mauscursor. Diesen können Sie entlang der Kontur der Modul-Instanz bewegen. In der Parameter-Leiste des Port-Befehls haben Sie die Möglichkeit die *Direction* des Ports zu bestimmen.

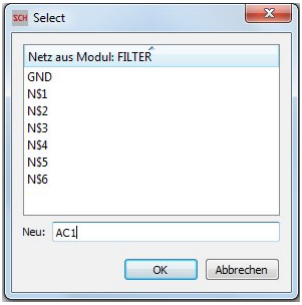
Die *Direction* beschreibt die logische Richtung des Signalflusses. Es gibt folgende Möglichkeiten:

NC	nicht angeschlossen
In	Eingang
Out	Ausgang (totem-pole)
IO	Ein-/Ausgang, bidirektional (default)
OC	Open Collector oder Open Drain
Hiz	High-Impedance(3-State)-Ausgang
Pas	passiv
Pwr	Power-Pin (Vcc, Gnd, Vss ...), Stromversorgungs-Eingang

Die Richtung wird an den Ports durch entsprechende Pfeile dargestellt.

Nach der Auswahl platzieren Sie den Port mit einem linken Mausklick.
Es öffnet sich jetzt ein Auswahl-Fenster aus dem Sie das Modulnetz wählen, das über den Port nach außen verbunden werden soll. Falls im Modul noch kein entsprechendes Netz vorhanden ist, können Sie über *Neu* einen Netznamen definieren. Dieses Netz muss im Modul dann noch angelegt werden!

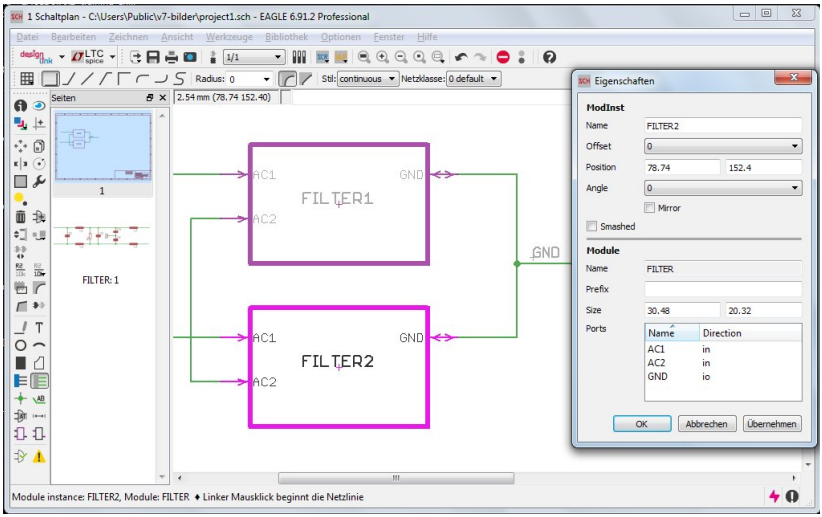
Es werden auch Modulbusse in der *Select*-Liste angezeigt. Einfache Busse können über Ports nach außen verbunden werden, zum Beispiel PA[0..7]. Es werden die Netze PA0 bis PA7 über diesen Bus-Port exportiert. Der Bus-Port wird automatisch in einer größeren Linienstärke gezeichnet.



➢ ***Auswahl des Modul-Netzes für den Port***

Klicken Sie *OK* um die Auswahl zu bestätigen. Schon hängt der nächste Port am Mauscursor und kann wie beschrieben wieder auf der Umrandung der Modul-Instanz an beliebiger Stelle positioniert werden. Wenn alle Ports für die Modul-Instanz platziert wurden, brechen Sie den Befehl mit *Esc* ab, oder klicken auf eine andere Modul-Instanz um dafür Ports zu definieren.

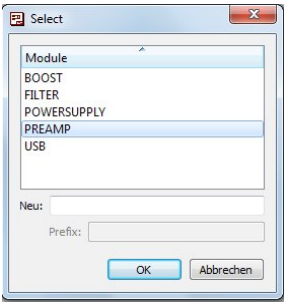
Der Anschlusspunkt des Ports wird, genauso wie bei Pins von Bauteilen, im Layer 93, *Pins*, dargestellt (LAYER oder DISPLAY zum Ein- und Ausblenden).



➢ ***Modul-Instanzen mit Ports; rechts der Eigenschaften-Dialog***

Modul-Instanzen verwenden

Modul-Instanzen definieren Sie mit dem MODULE-Befehl. Klicken Sie auf das MODULE-Icon und wählen Sie das Modul, für welches die Modul-Instanz angelegt werden soll.



➢ ***Modul-Auswahl***

Platzieren Sie dann die Modul-Instanz im Schaltplan.

Eine Modul-Instanz kann als Ganzes mit MOVE verschoben werden.

Möchten Sie jedoch nur einen Port an eine andere Stelle schieben oder die *Direction* oder den Namen des Ports ändern, aktivieren Sie den MOVE- bzw. INFO-Befehl und klicken mit gedrückter *Strg*-Taste auf den Port.

Eine Änderung an einer Modul-Instanz, die Sie mehrfach im hierarchischen Schaltplan verwenden, wird auf alle Modul-Instanzen übertragen.

Wird zum Beispiel im Bild vorher für *Filter1* ein weiterer Port für ein Modulnetz angelegt, wird dieser gleichzeitig auch in der Modul-Instanz *Filter2* erzeugt.

Eine Änderung der Größe des Symbols einer Modul-Instanz kann über Eigenschaften-Dialog erfolgen oder durch *Strg*+MOVE auf eine der Seiten des Kästchens. Die Änderung gilt für alle Modul-Instanzen des Moduls.

Resultierende Bauteilnamen im Layout

Für Bauteile, die in Modulen verwendet werden, gelten besondere Regeln bei der Generierung des Bauteilnamens. Jedes Modul hat seinen eigenen Namensraum.

Modul-Instanz-Name:Bauteilname

Angenommen ein Bauteil mit dem Namen *C1* ist im Modul *Filter* vorhanden und auch in einem Modul mit dem Namen *Netzteil*.

Werden diese Module im Schaltplan in zwei unterschiedlichen Modul-Instanzen (*Filter1* und *Netzteil1*) verwendet, wird dem Namen der entsprechenden Bauteile im Board der Modul-Instanz-Name gefolgt von einem ':' als Trennzeichen vorangestellt. Also in unserem Beispiel entstehen die Bauteile mit dem Namen *Filter1:C1* und *Netzteil1:C1*.

Das ist die Standardmethode, die EAGLE verwendet.

Offset

Alternativ zur vorher genannten Namensgenerierung kann man in der obersten Schaltplanebene für eine Modul-Instanz einen Offset angeben. Geben Sie beispielsweise der Modul-Instanz *Filter1* einen Offset von 100 und der Modul-Instanz *Netzteil1* einen Offset von 200, sind die resultierenden

Bauteilnamen im Board *C101* anstatt dem vorherigen *Filter1:C1* und *C201* anstatt *Netzteil1:C1*.

Der Offset kann nur für Modul-Instanzen auf der Hauptschaltplanebene definiert werden und gilt nur für Bauteile. Bei Bauteilen und Netzen in tieferen Ebenen wird immer der Modul-Instanz-Name vorangestellt.

Der Offset kann immer nur ein Vielfaches von 100 sein. Die Angabe erfolgt im Eigenschaften-Dialog der Modul-Instanz oder direkt mit dem MODULE-Befehl über die Kommandozeile. Die Syntax ist in der Hilfe des MODULE-Befehls beschrieben.

Bestückungsvarianten für Module

In Modulen können Bestückungsvarianten definiert werden. Dazu wechseln Sie in Ihrem Schaltplan auf eine Modulseite und wählen dann im Menü *Bearbeiten* den Eintrag *Bestückungsvarianten...*. Das Anlegen der Varianten funktioniert wie im Abschnitt *Anlegen von Bestückungsvarianten* auf Seite 233 beschrieben.

Modul-Bestückungsvarianten sind auf die Bauteile des Moduls begrenzt. Welche Modul-Bestückungsvariante verwendet wird, legt man als Eigenschaft einer Modul-Instanz fest. Für jede Modul-Instanz kann eine eigene Bestückungsvariante gewählt werden.

Es ist nicht möglich in einem Modul eine Bestückungsvariante auszuwählen und anzeigen zu lassen! Der Bauteilwert, die Information ob bestückt oder nicht (*populate*) und die Attribute werden jedoch gemäß der gewählten Bestückungsvariante der entsprechenden Modul-Instanz im Board gesetzt.

Ist eine Bestückungsvariante in der Hauptebene des Schaltplans definiert, funktioniert der VARIANT-Befehl für Bauteile in der Hauptebene wie in einem einfachen, nicht-hierarchischen Schaltplan. Mehr Informationen dazu finden Sie im Kapitel *Bestückungsvarianten* ab Seite 233.

> *Die Information über Bestückungsvarianten ist nur im Schaltplan enthalten!*

Für Boards ohne Schaltplan werden Bestückungsvarianten nicht mehr unterstützt, aber man kann die Eigenschaft *Populate* für Bauteile über den CHANGE-Befehl oder über das Eigenschaften-Menü verändern.

Besonderheiten zwischen Schaltplan und Layout

SHOW-Befehl

Bei Modul-Instanzen zeigt der SHOW-Befehl alle zugehörigen Bauteile und Signale im Layout, die durch diese Modul-Instanz generiert wurden.

Klicken Sie auf ein Bauteil in einem Modul, zeigt EAGLE im Board alle Bauteile, die durch die mehrfache Verwendung eines Moduls – es gibt also mehrere Modul-Instanzen, die dasselbe Modul repräsentieren – generiert werden.

Erhaltung der Konsistenz

Um beim hierarchischen Design Inkonsistenzen zwischen Schaltplan und Board bei den Bauteilen und bei Netzen und den zugehörigen Signalen zu vermeiden, können einige Befehle nicht im Board ausgeführt werden.
Sie müssen daher für Bauteil oder Netz im Schaltplan angewendet werden, die dann auf das entsprechende Element oder Signal im Board übertragen werden. Dazu gehören unter anderem die Befehle NAME und VALUE. EAGLE gibt in solchen Fällen eine entsprechende Meldung aus.

Diese Einschränkung gilt nur für Objekte in einer hierarchischen Struktur, sofern Konsistenz besteht.

6.4 Vorüberlegungen zur Platinenerstellung

Überprüfung der Bauteile-Bibliotheken

Die EAGLE-Bauteile-Bibliotheken wurden von Praktikern entwickelt und entsprechen überwiegend den gängigen Standards. Aber das Angebot an Bauelementen ist derart vielfältig, dass man unmöglich Bibliotheken liefern kann, die für jeden Anwender ohne Änderung geeignet sind.

So gibt es unterschiedliche Gehäuse, die unter identischen Bezeichnungen von verschiedenen Herstellern geliefert werden. Für die Größe von SMD-Pads gibt es die unterschiedlichsten Hersteller-Empfehlungen, die wiederum davon abhängen, welches Lötverfahren man verwendet.

Kurz:
Der Layouter kann sich die Überprüfung der verwendeten Bauteile, insbesondere der Gehäuse-Definitionen, nicht ersparen.

Bitte achten Sie besonders bei SMD-Bauteilen darauf, dass das Package aus der Bibliothek mit den Spezifikationen Ihres Bauteils übereinstimmt. Häufig trifft man auf Gehäuse verschiedener Hersteller mit identischer Bezeichnung, aber dennoch unterschiedlichen Maßen.

Abstimmung mit dem Platinenhersteller

Falls Sie vorhaben, Ihre Platine professionell erstellen zu lassen, sollten Sie sich spätestens jetzt bei Ihrem Platinen-Hersteller erkundigen, ob er für folgende Parameter bestimmte Werte vorschreibt:

- Leiterbahnstärke,
- Lötaugenform,
- Lötaugendurchmesser,

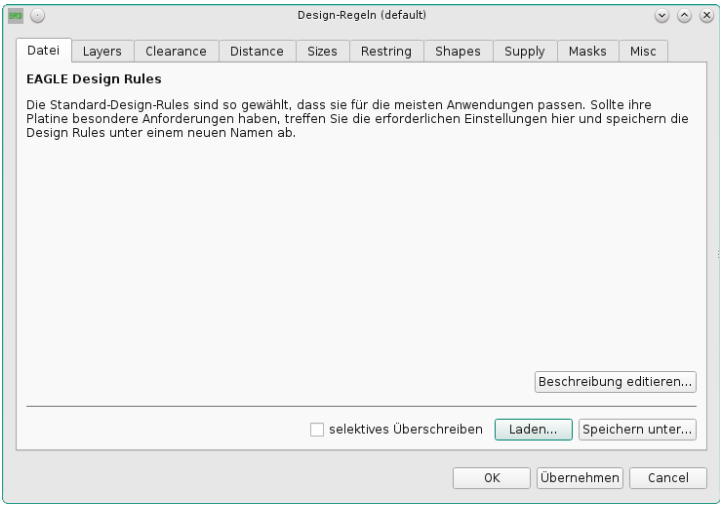
- Abmessungen für SMD-Pads,
- Textgröße und -stärke,
- Bohrdurchmesser,
- Anzahl der Signallagen,
- Bei Mehrlagenplatinen ggf. Fertigungsvorschriften bezüglich Blind- und Buried-Vias und Aufbau der Platine (siehe Seite 217),
- Abstand zwischen unterschiedlichen Potentialen,
- Parameter für Lötstoplack und Lotpaste.

Sie sparen sich Zeit und Geld, wenn Sie die Vorgaben frühzeitig berücksichtigen. Näheres dazu finden Sie auch im Abschnitt über die Ausgabe von Fertigungsdaten ab Seite 339.

Festlegen der Design-Regeln

In den Design-Regeln werden alle für die Platine und deren Fertigung relevanten Parameter festgelegt.

Sie erreichen das abgebildete Design-Regeln-Fenster über das Menü *Bearbeiten/Design-Regeln...*



➢ ***DRC: Einstellung der Design-Regeln***

Grundsätzliches

Rufen Sie diesen Dialog zum ersten Mal auf, werden die Design-Regeln vom Programm vorgegeben. Passen Sie die Werte an Ihre Bedürfnissen oder nach den Vorgaben des Leiterplattenherstellers an.

Die Schaltfläche *Übernehmen* speichert die aktuell eingestellten Werte in der Layout-Datei ab. Manche Änderungen, wie die Einstellungen für Annular Ring, also den Durchmesser von Pads und Vias, werden nach einem Klick auf *Übernehmen* direkt im Layout-Editor angezeigt.

Die Design-Regeln können über die Schaltfläche *Speichern unter...* in einer speziellen Design-Rules-Datei (**.dru*) gespeichert werden. So kann man den verwendeten Regelsatz bequem auf ein anderes Layout übertragen.
Wollen Sie einem Layout einen bestimmten Satz von Design-Regeln aus einer dru-Datei zuordnen, ziehen Sie mit der Maus den entsprechenden Eintrag aus dem *Design-Regeln*-Zweig der Baum-Ansicht des Control Panels in das Editorfenster oder klicken auf die Schaltfläche *Laden...* im *Datei*-Tab des Design-Regeln-Fensters.

Über *Beschreibung editieren* kann man den Beschreibungstext des aktuellen Parametersatzes verändern. Standardmäßig erscheint die Beschreibung im *Datei*-Tab wie im vorherigen Bild zu sehen. Zur Formatierung des Textes kann HTML-Text verwendet werden. Hinweise dazu finden Sie in der Hilfe-Funktion.

Der Design-Regeln-Dialog bietet eine Reihe verschiedener Optionen, die über Tabs gewählt werden können.
Zur Auswahl stehen:

Datei Design-Regeln verwalten

Layers Anzahl der Kupferlagen, Struktur von Multilayer-Platinen, Art und Länge von Vias, Dicke der Kupfer- und Isolationsschichten

Clearance Abstände zwischen Objekten unterschiedlichen und gleichen Signals in den Signal-Layern

Distance Abstände zum Platinenumriss und zwischen Bohrungen

Sizes Mindestleiterbahnbreite und Mindestbohrdurchmesser, insbesondere für Micro- und Blind-Vias

Annular Ring Breite des Kupferrings um die Bohrung bei Pads und (Micro-)Vias

Shapes Form von Pads und SMDs

Supply Thermalsymbole in Kupferflächen

Mask Werte für Lötstop- und Lotpastenmaske

Misc Weitere Prüfungen

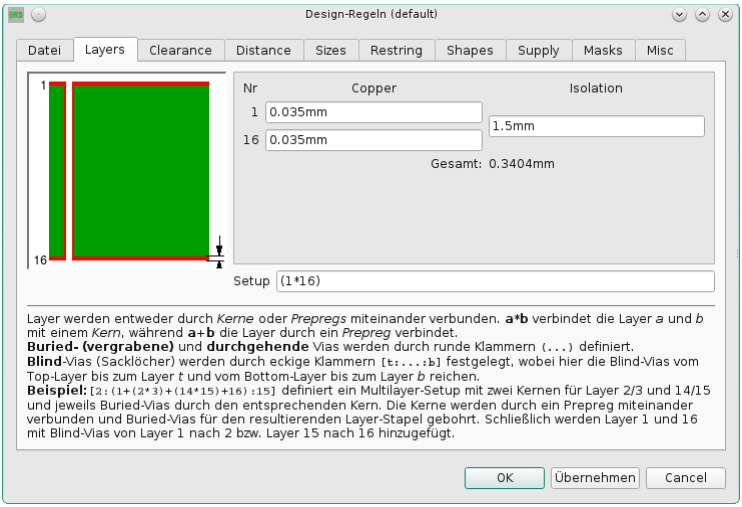
Die meisten Parameter werden mit Hilfe einer Grafik erklärt. Sobald Sie in eine Parameter-Zeile klicken, erscheint die zugehörige Darstellung.

Layers

Hier wird die Anzahl der Signal-Layer und die Art der Durchkontaktierungen (Blind-, Buried-Vias) festgelegt. Durch einen mathematischen Ausdruck in der Zeile *Setup* wird der Aufbau der Platine exakt definiert. Man legt die Kombination aus Kernen (Cores) und Prepregs und die daraus resultierenden Möglichkeiten für Durchkontaktierungen fest.

In den meisten Fällen (bei einfachen Zwei- oder Mehrlagen-Platinen) gehen die Durchkontaktierungen durch alle Lagen. Im vorhergehenden Bild sehen Sie die Standardeinstellungen für eine Zweilagen-Platine. Der Ausdruck `(1*16)` definiert einen Platinenkern (Core) mit den Layern 1 und 16, welche mit Durchkontaktierungen verbunden werden dürfen. Die runden Klammern um diesen Ausdruck definieren die durchgehenden Vias.

Für Mehrlagen-Setups wird empfohlen vom Top-Layer (Layer 1) und vom Bottom-Layer (Layer 16) aus immer eine Lage nach innen zu gehen. Das ergibt größtmögliche Kompatibilität zwischen den verschiedenen EAGLE-Editionen. Die Standard-Edition mit vier Signallayern unterstützt zum Beispiel die Layer 1, 2 und 15, 16.



➢ ***Design-Regeln: Layer-Setup***

Einfache Beispiele:

1 Lage:

`16`	Nur Layer 16, keine Vias.

4 Lagen, Vias durch alle Lagen:

`(1*2+15*16)`	Zwei Kerne sind miteinander verbunden.

6 Lagen, Vias durch alle Lagen:

`(1*2+3*14+15*16)`	Drei Kerne sind miteinander verbunden.

Die Felder *Copper* und *Isolation* definieren die Dicke der Kupfer- bzw. Isolationsschichten. Diese Einstellungen sind nur bei der Verwendung von Blind- bzw. Micro-Vias, also bei komplexen Multilayer-Platinen von Bedeutung.

Die Befehle DISPLAY, LAYER, LINE und ROUTE zeigen bzw. verwenden nur die Signallayer, die im Setup definiert wurden.

Weiterführende Informationen und Beispiele zum Thema finden Sie im Abschnitt *Multilayer-Platinen* ab Seite 217.

Wird eine Board-Datei aus einer älteren Version geladen, prüft EAGLE in welchen Layern Leiterbahnen verlegt wurden. Diese Layer erscheinen dann im. Gegebenenfalls ist das Setup anzupassen.

Clearance und Distance (Mindestabstände)

Unter *Clearance* werden die Mindestabstände zwischen Leiterbahnen, Pads, SMDs und Vias verschiedener Signale und zwischen SMDs, Pads und Vias bei gleichem Signal bestimmt.
Setzt man den Wert für Prüfungen zwischen Objekten gleichen Signals (*Same signals*) auf 0, werden diese nicht ausgeführt.

Distance bietet Einstellungsmöglichkeiten für Mindestabstände zu Objekten im Layer 20 *Dimension*, in dem üblicherweise der Platinenumriss gezeichnet wird, und zwischen Bohrungen.

Wird der Wert Copper/Dimension gleich 0 gesetzt, prüft der Design Rule Check den Abstand zwischen Kupfer und Dimension nicht. Es werden dann auch keine Bohrungen (Holes), die auf einer Leiterbahn platziert wurden, erkannt. Polygone halten in diesem Fall keinen Mindestabstand zu Objekten im Layer 20 Dimension ein!

Für Netze, die einer spezielle Netzklasse angehören, gelten die über den CLASS-Befehl definierten Werte für den Mindestabstand (*Clearance*) und den Bohrdurchmesser der Vias (*Drill*), sofern diese größer sind, als in den Design-Regeln vorgegeben (*Clearance* bzw. *Minimum Drill* im *Sizes*-Tab).

Sizes (Mindestgrößen)

An dieser Stelle wählen Sie Mindestwerte für Leiterbahnbreite und Bohrdurchmesser, die im Layout erlaubt sind.

Sind Netzklassen definiert (*Edit/Netzklassen*) und dabei Vorgaben für die Mindestleiterbahnbreite (*Width*) und den Mindestbohrdurchmesser (*Drill*) gemacht, gilt der jeweils größere Wert.

Bei der Verwendung von Blind-Vias (Sacklöchern) wird hier das erlaubte Verhältnis von Bohrungstiefe zu Bohrdurchmesser festgelegt. Bitte kontaktieren Sie dazu Ihren Leiterplatten-Hersteller! Schreibt dieser

beispielsweise ein Verhältnis von `1:0.5` vor, geben Sie in die Zeile *Min. Blind Via Ratio* den Wert `0.5` ein.

Verwenden Sie Micro-Vias, geben Sie in der Zeile *Min. MicroVia* den erlaubten Mindestbohrdurchmesser vor. Ein Wert größer als *Minimum Drill* bedeutet, dass keine Micro-Vias verwendet werden (default).

Anders ausgedrückt: Wenn der Bohrdurchmesser zwischen *Min. MicroVia* und *Minimum Drill* liegt, wird das Via als Micro-Via behandelt.

Annular Ring (Pad- und Via-Durchmesser)

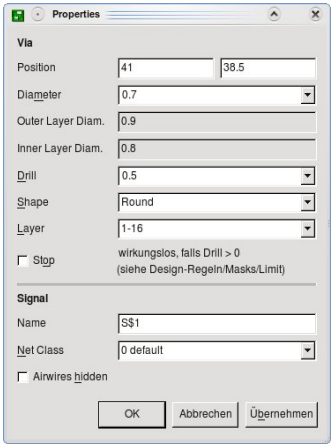
Die Einstellungen unter *Annular Ring* bestimmen die Ring-Breite von Pads, Vias und Micro-Vias. Unter Annular Ring versteht man den Kupferring, der nach dem Bohren eines Pads oder Vias um die Bohrung herum stehen bleibt. Die Breite des Lötpads (des Annuar Rings) kann für Außen- und Innenlagen unterschiedlich gewählt werden. Bei Pads kann man zusätzlich zwischen Top- und Bottom-Layer unterscheiden.

Die Ring-Breite errechnet sich prozentual vom Bohrdurchmesser, der von einem Minimal- bzw. Maximalwert begrenzt wird.

Sobald Sie einen dieser Werte verändern und anschließend auf die Schaltfläche *Übernehmen* klicken, sehen Sie direkt die Auswirkungen im Layout. Wenn Sie für die Ober- bzw. Unterseite unterschiedliche Werte (oder auch Formen, siehe *Shapes*) wählen, ist es sinnvoll die Layerfarbe der Layer 17 *Pads* bzw. 18 *Vias* gleich der Hintergrundfarbe (schwarz oder weiß) zu setzen. So sieht man die tatsächliche Größe bzw. Form des Objekts im entsprechenden Layer.

Der INFO-Befehl und auch *Eigenschaften*-Dialog des Kontextmenüs, zeigen den Via-Durchmesser in den Außen- und Innenlayern, und den ursprünglich vom Benutzer vorgegebenen Wert an. Im folgenden Bild gilt:

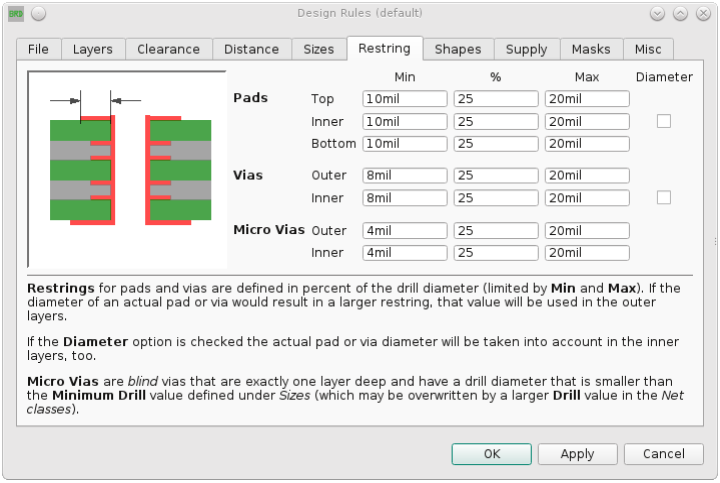
Voreingestellter Wert (über CHANGE DIAMETER): `0.7`
Tatsächlicher, errechneter Durchmesser in den Außenlayern: `0.9`
Tatsächlicher, errechneter Durchmesser in den Innenlayern: `0.8`



➢ ***Anzeige der Via-Eigenschaften über INFO***

Aufgrund der *Annular Ring*-Einstellungen in den Design-Regeln wird der Via-Durchmesser entsprechend den vorgegebenen Mindestwerten vergrößert.

Die nächste Abbildung zeigt die Maske zur Einstellung der *Annular Ring*-Breite. Standardmäßig beträgt die Ringbreite für Bohrungen 25 % vom Bohrdurchmesser. Da bei kleinen Bohrdurchmessern die Ringbreite schnell unter einen brauchbaren (technisch machbaren) Wert sinken kann, gibt man einen Mindestwert (hier 10 mil für Pads, 8mil für Vias, 4 mil für Micro-Vias) an. Ebenso kann man einen Maximalwert angeben.



➢ ***Design-Regeln: Restring-Einstellung***

Beispiel:
Bei einer Bohrung von 40 mil Durchmesser ist der Annular Ring 10 mil (25 %). Er liegt also innerhalb des Max- und Min-Werts.
Ist die Bohrung nur 24 mil (z. B. für ein Via), errechnet sich für den Ring ein Wert von 6 mil. Das ist für ein Standardplatine sehr fein und nicht mehr problemlos machbar bzw. mit Zusatzkosten verbunden. In diesem Fall wird das Pad mit dem eingestellten Mindestwert von 8 mil generiert.

Soll ein fester Wert für alle Pads bzw. Vias gelten, setzt man den Min-Wert gleich dem Max-Wert. Der eingestellte Prozentwert ist dann nicht relevant.

Diameter-Check-Box:
Für den Fall, dass Sie in der Bibliothek für ein Pad oder im Layout-Editor für ein Via einen Durchmesser vorgegeben haben, und dieser Durchmesser auch in den Innenlagen berücksichtigt werden soll, aktivieren Sie die jeweilige Check-Box *Diameter*. Standardmäßig werden Durchmesser-Vorgaben nur in den Außenlayern berücksichtigt.
Das kann von Interesse sein, wenn man für ein Pad oder Via einen Durchmesser vorgibt, der die in Abhängigkeit vom Bohrdurchmesser errechnete *Annular Ring*-Breite überschreitet. Das Pad bzw. Via wäre dann in den Innenlagen kleiner als in den Außenlagen. Soll es in allen Lagen gleich groß sein, aktivieren Sie die Option *Diameter*.
Standardmäßig ist diese Option bei neu angelegten Boards ausgeschaltet, wird aber beim Update von Boards aus Version 3.5 oder früher eingeschaltet, da in diesen Versionen Pads und Vias auf allen Layern den gleichen Durchmesser hatten. Das Layout wird so beim Update-Vorgang nicht verändert.

Alle Maße dürfen auch in Millimeter eingegeben werden (z. B. *0.2mm*).

Shapes

SMDs:

Für SMD-Flächen kann man hier einen Rundungsfaktor angeben. Der Wert liegt zwischen 0 % (keine Rundung) und 100 % (maximale Rundung).

➢ ***Roundness: 0 - 10 - 25 - 50 - 100 [%]. Rechts: Quadratisch 100 %***

Ganz rechts im Bild wurde anstatt eines länglichen SMDs ein quadratisches platziert. Nach Zuordnen der Eigenschaft *Roundness* = 100% wird das SMD rund.

Pads:

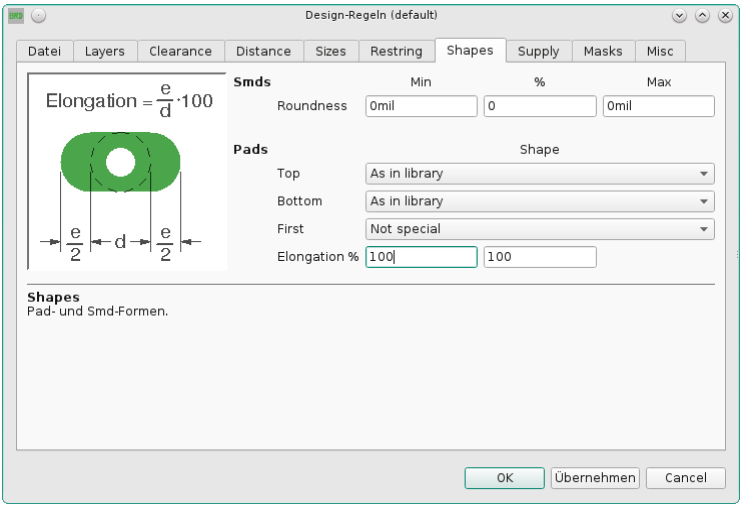
Hier bestimmt man die Form der Pads. Für *Top*- und *Bottom*-Layer gibt es getrennte Einstellungsmöglichkeiten.

Die Option *As in library* übernimmt die Form, wie sie im Package-Editor definiert wurde. Ein Klick auf *Übernehmen* zeigt die Änderung sofort im Layout-Editor an.

> *In Innenlagen sind Pads und Vias, unabhängig von der Form an der Oberfläche der Platine, immer rund. Der Durchmesser ergibt sich aus den ‚Annular Ring'-Einstellungen.*

Sofern man einem Pad in der Bibliothek die Eigenschaft *First* gegeben hat, kann man hier für solche Pads eine bestimmte Form definieren.

Das Verhältnis von Länge zu Breite von *Long*- und *Offset*-Pads wird mit der so genannten *Elongation* definiert (siehe Bild). Der Wert wird in Prozent angegeben. Klicken Sie mit der Maus in das entsprechende Feld für *Long* bzw. *Offset*, zeigt die Grafik rechts die entsprechende Rechenvorschrift:
100% entsprechen einem Seitenverhältnis von 2:1, 0% ergeben ein einfaches Octagon-Pad mit dem Seitenverhältnis 1:1. Maximal können 200% angegeben (Verhältnis 4:1) werden.



➢ ***Design-Regeln: Einstellung der Pad-Formen***

Hinweise zur Darstellung im Layout-Editor:

Verwendet man Pads und Vias mit unterschiedlichen Formen in den einzelnen Layern, werden alle Formen, die in den sichtbaren (über DISPLAY aktivierten) Signallayern verwendet werden, übereinander dargestellt.

Wählt man für den Layer 17 *Pads* bzw. 18 *Vias* die Farbe 0 (das entspricht der Hintergrundfarbe), werden Pads und Vias in der Farbe und dem Füllmuster des jeweiligen Signallayers gezeichnet. Ist kein Signallayer eingeblendet, werden auch keine Pads oder Vias dargestellt.

Wählt man für den Layer 17 *Pads* bzw. 18 *Vias* eine andere Farbe und es ist kein Signallayer sichtbar, werden Pads und Vias in der Form des obersten und untersten Signallayers dargestellt. Das gilt auch für Ausdrucke mit PRINT.

Supply

Legt die Einstellungen für Thermal-Symbole fest.

Der Wert *Thermal isolation* bestimmt den Abstand zwischen Polygon und Annular Ring des Pads bzw. Vias, das über ein Thermal-Symbol mit dem Polygon verbunden ist.

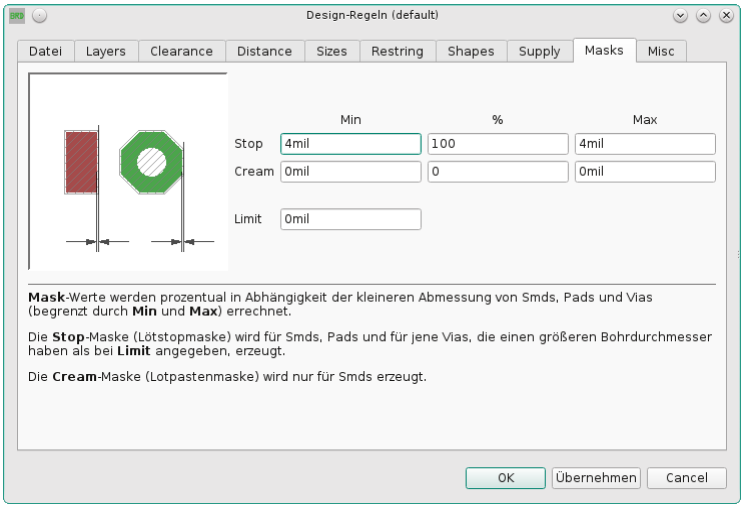
Das Flag *Generate Thermals for Vias* erlaubt Thermal-Symbole an Durchkontaktierungen. Ansonsten werden Vias voll an die Kupferfläche angeschlossen. Man kann diese Einstellung für einzelne Polygone über CHANGE THERMALS OFF und einen Klick auf das entsprechende Polygon auch deaktivieren.

Bei Polygonen mit Gitterstruktur (Pour = hatch), werden nur für solche Vias Thermal-Symbole generiert, die direkten Kontakt mit einer Gitterlinie des Polygons haben.

Pads oder SMDs, die bei der Package-Definition mit der Eigenschaft (Flag) NOTHERMALS (bzw. über CHANGE THERMALS OFF) gekennzeichnet werden, erhalten grundsätzlich kein Thermalsymbol.

Masks

Hier treffen Sie Einstellungen zur Lötstopmaske (*Stop*) und Lotpastenmaske (*Cream*).



➢ ***Design-Regeln: Einstellung für Lötstoplack und Lotpaste***

Der Default-Wert für den Lötstoplack beträgt genau 4 mil, d.h. Minimumwert ist gleich Maximumwert ist gleich 4 mil. Die Prozentangabe hat in diesem Fall keine Wirkung.
Der Wert für die Lotpastenmaske ist 0, das heißt sie entspricht genau den SMD-Abmessungen.

Bei einer prozentualen Bestimmung der Maskendaten innerhalb eines Minimum- und Maximum-Wertes ist bei SMDs und Pads der Form *Long* bzw. *Offset* die kleinere Abmessung maßgebend.

Der Wert für *Cream* wird, genauso wie bei *Frame*, positiv angegeben, obwohl das eine Verkleinerung der Lotpastenmaske (Creamframe) bewirkt.
Die Lotpastenmaske wird nur für SMDs erzeugt und wird im Layer 31 *tCream* bzw. 32 *bCream* dargestellt.
Die Lötstopmaske wird im Layer 29 *tStop* bzw. 30 *bStop* gezeichnet.

Setzt man bei der Package-Definition für ein Pad oder SMD das Flag *STOP* oder *CREAM* (nur SMD) auf *OFF*, generiert EAGLE kein Lötstop- bzw. Lotpastensymbol.

Limit bestimmt in Abhängigkeit des Bohrdurchmessers, ob eine Durchkontaktierung (Via) mit Lötstoplack bedeckt werden soll oder nicht.

Beispiel:
Standardmäßig ist der Wert für *Limit* auf 0 gesetzt. Das bedeutet, dass alle Vias ein Lötstopsymbol erhalten, also frei von Lötstoplack sind. Setzt man den Wert für *Limit* = 24 mil werden alle Durchkontaktierungen bis zu einem Bohrdurchmesser von 24 mil zulackiert (kein Lötstopsymbol). Die größer gebohrten Vias erhalten ein Lötstopsymbol.
Für ein Via, das unter dem *Limit*-Wert liegt, kann man mit CHANGE STOP ON ein *STOP*-Flag setzen. Es wird dann trotzdem ein Lötstopsymbol erzeugt.

Misc

Hier kann man verschiedene Prüfungen, die der Design-Rule-Check ausführt, ein- bzw. ausschalten:

Raster prüfen
prüft, ob Objekte exakt im aktuell mit GRID eingestellten Raster liegen. Diese Prüfung ist nicht immer sinnvoll, da in vielen Fällen Bauteile mit metrischem und imperialem Raster gleichzeitig verwendet werden. Ein gemeinsames Raster lässt sich in diesem Fall nicht finden.

Winkel prüfen
stellt fest, ob alle Leiterbahnen in einem Vielfachen von 45-Grad verlegt wurden. Diese Prüfung ist standardmäßig ausgeschaltet, kann aber bei Bedarf aktiviert werden.

Schriftart prüfen
Der DRC prüft ob Texte im Layout mit Vektor-Font geschrieben wurden. Findet er Texte, die nicht mit Vektor-Font dargestellt werden, zeigt er einen Fehler an. Da der CAM-Prozessor bei der Erzeugung von Fertigungsdaten nur den Vektor-Font verwendet, ist diese Prüfung notwendig.
Verwenden Sie beispielsweise den Proportional-Font im Bottom-Layer zwischen zwei Leiterbahnen und geben dann das Layout über den CAM-Prozessor als Gerber-Datei aus, kann es unter Umständen vorkommen, dass auf der Platine aufgrund der geänderten Schriftart (Texthöhe und -länge können sich ändern) die beiden Leiterbahnen kurzgeschlossen sind.
Default: eingeschaltet.

Sperrflächen prüfen
wird deaktiviert, wenn Sie Kupfer nicht gegenüber Sperrflächen in den Layern 39 *tRestrict* bzw. 40 *bRestrict* prüfen wollen.
Sind Sperrflächen und Kupferobjekte in einem gemeinsamen Package definiert, werden sie grundsätzlich <u>*nicht*</u> gegeneinander geprüft!
Sperrflächen, die durch Polygone mit der Eigenschaft *Cutout* definiert sind, werden vom DRC nicht geprüft!

Default: eingeschaltet. Die Einstellung der Design-Regeln wird im UNDO/REDO-Puffer erfasst.

6.5 Platine erstellen

Nachdem Sie den Schaltplan angelegt haben, klicken Sie das *Board*-Icon an.

Es entsteht eine neue Platine, neben der die mit Luftlinien verbundenen Bauelemente platziert sind. Versorgungspins mit gleichen Namen werden automatisch miteinander verbunden, falls nicht explizit ein anderes Netz angeschlossen wurde.

Wird ein Board aus einem hierarchischen Schaltplan erzeugt, werden die Bauteile entsprechend ihrer Herkunft nach den Modul-Instanzen gruppiert.

Das Platzierungsraster ist standardmäßig auf 50 mil (1,27mm) festgelegt. Wenn Sie ein anderes Platzierungsraster bevorzugen, können Sie dieses bei der Erzeugung der Platine mit dem BOARD-Befehl angeben. Sollen die Bauteile beispielsweise im Raster 1 mm angeordnet werden, tippen Sie in der Kommandozeile des Schaltplan-Editors:

```
BOARD 1mm
```

Die Einheit muss in der Kommandozeile spezifiziert werden.

Die Platine ist über die Forward&Back-Annotation mit der Schaltung verbunden. Sofern beim Bearbeiten immer beide Dateien gleichzeitig geladen sind, ist gewährleistet, dass sie konsistent bleiben. Änderungen in einer Datei werden sofort in der anderen ausgeführt.

Wenn Sie aus Ihrem Schaltplan bereits ein Layout erzeugt haben und im Schaltplan weitere Bauteile platzieren, werden die zugehörigen Packages im Layout-Editor im aktuell eingestellten Raster platziert.

> *Wird zum Beispiel der Schaltplan ohne Layout geladen und bearbeitet, kann man die Konsistenz verlieren. Die Forward&Back-Annotation arbeitet nicht mehr. Unterschiede müssen dann nach den Fehlermeldungen des ERC manuell behoben werden (siehe Seite 240).*

Wenn im Control Panel für Ihre Platine eine Beschreibung angezeigt werden soll, können Sie diese im Layout-Editor im Menü *Bearbeiten/Description* anlegen. Es ist möglich HTML-Tags zur Formatierung zu verwenden.

Ohne Schaltplan-Editor

Falls Sie ohne Schaltplan-Editor arbeiten, müssen Sie eine neue Platinen-Datei anlegen, die Packages mit dem ADD-Befehl platzieren und mit dem SIGNAL-Befehl die Verbindungen (Airwires) definieren.

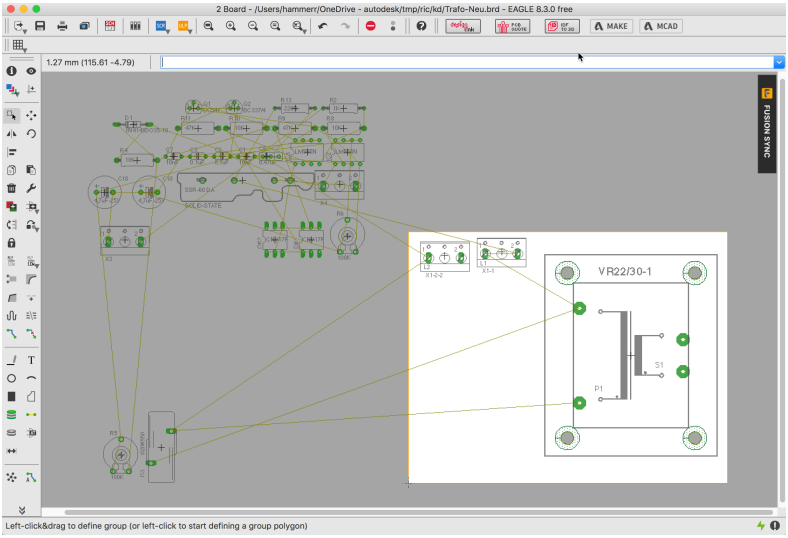
Zum Verständnis lesen Sie bitte den Abschnitt *Bauteile platzieren* auf Seite 140 und den Abschnitt *Netzklassen festlegen* auf Seite 148. Diese beiden Punkte gelten im Layout-Editor genauso wie im Schaltplan-Editor.

Auch das Definieren von Attributen ist im Layout-Editor möglich. Lesen Sie dazu den Abschnitt auf Seite 153.

Das weitere Vorgehen ist identisch für Benutzer mit oder ohne Schaltplan-Editor.

Platinenumriss festlegen

Eine Platine, die neu aus einem Schaltplan erzeugt wird, sieht zunächst aus wie im folgenden Bild gezeigt. Es wurden bereits ein paar Bauteile auf die Leiterplatte geschoben:



➢ ***Board-Befehl: Das Layout aus dem Schaltplan erzeugen***

Die Bauteile werden am linken Rand der Platine automatisch platziert. Die Platinenumrandung wird üblicherweise als dünne Linie mit dem LINE-Befehl im Layer 20 *Dimension* gezeichnet.

Auch runde Formen lassen sich einfach erzeugen. Verwenden Sie dafür den CIRCLE-Befehl mit einer Linienstärke (*Width*) nahe 0.
Sie können auch einen Platinenumriss aus einer Bibliothek (z. B. *19inch.lbr*) über ADD platzieren.

EAGLE erkennt sauber gezeichnete Leiterplattenkonturen (einfache, geschlossene Kontur, nicht sich selbst schneidend) und hinterlegt dann den Leiterplatten-Bereich mit einer anderen Farbe, als den Rest der Zeichenfläche des Layout-Editors. Es werden auch Befestigungslöcher und Fräskonturen, die im Layer 46, Milling angelegt werden, erkannt.

Nur Leiterplatten mit einer sorgfältig gezeichneten Kontur können mit dem Befehl FUSIONSYNC in Autodesk Fusion 360 übertragen werden, um dort eine vollständige 3D-Repräsentation zu realisieren.

Alternativ kann man mit dem SCRIPT-Befehl eine Script-Datei einlesen. Beispielsweise lässt sich die Datei *euro.scr* verwenden. Tippen Sie einfach in der Kommandozeile:

```
SCRIPT EURO
```

Der Platinenumriss dient gleichzeitig als Begrenzungslinie für den Autorouter/Follow-me-Router.

Wenn Ihrer Platine zusätzliche Ausfräsungen enthalten soll, zeichnen Sie die notwendigen Fräskonturen am Besten in einem eigenen Layer, zum Beispiel im Layer 46 *Milling*. Verwenden Sie dazu den LINE-Befehl mit einer Linienstärke von 0.

Bauteile anordnen

Schieben Sie die Bauteile an die gewünschten Positionen.

Mit der Option *Group-Befehl standardmäßig ein* kann man eine Gruppe von Bauteilen selektieren indem man einfach in den freien Bereich der Zeichenfläche klickt und eine Gruppe als Rechteck aufzieht oder mit einzelnen Klicks ein Gruppenpolygon definiert. Dann einfach mit Linksklick in die Gruppe klicken, Taste halten und die Gruppe bewegen. Loslassen der Maustaste platziert die Gruppe.

Einzelne Bauteile bewegt man ebenso, indem man auf ein Bauteil klickt, die Taste gedrückt hält, das Bauteil bewegt und dann loslässt.

Bauteile können direkt angeklickt oder über den Namen angesprochen werden.

Tippen Sie beispielsweise

```
MOVE R14
```

in die Kommandozeile, hängt das Bauteil mit Namen R14 direkt an der Maus und kann platziert werden.

Eine exakte Platzierung erfolgt über die Eingabe:

```
MOVE R14 (0.25 2.50)
```

Der Aufhängepunkt von R14 liegt nun auf dieser Koordinate.

Halten Sie beim Selektieren eines Bauteils die Ctrl-Taste gedrückt, springt der Aufhängepunkt an den Mauszeiger und wird dabei in das aktuell eingestellte Raster gezogen.

Ist die oben genannte Einstellung aus, zeichnen Sie nach dem Klick auf das GROUP-Icon einen Rahmen um die gewünschten Objekte oder ziehen ein Rechteck dafür auf, klicken auf das MOVE-Icon und selektieren die Auswahl mit gedrückter *Ctrl*-Taste und Rechtsklick in die Gruppe um sie dann zu verschieben. Mit linkem Mausklick setzen Sie die Gruppe an der gewünschten Stelle ab.

ROTATE oder rechter Mausklick bei aktivem MOVE-Befehl dreht ein Bauteil um jeweils 90 Grad. Das gilt auch für Gruppen.

Soll ein Bauteil in einem beliebigen Winkel platziert werden, kann man diesen direkt bei ADD oder auch nachträglich bei ROTATE oder MOVE in der Parameterleiste angeben.

➢ ***Parameterleiste für ROTATE, MOVE, ADD, COPY***

Neben dem *Winkel*-Feld sehen Sie die Einstellung für das *Spin*- und *Mirror*-Flag.

Das linke *Spin*-Icon ist gedrückt, wenn das Spin-Option nicht gesetzt ist. Das bedeutet, dass Texte immer so dargestellt werden, dass Sie von unten beziehungsweise von rechts lesbar sind.

Aktiviert man die Spin-Option – das rechte Spin-Icon ist gedrückt – wird der Text in jedem beliebigen Winkel gedreht dargestellt. Der Text kann also auch auf dem Kopf stehen.

Mit dem Mirror-Icon in der Parameterleiste bestimmen Sie, auf welcher Platinenseite das Bauteil platziert wird. Im Normalfall auf der Oberseite. In diesem Fall ist das linke Mirror-Icon gedrückt. Wollen Sie das Bauteil auf der Unterseite platzieren, spiegeln Sie es, indem Sie auf das rechte der beiden Icons klicken.

Alternativ kann man auch mit der Kommandozeile arbeiten:

```
ROTATE R45 'IC1' ;
```

an, drehen Sie das Bauteil IC1 von der bisherigen Position um 45 Grad weiter. Haben Sie beispielsweise versucht das Bauteil mit dem ROTATE-Befehl und gedrückter Maustaste direkt zu drehen und dann festgestellt, dass Sie den gewünschten Winkel nicht exakt einstellen konnten (aufgrund eines zu grob eingestellten Rasters), geben Sie

```
ROTATE =R45 'IC1' ;
```

in der Kommandozeile an. So wird das Bauteil mit einem Winkel von 45 Grad platziert. Das =-Zeichen steht für eine absolute Winkelangabe; die Ausgangslage spielt keine Rolle.

Handelt es sich beispielsweise um ein SMD-Bauteil, das auf der Unterseite der Platine platziert werden soll, kann man auch gleich noch das *Mirror*-Flag zum Spiegeln des Bauteils angeben, also

```
ROTATE =MR45 'IC1' ;
```

Gibt man zusätzlich das *Spin*-Flag an, erreicht man, dass Texte von oben lesbar sind, also auf den Kopf gestellt werden.

```
ROTATE =SMR180 'IC1' ;
```

Das *Spin*-Flag ist alternierend, d. h. geben Sie es ein weiteres Mal an, wird der Text wieder von unten bzw. von rechts lesbar dargestellt.

Prüfen Sie immer wieder, ob die Platzierung günstig oder ungünstig ist. Dazu verwenden Sie den Befehl RATSNEST. Dieser berechnet die kürzesten Verbindungen der Airwires.

Bei Platinen mit vielen Signalen kann es sinnvoll sein, zur besseren Übersichtlichkeit, einige der Luftlinien auszublenden oder nur bestimmte anzeigen zu lassen. Um zum Beispiel die Luftlinien der Signale VCC und GND auszublenden, tippen Sie in der Kommandozeile

```
RATSNEST ! VCC GND
```

Wollen Sie wieder alle Luftlinien sehen, tippen Sie

```
RATSNEST *
```

Mehr dazu finden Sie in der Hilfe zum RATSNEST-Befehl.

Die Position bestimmter Bauteile wird gezeigt, indem Sie bei aktiviertem SHOW-Befehl den Bauteilnamen in die Kommandozeile tippen oder direkt auf ein Objekt klicken.

Ein Klick mit INFO auf ein Bauteil gibt detaillierte Auskunft über dessen Eigenschaften. Manche Eigenschaften können direkt verändert werden.

Mit dem LOCK-Befehl kann man Bauteile fixieren. Sie können dann nicht mehr verschoben werden. Mit *Shift*+LOCK wird das Bauteil wieder frei gegeben. Der LOCK-Befehl lässt sich auch auf Gruppen anwenden.

Liegt der Name- bzw. Value-Text an einer ungünstigen Stelle, lösen Sie beide mit SMASH vom Bauteil und schieben sie mit MOVE an eine beliebige Position. Dabei wird eine Linie vom Text zum Aufhängepunkt des zugehörigen Objekts angezeigt. So erkennt man zu welchem Bauteil der gelöste Text gehört. Ein Klick mit DELETE auf einen der beiden Texte macht ihn unsichtbar.
Halten Sie während des SMASH-Befehls die *Shift*-Taste gedrückt, erscheinen die Texte wieder an der ursprünglichen Position. Sie sind nun nicht mehr vom Bauteil gelöst (unsmash). Das kann man auch erreichen, indem man im Kontextmenü über *Eigenschaften* die Option *Smashed* deaktiviert.

Bitte beachten Sie, dass bei der Erzeugung von Fertigungsdaten mit Hilfe des CAM-Prozessor ***immer*** *der Vektor-Font benutzt wird. Es ist also sinnvoll, Texte im Layout, zumindest in den Signallayern, immer mit Vektor-Font zu schreiben. Nur so entspricht die Darstellung der Texte im Layout letztendlich der Realität. Weitere Informationen zum Thema*

Vektor-Font finden Sie auch auf den Seiten 67 und 216.

Attribute für Bauteile und globale Attribute

Wenn Sie einem Bauteil außer Name und Value noch beliebige weitere Informationen zuordnen wollen, ist das mit Hilfe des ATTRIBUT-Befehls möglich.

Falls ein Bauteil keine Attribute aus der Bibliothek mitbringt, kann die Definition im Schaltplan oder auch im Layout erfolgen. Bei aktiver Forward&Back-Annotation werden die Änderungen im Schaltplan direkt in das Layout übertragen.
Wenn Sie jedoch ein Attribut im Layout ändern, wird diese Änderung nicht zurück in den Schaltplan übertragen. Die Layout-Attribute sind so gesehen unabhängig. Sie können im Layout auch gelöscht werden. Die Konsistenz zwischen Schaltplan und Layout bleibt trotzdem erhalten.

Globale Attribute sind nicht bauteilspezifisch und gelten für die aktuelle Platinendatei. Diese können im Board bzw. Schaltplan unabhängig voneinander definiert werden.

Detaillierte Informationen zu diesem Thema finden Sie im Abschnitt über das Erstellen des Schaltplans ab Seite 153.

Beidseitig bestückte Platinen

Soll die Platine auch auf der Bottom-Seite bestückt werden, verwendet man MIRROR. So werden die Bauteile auf die Unterseite gespiegelt. SMD-Flächen, Bestückungsdruck und die Funktionslayer für Lötstop- und Lotpastenmaske werden dabei automatisch berücksichtigt.

Bei aktivem ADD-, COPY-, MOVE- oder PASTE-Befehl kann man ein Bauteil oder eine gewählte Gruppe mit der mittleren Maustaste spiegeln.

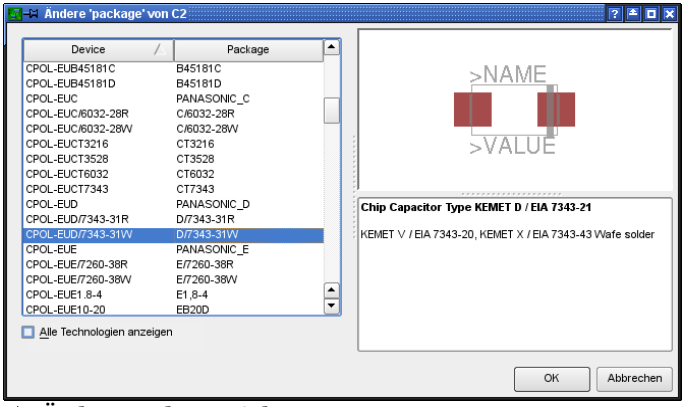
Im Package-Editor werden Bauteile immer auf der Top-Seite definiert!

Austauschen von Bauteilen oder Gehäuseformen

Wollen Sie während der Entwicklung des Layouts die gewählte Bauform durch eine andere ersetzen, haben Sie, je nach Situation, die Möglichkeit, den PACKAGE- bzw. den REPLACE-Befehl zu verwenden.

PACKAGE-Befehl

Es wird vorausgesetzt, dass Layout und Schaltplan konsistent sind und das Device mit mehr als einer Package-Variante angelegt wurde.



➢ ***Ändere-Package-Dialog***

Tippen Sie in der Kommandozeile den Befehl `PACKAGE` oder klicken Sie alternativ mit der rechten Maustaste auf das zu ersetzende Bauteil und wählen aus dem Kontextmenü den Eintrag *Package*. Sie könnten als dritte Variante auch auf das CHANGE-Icon im Befehlsmenü klicken und die Option *Package* wählen.
Aus dem folgenden Dialog wählen Sie das gewünschte Package und bestätigen mit *OK*.

Ist die Option *Alle Technologien anzeigen* aktiviert, werden die Package-Varianten aller verfügbaren Technologien dieses Bausteins gezeigt. Ist die Option nicht aktiv, sehen Sie nur Packages, die in der gewählten Technologie definiert sind.

Das Austauschen des Packages kann auch im Schaltplan erfolgen.

Ist für das Bauteil noch keine passende Package-Variante angelegt, muss vorher ein entsprechendes Package in der Bibliothek definiert, oder von einer anderen Bibliothek kopiert werden. Das Anlegen der neuen Package-Variante ist im Kapitel *Bauteilentwurf an Beispielen erklärt* ab Seite 305 beschrieben.

Wird ein Package ersetzt, dem Sie mit VALUE einen neuen Wert zugeordnet haben, obwohl das Device in der Bibliothek mit VALUE *Off* definiert wurde, bleibt der Wert unverändert. Siehe auch Seite 105.

Wenn Sie für mehrere gleiche Bauteile die Package-Variante ändern wollen, können Sie das über die Kommandozeile ausführen.
Definieren Sie zunächst eine Gruppe, die alle gewünschten Bauteile enthält. Tippen Sie dann in der Kommandozeile

```
CHANGE PACKAGE 'neuer-device-name'
```

und klicken Sie dann mit *Ctrl* + rechter Maustaste in die Zeichnung.
Der Name der neuen Package-Variante muss in einfache Hochkommas gesetzt werden.

REPLACE-Befehl

Bei konsistentem Schaltplan/Layout-Paar

Wenn Sie ein Bauteil durch ein anderes ersetzen wollen, verwenden Sie den REPLACE-Befehl. Dieser öffnet das aus dem ADD-Dialog bekannte Fenster, in dem man nach Bauteilen suchen kann. Nach Auswahl des gewünschten Bauteils klicken Sie auf das Element im Schaltplan oder Layout, das ersetzt werden soll. Altes und neues Bauteil müssen kompatibel sein, das heißt ihre benutzten Gatter und angeschlossenen Pins bzw. Pads müssen entweder über ihre Namen oder ihre Koordinaten zusammenpassen. Ansonsten ist ein Austausch nicht möglich.

Bei einem Layout ohne Schaltplan

Haben Sie ein Layout ohne zugehörigen Schaltplan, tauschen Sie Packages mit dem REPLACE-Befehl aus. REPLACE öffnet das Fenster des ADD-Befehls, in dem man nach Bauteilen suchen kann. Nach Auswahl des gewünschten Packages klicken Sie auf das Bauteil, das ersetzt werden soll.

Der REPLACE-Befehl kennt im Layout zwei Betriebsarten, die man in der Parameterleiste wählen oder über den SET-Befehl einstellen kann:

➢ *Auswahl des REPLACE-Modus*

Die Betriebsart *Names* erlaubt ein Austauschen von Packages, deren Pad- bzw. SMD-Namen identisch sind. Die Lage der Anschlussflächen ist beliebig.

Im zweiten Fall (*Coords*) müssen die Pads bzw. SMDs im neuen Package auf denselben Koordinaten (relativ zum Ursprungspunkt) liegen. Die Namen dürfen unterschiedlich sein.

Der Text für Name und Value eines Bauteils wird nur ausgetauscht, wenn diese nicht mit SMASH vom Bauteil losgelöst sind.

Das neue Package kann aus einer anderen Bibliothek stammen., es darf zusätzliche Pads und SMDs enthalten. Anschlüsse des alten Package, die mit Signalen verbunden sind, müssen entsprechend auch im neuen Package vorhanden sein. Das neue Package darf auch weniger Anschlüsse haben, wenn diese Bedingung erfüllt ist.

Ändern der Technology

Es ist jederzeit möglich, die Technologie eines Bauteils im Layout zu verändern, sofern in der Bibliotheksdefinition unterschiedliche Technologien angelegt wurden. Verwenden Sie den CHANGE-Befehl, Option *Technology*

oder den *Technology*-Befehl über das Kontextmenü (rechter Mausklick auf das Package). Die Vorgehensweise ist identisch mit dem vorher beschriebenen Austauschen einer Gehäuseform über PACKAGE.

Sperrflächen definieren

Falls gewünscht, zeichnet man Sperrflächen für den Autorouter/Follow-me-Router als Rechtecke, Polygone oder Kreise in den Layern 41 *tRestrict* und 42 *bRestrict*. In diesen Bereichen dürfen keine Kupferelemente im Top- oder Bottom-Layer liegen. Diese Flächen werden beim Design-Rule-Check geprüft und vom Autorouter/Follow-me-Router berücksichtigt. Auch Polygone im Top- bzw. Bottom-Layer halten diese Bereiche frei.

Im Layer 43 *vRestrict* zeichnen Sie Sperrflächen für den Autorouter/Follow-me-Router. In diesen Bereichen werden keine Vias gesetzt.
Vias, die Sie mit dem VIA-Befehl in einer vRestrict-Fläche platziert haben, werden vom DRC nicht geprüft und somit auch nicht als Fehler gemeldet.

Routen – Manuelles Verlegen von Leiterbahnen

Mit dem ROUTE-Befehl lassen sich jetzt die Luftlinien in Leitungen umwandeln. ROUTE unterstützt zwei Betriebsweisen: Das Vermeiden von Hindernissen (*Avoid Obstacles*) und das Ignorieren von Hindernissen (*Ignore Obstacles*) . Der Modus wird in der Parameterleiste des ROUTE-Befehls über entsprechende Icons gewählt.

Hindernisse vermeiden

In diesem Betriebsmodus beachtet EAGLE die gegebenen Design-Regeln und versucht Hindernisse entlang des Leiterbahnverlaufs zu umgehen. Es wird automatisch ein neuer Pfad errechnet.

Hindernisse ignorieren

Das ist das klassische Routing-Verhalten, wie man es auch aus den älteren EAGLE-Versionen kennt. Hier muss der Designer auf alle Design-Regeln, wie zum Beispiel Mindestabstände, Netzklassen oder Überlappungen selbst achten. Dieser Modus bietet alle Freiheiten beim Verlegen der Leiterbahnen.

Wie verlegt man Leiterbahnen?

Nach Aktivieren des ROUTE-Befehls wählen Sie in der Parameter-Leiste den Start-Layer. Klicken Sie dann auf eine Luftlinie. Das erste Leiterbahnstück folgt dem Mauszeiger. Prüfen Sie gleich noch die Leiterbahnbreite. Passt sie? Ist der Verlauf der Leiterbahn in Ordnung, fixiert man mit einem Linksklick das erste Leiterbahnsegment.

Ein Klick mit der mittleren Maustaste während des Verlegens erlaubt es den Routing-Layer für das nächste Segment zu wechseln. Je nach Layer-Setup wählen Sie den Layer über das angebotene Layer-Menü oder, bnei nur zwei Signallayern wird der alternative Signallayer automatisch gewählt. Die

entsprechende Durchkontaktierung wird angezeigt; Form, Durchmesser und Bohrdurchmesser lassen sich über die Optionen in der Parameterleiste wählen. Mit Linksklick fixiert man das Via. Die Leiterbahn wird verläuft im gewählten Layer weiter.
Das Ändern des Layers kann auch mit der Leertaste erfolgen. In diesem Fall tastet man sich durch die vorhandenen Signallayer der Reihe nach durch.

Ein Klick mit der rechten Maustaste ändert die Eigenschaft, wie die Leiterbahn an der Maus hängt und verlegt werden soll (SET-Befehl, Parameter *Wire_Bend*). Darunter befinden sich auch Modi, die es erlauben, die Leiterbahnen in 90-Grad-Bögen bzw. in freien Bögen zu verlegen.

Es gibt zwei spezielle Knickwinkel-Einstellungen (*Wire_Bend* 8 und 9), bei denen der ROUTE-Befehl als Follow-me-Router arbeitet. Der Follow-me-Router kann eine selektierte Signallinie automatisch verlegen. Die Position des Mauszeigers bestimmt den Weg der Leiterbahn. Es werden dabei die Vorgaben aus den Design-Regeln und die relevanten Einstellungen aus dem Autorouter-Setup berücksichtigt.
Eine Beschreibung zur Funktion und Verwendung des Follow-me-Routers finden Sie im Autorouter-Kapitel.

Signalname und Netzklasse werden während des Verlegens in der Statuszeile angezeigt. Ist eine Signallinie vollständig verlegt, bestätigt EAGLE die korrekte Verbindung beim Absetzen mit einem kurzen Piepton.

Der Signalname lässt sich auch direkt über die Kommandozeile angeben, zum Beispiel `ROUTE VCC`. Nach Betätigen der Eingabetaste hängt die Leiterbahn direkt an der Maus. Der Startpunkt des Routings liegt an einem Signalstützpunkt, der der aktuellen Mausposition am nächsten ist.

Eine Leiterbahn kann einer beliebigen Stelle an einer bereits vorhandenen Leiterbahn, an einer Durchkontaktierung oder an einem Pad oder SMD beginnen.

Falls für einzelne Signale kein Verdrahtungsweg mehr existiert, verschiebt man andere Leitungen mit MOVE und SPLIT oder verändert über CHANGE Eigenschaften von Leiterbahnen (Width, Layer).

SPLIT kann man dazu verwenden, zusätzliche Knickpunkte in die Leiterbahn einzufügen und bereits verlegten Leiterbahnen einen neuen Verlauf zu geben.

Möchten Sie einer bereits verlegten Leiterbahn in einem Teilbereich einen neuen Verlauf geben, starten Sie ROUTE auf einem Punkt der existierenden Leiterbahn und enden Sie an einer anderen Stelle der Bahn. Der redundante Teil wird dabei automatisch entfernt. Der *Loop-Remove*-Modus wird über zwei Icons in der Parameterleiste des ROUTE-Befehls ein- bzw. ausgeschaltet .

Soll an einer bestimmten Stelle eine Durchkontaktierung platziert werden, kann man das mit dem VIA-Befehl tun. Über NAME gibt man dem Via einen Signalnamen.

Beendet man eine Leiterbahn an einer Stelle an der in einem anderen Layer ebenfalls eine Leiterbahn desselben Signals verläuft, wird bei gedrückter *Shift*-Taste automatisch eine Durchkontaktierung gesetzt, ansonsten nicht.

Luftlinien der Länge 0 (zum Beispiel von *Top* nach *Bottom*) werden als Kreuz im Layer 19 gezeichnet.

Falls Sie eine Mehrlagen-Platine entwerfen und Blind- und Buried- bzw. Micro-Vias verwenden wollen, beachten Sie die Hinweise (auch zum VIA-Befehl) im Abschnitt *Multilayer-Platinen* ab Seite 217.

Während des Verlegens einer Leiterbahn berechnet EAGLE automatisch die kürzeste Verbindung zum nächstgelegenen Punkt des Signals. Diese wird durch eine Signallinie (Airwire) angezeigt.

Pads und SMDs, die zu dem Signal gehören, das Sie gerade verlegen, haben eine sogenannte Magnetische-Pads-Funktion:
Innerhalb eines bestimmten Radius um das Pad, wird die Leiterbahn automatisch an den Pad- bzw. SMD-Mittelpunkt geführt. Das heißt, sobald die Länge der automatisch berechneten Luftlinie kürzer ist als der *Fangradius*, schnappt sich das Pad die zu verlegende Leiterbahn. Dabei ist es unerheblich, ob das Pad oder SMD genau im aktuell eingestellten Raster liegt oder nicht. Der Pad- bzw. SMD-Mittelpunkt ist immer der Fangpunkt.
Entfernen Sie sich mit der Maus wieder vom Pad über diesen Grenzwert hinaus, erscheint die Luftlinie wie vorher, und die zu verlegende Leiterbahn folgt wieder dem Mauszeiger. Den *Fangradius* bestimmen Sie im Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes*. Der Standardwert ist 20 mil.

Es ist sinnvoll, während des Routens immer wieder den Befehl RATSNEST zu starten, um alle Signallinien neu zu berechnen.

Bei komplexen Platinen kann es sinnvoll sein, den *Fangradius* (siehe Seite 135) über das Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes* anzupassen.

Für eine bessere Sichtbarkeit der Leiterbahnen im aktuellen Routing-Layer kann man den *Single Layer* Modus aktivieren. Alle sichtbaren Layer, mit Ausnahme des aktuellen Routing-Layers werden grau dargestellt. Der Modus läßt sich in der Parameterleiste (de-)aktivieren. Aktivieren mit Klick auf , deaktivieren mit Klick auf dieses Icon:

Auflösen von Leiterbahnen

Sollten Sie eine verlegte Leitung oder Teile davon wieder in eine Signallinie verwandeln wollen oder ein Via entfernen, benutzen Sie RIPUP. Mit Klick auf eine Leiterbahn wird diese zwischen den nächsten Knickpunkten aufgelöst. Klicken Sie nochmals auf diese Stelle (auf die Signallinie), löst sich der ganze Zweig des Signals bis zu den nächsten Pads hin auf. Wollen Sie ein ganzes Signal wandeln, klicken Sie RIPUP und geben in der Kommandozeile den Namen des Signals an. Es dürfen auch mehrere gleichzeitig angegeben werden.

Der Befehl

```
RIPUP GND VCC +5V
```

wandelt die drei Signale GND, VCC und +5V in Luftlinien um.

```
RIPUP ! GND VCC
```

hingegen wandelt alle Signale außer GND und VCC in Luftlinien um.

```
RIPUP ;
```

wandelt alle Signale (die im Editor sichtbar sind) in Luftlinien um. Um wirklich alle zu erreichen, müssen alle Layer, in denen Leiterbahnen gezeichnet sind, sichtbar sein (DISPLAY).

Leiterbahnen in Radien verlegen

Sollen Leiterbahnen in Radien verlegt oder Leiterbahnverläufe geglättet werden, beachten Sie bitte die Hinweise zum MITER-Befehl in der Hilfe-Funktion. Mit der Angabe des Miter-Radius bestimmt man, wie die Wire-Verbindungspunkte abgeschrägt werden sollen. Ein positiver Wert für den Radius erzeugt eine Rundung, ein negativer Wert eine Gerade. Der Miter-Radius wirkt sich auf verschiedene Wire-Bends aus (0, 1, 3, 4; siehe auch SET-Befehl) und wird zusätzlich in der Parameterleiste der Befehle SPLIT, ROUTE, LINE und POLYGON angezeigt.

Bei aktivem LINE- oder ROUTE-Befehl kann man sich mit der rechten Maustaste durch die vorher angesprochenen Wire-Bends, die Knickmodi, durchklicken. Insgesamt kennt EAGLE zehn Einstellungen (0..9), die in der Parameterleiste angezeigt werden. Die beiden Modi 8 und 9 sind spezielle Einstellungen für den Follow-me-Router.
Wird beim Klicken mit der rechten Maustaste gleichzeitig die *Shift*-Taste gedrückt, kehrt sich die Auswahlreihenfolge um. Bei gedrückter *Ctrl*-Taste kann man zwischen zwei komplementären Wire-Bends wechseln. Probieren Sie es einfach aus.
Sollen nur einige Wire-Bends über den rechten Mausklick zur Verfügung stehen, kann man das beispielsweise in der Datei *eagle.scr* definieren. Angenommen Sie arbeiten nur mit den Wire-Bends 2, 5, 6 und 7, lautet die Syntax hierfür:

```
SET WIRE_BEND @ 2 5 6 7 ;
```

Falls Sie doch mal einen anderen Knickmodus nutzen wollen, können Sie diesen über die Parameterleiste wählen.

> *Das Verlegen der Leiterbahnen kann man auch dem Autorouter überlassen. Informationen dazu finden im Autorouter-Kapitel.*
>
> *Das Verlegen von Leiterbahnen mit dem Follow-me-Router wird in einem Abschnitt des Autorouter-Kapitels beschrieben.*

Kupferflächen definieren mit POLYGON

EAGLE kann Bereiche einer Platine mit Kupfer füllen. Zeichnen Sie einfach die Umrandung der Fläche mit dem POLYGON-Befehl. Das Polygon wird in der Umrissdarstellung als gepunktete Linie gezeichnet.
Mit NAME und Klick auf die Polygonumrandung geben Sie dem Polygon einen Signalnamen. So werden alle Objekte, die dieses Signal führen, an das Polygon angeschlossen. Pads und auch optional Vias (wird in den Design-Regeln festgelegt) werden über Thermal-Symbole mit der Kupferfläche verbunden. Signal-fremde Objekte werden mit bestimmten Mindestabständen frei gehalten.

RATSNEST berechnet die Flächeninhalte aller Polygone im Layout und stellt diese auch dar. Wenn Sie beim RATSNEST-Befehl einen Signalnamen angeben, zum Beispiel

```
RATSNEST GND
```

werden nur die Polygone berechnet, die zum angegebenen Signal GND gehören. Andere Polygone bleiben unverändert in der Umrissdarstellung.

RIPUP und ein Klick auf die Polygon-Umrandung machen den Inhalt wieder unsichtbar. Haben Sie mehrere Polygone in der Platine, kann man über

```
RIPUP @ ;
```

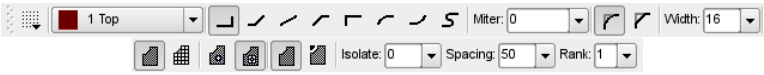
alle Polygonflächen in den Umrissmodus schalten.
Sollen alle Polygone eines bestimmten Signals wieder in der Umrissdarstellung gezeigt werden, geben Sie den Signalnamen an, zum Beispiel:

```
RIPUP @ GND ;
```

Mehr Informationen dazu gibt es in der Hilfefunktion zu RIPUP.

> *Der Inhalt des Polygons wird nicht in der Platinendatei gespeichert. Laden Sie eine Datei neu, dann sehen Sie nur die gepunktete Umrisslinie des Polygons. Erst RATSNEST berechnet und zeigt die gefüllte Fläche.*

Verschiedene Optionen können direkt beim Zeichnen des Polygons über die Parameterleiste oder auch nachträglich über CHANGE verändert werden.



➢ ***POLYGON-Befehl: Parameterleiste (in zwei Zeilen aufgeteilt)***

Width:

Strichstärke mit der das Polygon gezeichnet wird. Wählen Sie die Breite so groß wie möglich. Das vermeidet unnötige Datenmengen beim Herstellen der Platine. Liegt die Strichstärke unter der Auflösung des Ausgabetreibers im CAM-Prozessor erfolgt eine Warnung.
Feinere Linienstärke erlaubt eine bessere Verzweigung des Polygons.

Pour:

Art der Füllung: Volle Fläche (*Solid*) oder Gitterstruktur (*Hatch*).
Der spezielle Füllmodus *Cutout* bewirkt dass ein Polygon von allen anderen Signal-Polygonen im gleichen Layer subtrahiert wird. Geeignet zum Beispiel für Ausschnitte (Sperrflächen) in Signal-Polygonen in Innenlagen.

Rank:

Überlappende Polygone dürfen keine Kurzschlüsse erzeugen. Deshalb kann man mit Hilfe von Rank bestimmen, welche Polygone von anderen subtrahiert werden. Ein Polygon mit Rank = 1 hat die höchste Priorität im Layout-Editor (es wird in keinem Fall durch andere Polygone, die im Layout-Editor gezeichnet wurden, etwas subtrahiert), eines mit Rank= 6 die niedrigste. Sobald ein Polygon mit höherem Rank überlappt, wird von dem mit Rank = 6 der entsprechende Bereich ausgespart. Polygone mit gleichem Rank werden gegeneinander vom DRC geprüft.
Dieser Parameter wirkt nur bei Polygonen mit unterschiedlichen Signalen. Polygone, die dasselbe Signale führen, werden einfach übereinander gelegt. Rank ist hier ohne Wirkung.

Polygone, die im Package-Editor erzeugt werden und keinem Signal zugeordnet sind, werden immer freigerechnet. Hier gibt es die Eigenschaft *Rank* nicht.

Spacing:

Wird für *Pour* die Option *Hatch* gewählt, bestimmt dieser Wert den Abstand der Gitterlinien.

Isolate:

Definiert den Wert, den das Polygon gegenüber potentialfremdem Kupfer und Objekten im Dimension-Layer oder den entsprechenden Restrict-Layern (t/bRestrict) einhalten muss. Sind in den Design-Regeln oder Netzklassen für spezielle Signale höhere Werte definiert, gelten diese.

Bei Polygonen mit unterschiedlichem Rank, bezieht sich *Isolate* immer auf die gezeichnete Außenkontur des Polygons, auch wenn das Polygon im berechneten Zustand eine andere Kontur hat, zum Beispiel durch einen Wire verdrängt wird. Der tatsächliche Abstand kann größer als der *Isolate*-Wert sein.

Thermals:

Bestimmt ob im Polygon Pads über Thermal-Symbole oder voll an die Kupferfläche angeschlossen werden. Das gilt auch für Vias, sofern diese Option in den Design-Regeln (*Supply*-Tab) aktiviert wurde.

Die Breite der Thermalanschlüsse ergibt sich aus dem halben Bohrdurchmesser des Pads bzw. Vias. Die minimale Breite entspricht dem Wert der Strichstärke (*width*), die maximale Breite dem Wert der doppelten Strichstärke.

Die Länge der Thermalanschlüsse wird über den Wert *Thermal isolation* im *Supply*-Tab der Design-Regeln eingestellt.

Wählen Sie die Strichstärke für Polygone nicht zu fein, da ansonsten die Thermalstege für die benötigte Stromlast nicht ausreichend dimensioniert werden!
Das gilt auch für Engstellen im Layout. Die Strichstärke bestimmt auch die minimale Breite des Polygons!

Orphans:

Bestimmt ob Inseln innerhalb des Polygons, die keine elektrische Verbindung zum Polygon-Signal haben, dargestellt werden oder nicht.
Bei Orphans = *Off* werden sie eliminiert.

Bitte achten darauf, dass die Kontur eines Polygons an einer Stelle nicht mehrfach gezeichnet (überlappt) wird, und dass sich die Kontur nicht schneidet. In diesem Fall ist es EAGLE nicht möglich den Flächeninhalt zu berechnen.
In dem Fall wird eine Fehlermeldung 'Signalname' enthält ein ungültiges Polygon! ausgegeben, der RATSNEST-Befehl wird abgebrochen.
Sollte diese Meldung erscheinen, muss die Polygonkontur korrigiert werden. EAGLE zeigt einen der betroffenen Polygonpunkte im Bildschirmmittelpunkt. Ohne Korrektur des Polygons ist es nicht möglich, Fertigungsdaten über den CAM-Prozessor zu erzeugen, da dieser bei der Datenausgabe alle Polygone im Layout automatisch berechnet.

Bleibt nach dem Berechnen eines Polygons die Umriss-Darstellung erhalten, sollten Sie die Polygon-Parameter Width, Isolate und Orphans und den Namen des Polygons überprüfen. Vermutlich kann die Polygon-Füllung keines der Objekte erreichen, die mit dem Polygon-Signal verbunden werden sollen.

Durch Umbenennen eines Polygons mit NAME kann man es einem anderen Signal zuordnen.

6.6 FUSIONSYNC – EAGLE Board und Fusion 3D-Board-Modell synchronisieren

Im Layout-Editor-Fenster sieht man rechts an der Seite der Zeichenfläche ein sogenanntes Flyout mit dem Namen FUSIONSYNC. Es wird standardmäßig dargestellt, kann aber über *Optionen/Benutzeroberfläche* ausgeblendet werden.

Hier werden zwei Welten, ECAD und MCAD, miteinander vereint. Mit FUSIONSYNC kann man Boarddaten zwischen EAGLE und Autodesk Fusion 360 austauschen. Die Datensynchronisation funktioniert in beide Richtungen. Entweder schiebt man sein EAGLE-Board in Fusion (Push) oder man zieht sich die Daten aus Fusion in EAGLE (Pull).

Wie funktioniert‘s?

Synchronisieren mit Fusion

Legen Sie das Board wie gewohnt an. Wenn Sie an den Punkt gekommen sind, an dem Sie Ihre Design mit Fusion synchronisieren möchten, klicken Sie auf das FUSIONSYNC Flyout. Dadurch veranlassen Sie EAGLE und Fusion alle notwendigen Daten auszutauschen. Ihr Layout betritt nun die „mechanische“ Welt.

Nachträgliche Änderungen in der Board-Geometrie

Falls es notwendig wird Änderungen in zum Beispiel in der Board-Geometrie zu machen – eine Befestigungsbohrung muss etwas verschoben, die Maße der Leiterplatte nochmal verändert, sodass sie in das Gehäuse passt oder eines der Bauteile muss um ein paar Millimeter verschoben werden – der Fusion-Designer kann Bauteile oder Bohrungen verschieben, die Kontur der Leiterplatte verändern oder auch eine Ausfräsung in die Platine einfügen. Nach einer Änderung, erhalten Sie in EAGLE die Notiz, dass das Board nicht mehr „in sync“ ist.

Sie können jetzt das neue Board aus Fusion in EAGLE ziehen und sehen dann die entsprechenden Änderungen im Layout-Editor. Überprüfen Sie das Layout; am besten lassen Sie auch den DRC laufen. Prüfen Sie die Platzierung der Bauteile, die Board-Kontur und die Leiterbahnen, die bereits verlegt waren und zu einem verschobenen Bauteil führen.

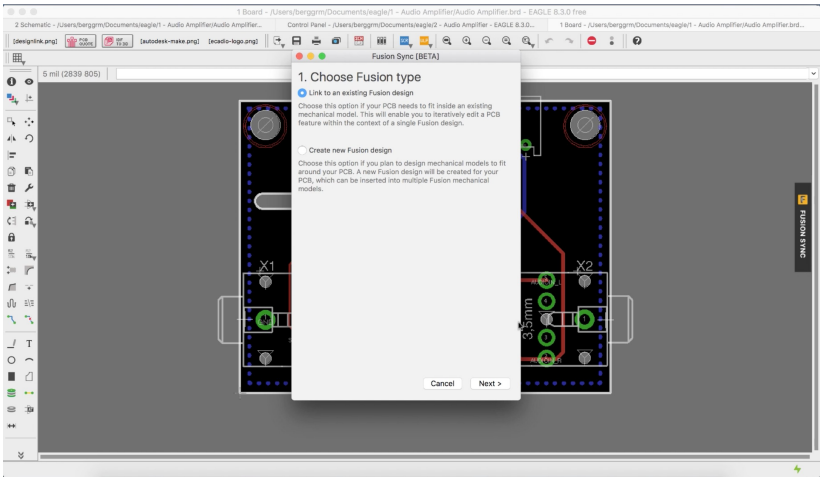
Es kann auch sinnvoll sein, Teile oder das ganze Layout mit RIPUP in den ungerouteten Zustand zu bringen. Arbeiten Sie am Layout weiter. Wenn Sie das Layout wieder in Fusion bereitstellen wollen, starten Sie die Synchronisierung erneut.

Wie synchronisiert man?

FUSION SYNC

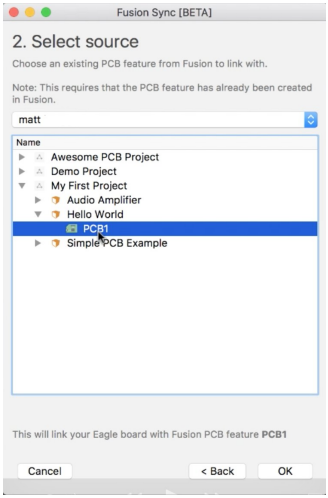
Klicken Sie auf das FUSIONSYNC-Flyout und wählen Sie eine der Optionen im folgenden Dialog. Entweder synchronisiert man mit einem bereits bestehenden oder man verwendet ein neues Fusion-Projekt.

Wenn Sie mit einem bereits vorhandenen Projekt synchronisieren wollen, wählen Sie die erste Option und klicken dann auf *Next*.



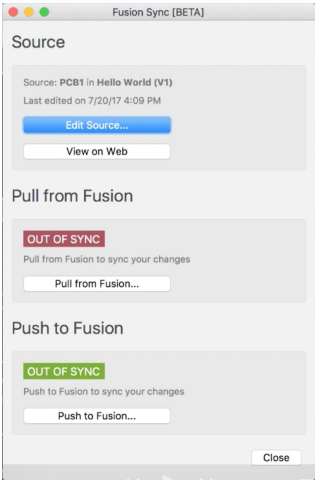
➢ ***FUSIONSYNC: Fusion type auswählen***

Wählen Sie eines der Fusion-Projekte aus der Liste. Das Fusion-Projekt mit dem Sie synchronisieren möchten, muss bereits ein PCB-Objekt enthalten. Das folgende Bild zeigt, dass das *Projekt Hello* world bereits ein Boardobjekt *PCB1* enthält. Klicken Sie auf *OK* um fortzufahren.



➢ ***FUISONSYNC: Projekt wählen***

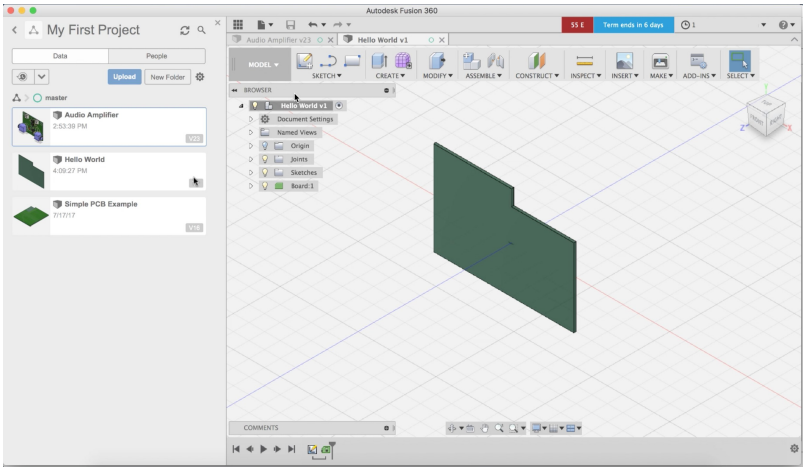
Im nächsten Dialog sieht man den aktuellen Sync-Status:



➢ ***FUSIONSYNC: Sync-Status zwischen EAGLE und Fusion***

Die beiden Projekte sind nicht synchronisiert. Dies wird durch das rot gefärbte FUSIONSYNC-Flyout verdeutlicht.

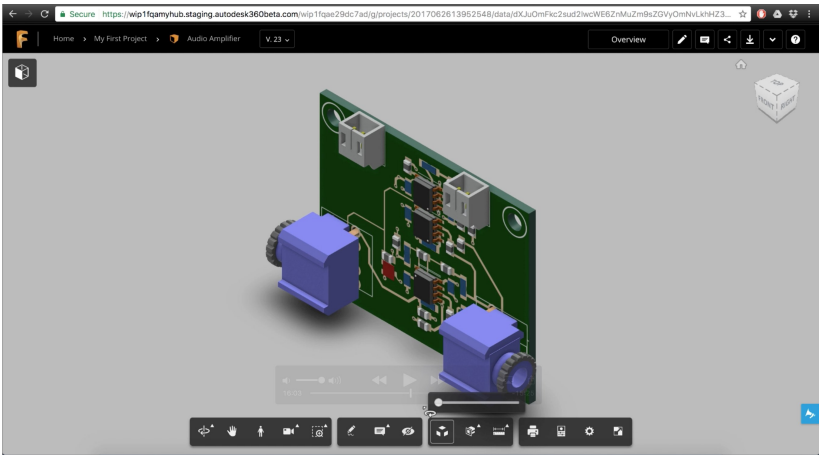
Klickt man im Dialog auf *Edit Source*, kann man das Projekt in Fusion bearbeiten.



➢ ***FUSIONSYNC: Board-Objekt in Fusion gezeichnet***

View on Web (Im Netz ansehen)

Wenn Sie auf View on Web klicken, öffnet sich Ihr Web-browser und bringt Sie zu unserer „Brücke“ zwischen der elektronisch und der mechanischen Welt. An dieser Stelle wird das Board aus EAGLE und das Board-Objekt aus Fusion verwaltet.



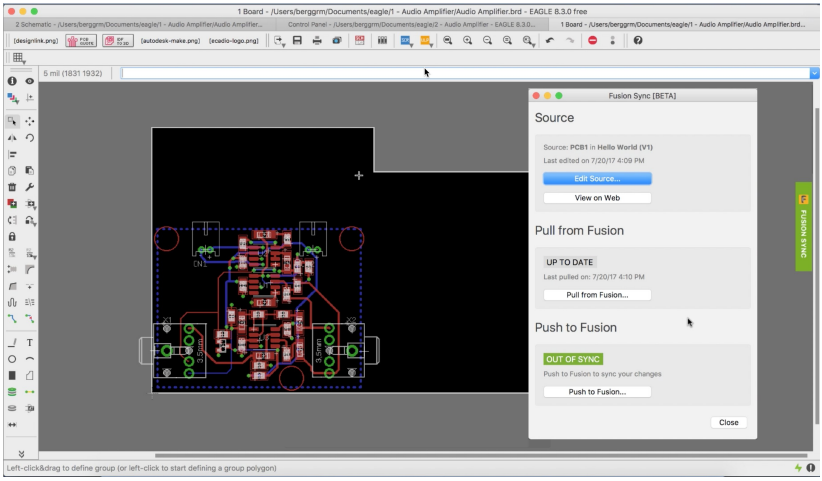
➢ ***FUSIONSYNC: Online 3D -Ansicht mit Fusion Team***

Hier kann man das Projekt überprüfen und zum Beispiel auf die verschiedenen Versionen, die im Laufe der Entwicklung zwischen Fusion und EAGLE ausgetauscht wurden, nochmal zugreifen. Es ist auch möglich in Fusion Team eine 3D-Darstellung der Leiterplatte anzuzeigen, mit anderen Teammitgliedern zu teilen oder in verschiedenen Formaten zu exportieren. Man kann auch Markierungen setzen, Kommentare hinzufügen, Maßlinien einfügen oder zum Beispiel eine Explosionsdarstellung anzeigen.

Aus Fusion holen (Pull)

Klicken Sie auf Pull from Fusion um das Board in EAGLE zu aktualisieren. Es wird zunächst die Beschreibung angezeigt, die der Fusion-Designer bei der Änderung des Board-Objekts angelegt hat. Klicken Sie dann auch die Schaltfläche Pull um die Synchronisierung zu starten. Der Sync-Prozess dauert einige Sekunden und schließlich sehen Sie neue Version des Boards im Layout-Editor.

Im Abschnitt *Pull from Fusion* des *Fusion Sync*-Fensters steht jetzt UP TO DATE. Das FUSIONSYNC-Flyout signalisiert grün.



➢ ***FUSIONSYNC: Neue Board-Kontur aus Fusion geholt***

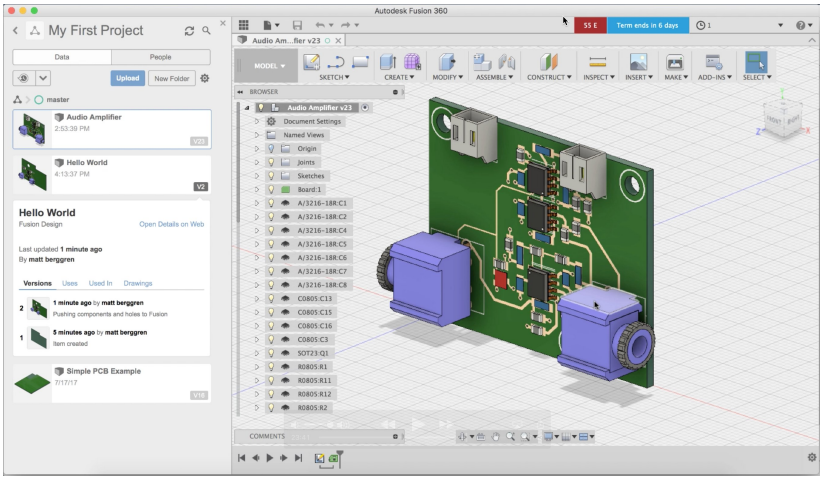
Im Abschnitt *Push to Fusion* steht immer noch OUT OF SYNC. Der Grund dafür ist, dass Sie als Elektronik-Designer das letzte Wort in Sachen Layout haben. Sie bestimmen wann das fertige Layout letztendlich in Fusion übertragen werden soll.

In Fusion schieben (Push to Fusion)

Klicken Sie dazu auf das FUSIONSYNC-Flyout. Auf der *Source*-Seite des *Fusion Sync* Dialogs klicken Sie dann auf *Push to Fusion*. Es werden zunächst alle Bauteile gelistet mit der Information ob ein 3D-Modell zugeordnet worden ist oder nicht.

Falls nicht alle Bauteile mit einem 3D-Modell verknüpft sind, sollten Sie das in den Bibliotheken ändern und das Design dann aktualisieren. Anderenfalls sieht man die entsprechenden Bauteile nicht als schöne Darstellung in Fusion.

Fügen Sie noch ein Beschreibung hinzu, damit Ihre Kollege, der mit Fusion arbeitet auch weiß, was die letzte Änderung ist.



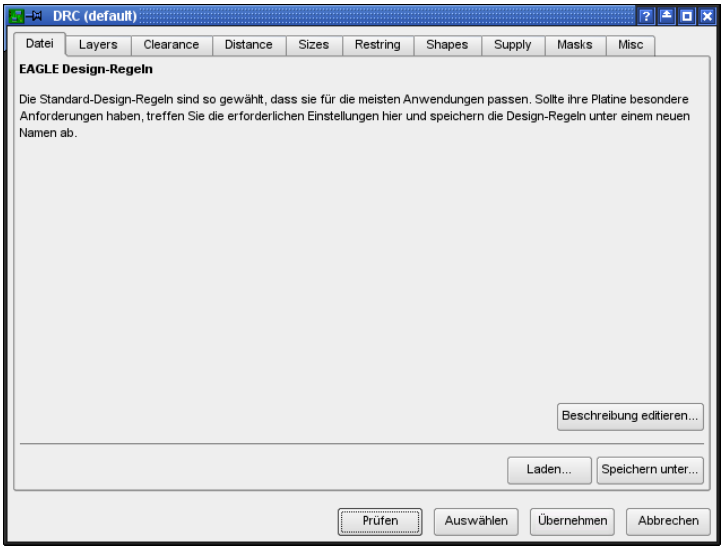
➢ ***FUSIONSYNC: EAGLE-Board in Fusion***

In Fusion darf man die Board-Kontur verändern, Bauteile bewegen und Bohrungen und Ausfräsungen definieren. Anschließend kann man das Design wieder in EAGLE ziehen und dort das Layout prüfen und nötigenfalls überarbeiten/bereinigen. Verwenden Sie dazu den DRC um alle möglichen versteckten Probleme zu erkennen. Nach Abschluss des Design-Prozesses schieben das Layout wieder zurück in Fusion.

6.7 DRC – Layout überprüfen und Fehler korrigieren

Spätestens am Ende der Leiterplatten-Entwicklung führen Sie den Design Rule Check (DRC) durch. Sofern Sie bisher noch keine Design-Regeln für das Layout festgelegt haben, ist jetzt die letzte Gelegenheit. Sehen Sie sich dazu das Kapitel *Festlegen der Design-Regeln* ab Seite 180 an. Klicken Sie dazu auf das DRC-Icon im Befehlsmenü oder auf den Eintrag *Layout prüfen (Drc)* im *Werkzeuge*-Menü.

> *Die übliche Vorgehensweise ist es, zuerst über Bearbeiten/Design-Regeln die allgemeinen Design-Regeln festzulegen und bei Bedarf die Prüfung über den DRC-Befehl zu starten. Auch beim Aufruf über den DRC-Befehl können die Design-Regeln verändert werden. Manche Einstellungen, wie Annular Ring, wirken sich direkt auf das Layout aus.*



➢ ***Design Rule Check starten***

Nachdem Sie die Einstellungen getroffen haben, starten Sie mit einem Klick auf *Prüfen* die Fehlerprüfung. Die Design-Regeln werden dabei direkt in der Layout-Datei gespeichert.

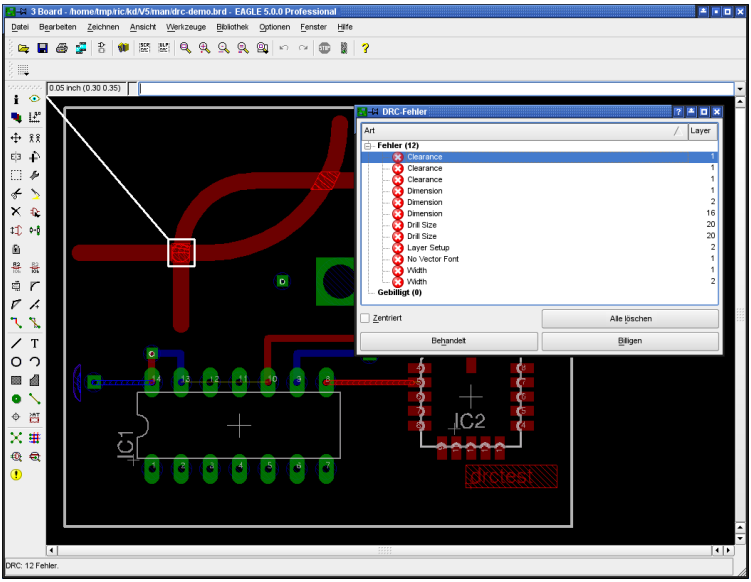
Mit einem Klick auf *Auswählen* legen Sie den Bereich im Layout fest, der geprüft werden soll. Ziehen Sie einfach mit der Maus ein Rechteck über die gewünschte Fläche. Anschließend startet die Fehlerprüfung automatisch.

Klicken Sie auf *Übernehmen*, um die bisherigen Einstellungen in die Board-Datei zu übertragen. So gehen die gewählten Werte nicht verloren, wenn Sie die Fehlerprüfung nicht sofort starten und den DRC-Dialog nochmal *Abbrechen* wollen.

> *Es werden immer alle Signallagen und die Luftlinien geprüft, egal ob sie dargestellt werden oder nicht (DISPLAY-Befehl).*

Das DRC-Fehler-Fenster

Stellt der DRC Fehler fest, öffnet sich automatisch eine DRC-Fehlerliste. Diese Liste kann auch mit dem ERRORS-Befehl geöffnet werden.



➢ ***DRC-Fehlerliste im Layout-Editor***

Jeder Fehler wird mit einem Fehlerpolygon markiert. Die Größe des Fehlerpolygons gibt, beispielsweise bei einer Abstandsverletzung, Aufschluss darüber, um wie viel der vorgegebenen Wert unterschritten wurde. Die Fehlerpolygone sind nur im Layout-Editor sichtbar. Sie werden nicht gedruckt und auch nicht über den CAM-Prozessor ausgegeben. Sie können auch nicht mit DELETE gelöscht werden, sondern nur über Schaltfläche *Alle Löschen* im Fehler-Fenster oder in der Kommandozeile mit dem Befehl ERRORS CLEAR.

Ein Fehler wird im DRC-Fehler-Fenster mit einem roten Icon markiert. Klicken Sie auf einen Fehler in der Liste, so zeigt eine Linie auf die entsprechende Stelle in der Platine.
Sie können die Fehler alphabetisch oder nach Layernummern auf- oder absteigend sortiert anzeigen lassen. Klicken Sie dazu auf das Feld mit der Spaltenüberschrift *Art* beziehungsweise *Layer*.

> *Der Fehler-Dialog zeigt nur die Fehler, die in den gerade sichtbaren Layern auftreten.*

Wenn nur ein Ausschnitt der Platine sichtbar ist, kann man durch Anklicken der Option *Zentriert* erreichen, dass der in der Liste markierte Fehler in der Fenstermitte gezeigt wird. Wenn Sie beim Durchblättern der Fehlerliste die Option *Zentriert* lieber ausgeschaltet lassen möchten, können Sie einen einzelnen, in der Liste markierten Fehler durch Drücken der *Enter*-Taste in der Zeichenfläche zentrieren lassen.

Das DRC-Fehler-Fenster kann geöffnet bleiben während Sie die Fehler in der Platine beheben. Anschließend kann man den Fehler in der Liste als *Behandelt* markieren. Dazu klicken Sie einfach auf die entsprechende Schaltfläche. Das rote Fehler-Icon wird jetzt grau.

In manchen Fällen kann oder muss man den ein oder anderen Fehler tolerieren. Zu diesem Zweck gibt es die Schaltfläche *Billigen*. Markieren Sie einen Fehler in der Liste und klicken sie auf *Billigen*. Der Eintrag wird aus dem *Fehler*-Zweig entfernt und in den *Gebilligt*-Zweig verschoben. Das entsprechende Fehlerpolygon wird dann im Layout nicht mehr angezeigt.
Soll ein gebilligter Fehler wieder als normaler Fehler behandelt werden, wählen Sie den Fehler im *Gebilligt*-Zweig an und klicken Sie auf die Schaltfläche *Missbilligen.* Dann erscheint er wieder im *Fehler*-Zweig der Liste.

Gebilligte Fehler werden über die Schaltfläche *Alle Löschen* nicht gelöscht. Diese bleiben im Zweig *Gebilligt* erhalten.

In manchen Situationen kann es sinnvoll sein, alle gezeigten Fehler als gebilligt zu markieren. Wenn Sie auf den übergeordneten Eintrag *Fehler* in der Liste klicken, wird die Schaltfläche *Billigen* mit *Alle billigen* beschriftet. Nach einem Klick darauf, werden alle Fehler auf einmal in den *Gebilligt-Zweig* verschoben. Das funktioniert auch in die andere Richtung um alle gebilligten Fehler zu missbilligen.

Das Verschieben eines Eintrags von einem Zweig in den anderen, markiert die Boarddatei als verändert bzw. nicht gespeichert.

Bedeutung der Fehlermeldungen

Airwire:

Zeigt eine im Layout verbliebene Luftlinie, die noch verlegt werden muss. Nur wenn keine Airwires mehr vorhanden sind, kann man sicher sein, dass alle Signale vollständig entflochten sind.

Angle:

Leiterbahnen sind nicht im Winkel von 0, 45, 90 bzw. 135 Grad verlegt. Default: aus.

Blind Via Ratio:

Das Verhältnis von Via-Länge (Tiefe) zu Bohrdurchmesser ist nicht eingehalten. In diesem Fall müssen Sie den Bohrdurchmesser für das Via korrigieren (Design-Regeln, *Sizes*-Tab) oder die Schichtdicken der Platine anpassen (Design-Regeln, *Layers*-Tab).

Clearance:

Unterschreitung des Mindestabstands zwischen Kupferelementen.
Es werden die Einstellungen in den Design-Regeln im *Clearance*-Tab und die Werte für *Clearance* zwischen den Netzklassen berücksichtigt. Es wird der größere Wert von beiden zur Prüfung verwendet.
Bei Polygonen gleichen Ranks und Polygonen, die in Packages definiert wurden, wird auch der *Isolate*-Wert berücksichtigt.

Setzen Sie im *Clearance*-Tab der Design-Regeln unter *Same Signals* die Werte gleich *0*, werden Objekte desselben Signals nicht gegeneinander geprüft.
Micro-Vias werden wie Wires behandelt. Es gilt der Clearance-Wert für Wire zu Wire.

Dimension:

Zu geringer Abstand von SMDs, Pads und damit verbundenen Kupferobjekten zu einer Begrenzungslinie, gezeichnet in Layer 20 *Dimension*, wie zum Beispiel die Platinenumrandung. Definiert durch den Wert *Copper/Dimension* in den Design-Regeln, *Distance*-Tab.
Stellt man den Wert für *Copper/Dimension* auf *0*, ist die Prüfung deaktiviert. In diesem Fall halten Polygone keinen Mindestabstand zu Objekten im Layer 20 *Dimension* und zu Bohrungen (Holes) ein!
Es wird auch nicht geprüft, ob Bohrungen z. B. auf einer Leiterbahn liegen!

Drill Distance:

Zu geringer Abstand zwischen Bohrungen. Festgelegt durch den Wert *Drill/Hole* in den Design-Regeln, *Distance*-Tab.

Drill Size:

Unterschreitung des Mindestbohrdurchmessers bei Pads, Vias und Holes. Der Wert *Minimum Drill* wird in den Design-Regeln, *Sizes*-Tab festgelegt.
Wurden Netzklassen definiert und dabei ein Mindestbohrdurchmesser (*Drill*) für Vias angegeben, wird der größere Wert von beiden zur Prüfung herangezogen.

Invalid Polygon:

Ursache ist eine unsauber gezeichnete Polygonkontur. Sobald sich die Kontur schneidet oder an einer Stelle überlappt, kann das Polygon nicht berechnet werden. Ändern Sie die Kontur im Layout oder in der Bibliothek, falls das Polygon zu einem Package gehört. Auch der RATSNEST-Befehl meldet diesen Fehler.

Keepout:

Sperrflächen für Bauteile in den Layern 39 *tKeepout* bzw. 40 *bKeepout* liegen übereinander. Diese Prüfung wird nur durchgeführt, wenn der Layer 39 bzw. 40 eingeblendet ist und die Sperrflächen schon im Package in der Bibliothek definiert wurden.

Layer Abuse:

Im Layer 17 *Pads* bzw. 18 *Vias* wurden Objekte gezeichnet, die von EAGLE nicht zugeordnet werden können. Diese beiden Layer sind ausschließlich für Pads und Vias reserviert. Verschieben Sie selbst gezeichnete Objekte besser in einen anderen Layer.

Layer Setup:

Diese Meldung erscheint, wenn ein Objekt in einem Signallayer liegt, der nicht im Layer-Setup vorkommt. Ebenso, wenn eine Durchkontaktierung nicht den Vorgaben aus dem Layer-Setup folgt, also zum Beispiel die Via-Länge (bei Blind- und Buried-Vias) nicht stimmt.

Micro Via Size:

Der Bohrdurchmesser des Micro-Vias liegt unterhalb des im *Sizes*-Tab angegebenen Wertes für *Min. Micro Via*.

No Vector Font:

Die Font-Prüfung (Design-Regeln, *Misc*-Tab) stellt fest, dass ein Text in einem Signallayer nicht mit der EAGLE-internen Vektor-Schrift geschrieben wurde.
Sollen mit dem CAM-Prozessor Fertigungsdaten erzeugt werden, müssen die Texte in Signallayern mit dem Vektor-Font dargestellt werden. Nur diesen kann der CAM-Prozessor verarbeiten. Die fertige Platine sieht ansonsten nicht so aus, wie sie im Layout-Editor-Fenster dargestellt wird. Ändern Sie entweder die Schriftart über den Befehl CHANGE FONT oder aktivieren Sie im Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* die Option *Immer Vektor-Schrift*:
Bei aktivierter Option zeigt der Layout-Editor alle Texte im Vektor-Font. So sieht auch die gefertigte Platine aus.
Aktivieren Sie zusätzlich die Suboption *In diese Zeichnung einprägen,* wird die Einstellung im BRD-File gespeichert. Geben Sie dann die Datei beispielsweise an einen Leiterplatten-Hersteller zur Erzeugung von Fertigungsdaten weiter, wird auch an seinem System automatisch der Vektor-Font dargestellt.

No real vector font:

Die Font-Prüfung (Design-Regeln, *Misc*-Tab) stellt fest, dass ein Text in einem Signallayer nicht mit der EAGLE-internen Vektor-Schriftart geschrieben wurde, obwohl er im Editorfenster als Vektor-Schriftart angezeigt wird. Diese Situation entsteht, wenn die Option *Immer Vektor-Schrift* im Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* aktiviert ist. Siehe auch Fehlermeldung *No vector font*.

Off Grid:

Das Objekt liegt nicht im aktuell eingestellten Raster. Diese Prüfung kann in den Design-Regeln (*Misc*-Tab) ein- bzw. ausgeschaltet werden.
Spätestens wenn man bedrahtete und SMD-Bauteile miteinander auf der Platine verwendet, ist diese Prüfung nicht mehr sinnvoll. Daher ist sie standardmäßig ausgeschaltet.

Overlap:

Berühren sich zwei Kupferelemente unterschiedlichen Signals, meldet der DRC diesen Fehler.

Restrict:

Ein Wire im Layer 1 *Top* bzw. 16 *Bottom* oder ein Via liegt innerhalb einer Sperrfläche für Kupferelemente, die in Layer 41 *tRestrict* bzw. 42 *bRestrict* angelegt wurde.
Sind Sperrflächen und Kupferelemente in einem gemeinsamen Package definiert, werden sie nicht gegeneinander geprüft!

Stop Mask:

Liegen Objekte des Bestückungsdrucks, der in den Layern 21, 25, 27 für Bauteile auf der Oberseite bzw. 22, 26 und 28 für Bauteile auf der Unterseite gezeichnet ist, im Bereich der Symbole für die Lötstopmaske, die im Layer 29 bzw. 30 generiert werden, meldet der DRC einen Stopmask-Fehler. Diese Prüfung wird nur durchgeführt, wenn die entsprechenden Layer aktiviert sind!
Bitte beachten Sie, dass bei der Überprüfung immer der Vektor-Font für die Berechnung des Platzbedarfs verwendet wird. Diese Schriftart wird letztendlich vom CAM-Prozessor zur Erstellung der Fertigungsdaten verwendet.

Width:

Unterschreitung der Mindestbreite einer Kupferstruktur. Vorgegeben durch *Minimum Width* in den Design-Regeln (*Sizes*-Tab) oder, sofern definiert, durch den Parameter *Width* einer Netzklasse für die zugehörigen Leiterbahnen. Dabei wird der größere Wert von beiden geprüft.
Es wird auch die Strichstärke von Texten in der Vektor-Schriftart in Signallayern geprüft.

Wire Style:

Der DRC behandelt eine Linie mit *Style* LongDash, ShortDash oder DashDot wie eine durchgezogene. Wird ein Wire in einem dieser Styles als Signal verlegt, meldet der DRC einen *Wirestyle*-Fehler.

Über EXPORT oder verschiedene User-Language-Programme können ggf. Netz-, Bauteile- und Pin-Listen zur weiteren Überprüfung des Layouts ausgegeben werden.

6.8 Multilayer-Platinen

Sie können mit EAGLE Multilayer-Platinen entwickeln. Dazu verwenden Sie neben den Layern *Top* und *Bottom* für Ober- und Unterseite einen oder mehrere Innenlayer (*Route2* bis *Route15*).

Bevor Sie mit dem Entflechten der Platine beginnen, sollten Sie sich schon im Klaren sein, wie viele Layer Sie verwenden wollen, ob Durchkontaktierungen durch alle Lagen gehen sollen, oder ob man aufgrund eingeschränkter Platzverhältnisse Blind-, Buried- oder Micro-Vias verwenden muss. In diesem Fall sollten Sie sich unbedingt mit dem Leiterplattenhersteller in Verbindung

setzen, um sich über die Möglichkeiten des Aufbaus der Platine und die zu erwartenden Kosten zu informieren.

Innenlagen

Innenlagen werden genauso verwendet wie die beiden Außenlagen *Top* und *Bottom*. Sie können mit oder ohne Kupferflächen (Polygone) benutzt werden.

Sie verlegen mit dem ROUTE-Befehl wie gewohnt Ihre Leitungen. EAGLE sorgt selbständig dafür, dass die Leitungen über Durchkontaktierungen an die entsprechenden Signale auf den Außenlagen angeschlossen werden.
Dabei gelten die Vorgaben des Layer-Setups in den Design-Regeln.

Bevor Sie Innenlagen nutzen können, müssen sie in den Design-Regeln im *Layers*-Tab definiert werden! Näheres dazu finden Sie in den folgenden Abschnitten und auf Seite 182.

Versorgungslayer mit Polygonen und mehreren Signalen

Mit dem POLYGON-Befehl können Sie Bereiche der Platine mit einem bestimmten Signal (z. B. Masse) auffüllen. Die zugehörigen Pads werden dabei automatisch mit Thermal-Symbolen angeschlossen. In den Design-Regeln (*Bearbeiten/Design-Regeln*, *Supply*-Tab) legt man den Isolate-Wert für die Thermal-Symbole fest. Die Breite der Anschlussstege ist unter anderem abhängig von der Strichstärke, mit der das Polygon gezeichnet wird (siehe auch S. 204). Sie können ebenfalls bestimmen, ob auch Durchkontaktierungen über Thermals angebunden werden sollen oder nicht. Zu signalfremden Objekten werden die in den Design-Regeln festgelegten Mindestabstände eingehalten (*Clearance*-, *Distance*-Tab). Änderungen werden nach einem Neuberechnen des Polygons (RATSNEST) im Layout angezeigt.

Sie können auf diese Weise Layer erzeugen, auf denen mehrere Bereiche mit unterschiedlichen Signalen aufgefüllt sind. In diesem Fall können Sie für Polygone verschiedene *Ranks* (Prioritäten) vergeben. Die Eigenschaft *Rank* bestimmt, welches Polygon von einem anderen subtrahiert wird, falls sich die beiden überlappen. Rank = 1 bedeutet im Layout höchste Priorität; von diesem Polygon wird nichts subtrahiert . Rank = 6 bedeutet niedrigste Priorität. Polygone mit gleichem Rank werden vom DRC geprüft.

Lesen Sie bitte die Hinweise zum Polygon im Abschnitt *Kupferflächen definieren* auf Seite 203.

> *Wählen Sie die Strichstärke der Polygone nicht zu klein! Das könnte bei der Erzeugung von Fertigungsdaten zu immens großen Plotdateien führen, die nicht mehr problemlos verarbeitet werden können.*

Sperrflächen für Polygone

Wenn Sie in den Innenlagen mit Signalpolygonen einen bestimmten Bereich kupferfrei halten wollen, können Sie ein sogenanntes Cutout-Polygon verwenden. Ein Polygon mit diesem speziellen Füllmodus (*Pour = cutout*)

definiert einen Bereich, der von allen anderen Signalpolygonen in diesem Layer subtrahiert wird.
Ein Cutout-Polygon kann mit beliebiger Linienstärke gezeichnet werden; auch mit Linienstärke 0. Im Gegensatz zu Signalpolygonen entstehen hier keine großen Datenmengen beim Erzeugen der Fertigungsdaten.
Die Signalpolygone berücksichtigen die gewählte Strichbreite des Cutout-Polygons. Die gestrichelte Umrisslinie ist im Layout-Editor immer sichtbar, erscheint aber nicht in den Fertigungsdaten.

Multilayer mit durchgehenden Vias

Diese Variante ist zu bevorzugen, wenn immer die Platzverhältnisse es auf der Platine erlauben. Durchkontaktierungen gehen durch alle Lagen der Platine, werden also am Schluss des Fertigungsprozesses gebohrt. Die Fertigungskosten sind somit relativ günstig.

Layer-Setup

Die Einstellungen zum Platinenaufbau und der Anzahl der Lagen treffen Sie in den Design-Regeln im *Layers*-Tab, *Setup*. Siehe Seite 182.

Bei Durchkontaktierungen, die durch alle Lagen gehen, ist die Definition sehr einfach. Überlegungen zum Thema Dicke der Isolationsschicht bzw. der Kupferschicht sind hier nicht notwendig.

Man kombiniert einfach zwei Layer miteinander durch ein Mal-Zeichen (beispielsweise *1*2* oder *15*16*) zu einem Kern (Core) und legt dann mehrere Kerne aufeinander. Das symbolisiert man mit einem Plus-Zeichen (beispielsweise *1*2+15*16*). Die Isolationsschicht zwischen Layer 2 und 15 nennt man Prepreg. Um auszudrücken, dass man Durchkontaktierungen durch alle Lagen erlaubt, setzt man den ganzen Ausdruck in runde Klammern.

Beispiele:

4 Layer:	`(1*2+15*16)`
6 Layer:	`(1*2+3*14+15*16)`
8 Layer:	`(1*2+3*4+13*14+15*16)`

Vias haben hier immer die Länge 1-16. Sie sind also von allen Lagen aus erreichbar (siehe auch Hilfe-Funktion, VIA-Befehl).

Multilayer mit Blind- und Buried-Vias

Bei komplexen Platinen (HDI-Platinen) ist es oftmals aus Platzgründen notwendig, mit so genannten Sacklöchern (Blind-) bzw. vergrabenen (Buried-)Vias zu arbeiten. Solche Durchkontaktierungen gehen nicht durch alle Lagen der Platine, sondern sind nur von einer definierten Anzahl von Lagen erreichbar. Wie die Lagen miteinander verbunden werden, hängt primär vom Fertigungsprozess der Platine ab, und dieser wird durch das Layer-Setup in den Design-Regeln bestimmt.

Setzen Sie sich unbedingt bevor Sie mit dem Entflechten der Platine beginnen mit Ihrem Platinen-Hersteller in Verbindung!
Klären Sie mit ihm welcher Platinenaufbau für Ihre Zwecke geeignet und auch von den Fertigungskosten vertretbar ist.

Begriffsklärung

Core:
So nennt man einen nicht flexiblen Platinenkern, der ein- oder beidseitig mit Kupfer beschichtet ist.
Wird im Layer-Setup mit einem * gekennzeichnet, zum Beispiel *5*12*. Die Layer 5 und 12 bilden einen Kern.

Prepreg:
Flexible Klebe- bzw. Isolationsschicht, mit der bei der Fertigung einer Multilayer-Platine Innen- und Außenlagen miteinander verpresst werden. Wird im Layer-Setup mit einem + gekennzeichnet. *1+2* bedeutet, Layer 1 wird als Prepreg mit Layer 2 verpresst.

Layer-Stack:
Ein Stapel mit beliebiger Anzahl von Layern bestehend aus Cores und Prepregs, die gerade in einem gemeinsamen Fertigungsschritt bearbeitet werden.

Buried-Via:
Dieses Via unterscheidet sich im Fertigungsprozess nicht von einem 'normalen' Via. Es wird einfach der aktuelle Layer-Stack durchbohrt. Allerdings sind im aktuellen Layer-Stack noch nicht alle Lagen der endgültigen Platine enthalten, so wie das bei einem 'normalen' Via der Fall wäre. In weiteren Fertigungsschritten könnten die gebohrten Vias verdeckt werden, indem man beispielsweise auf den Platinenkern noch weitere Cores oder Prepregs presst. Kann man bei der fertigen Platine diese Durchkontaktierung nicht sehen, spricht man von einem Buried-Via.
Wird im Layer-Setup mit Hilfe von runden Klammern, zum Beispiel *1+(2*15)+16* repräsentiert. In diesem Fall geht das Via von Layer 2 nach 15.

Blind-Via:
Blind-Vias gehen von einer Außenlage eines Layer-Stacks in eine beliebige Innenlage, aber nicht durch alle Kupferlagen. Das Besondere an diesen Vias gegenüber Buried-Vias liegt im Fertigungsprozess. Der Layer-Stack wird nicht ganz durchbohrt. Nur bis zu einer bestimmten Tiefe, je nachdem wie viele Lagen miteinander verbunden werden sollen. Blind-Vias müssen ein bestimmtes Verhältnis von Tiefe zu Bohrdurchmesser einhalten. Dieses ist bei Ihrem Leiterplatten-Hersteller zu erfragen und in den Design-Regeln im *Sizes*-Tab als *Min. Blind Via Ratio* anzugeben.
Wird im Layer-Setup mit eckigen Klammern und Angabe des Ziellayers, mit einem Doppelpunkt markiert, vor bzw. nach der Klammer angegeben. Das Beispiel ***[3:**1+2+3*14+15+16**]*** erlaubt Blind-Vias von Layer 1 nach 3.
Das Blind-Via darf auch kürzer sein als die maximal angegeben Tiefe, also in

diesem Beispiel nur bis Layer 2 gehen. Der Autorouter darf ebenfalls kürzere Blind-Vias verwenden.

Micro-Via:
Das Micro-Via ist ein besonderer Fall des Blind-Vias, da es nur eine Lage tief ist und mit sehr geringem Bohrdurchmesser gefertigt wird. Siehe Seite 227.

Darstellung der Vias

Bei verschiedenen Längen, Durchmessern und Formen der Vias in den einzelnen Layern ist es vorteilhaft die Layerfarbe des Layers 18 *Vias* gleich der Hintergrundfarbe zu setzen (DISPLAY-Menü, *Ändern*). So erkennt man die Zugehörigkeit zu den einzelnen Signallayern.

Layer-Setup

Bei der Kombination von Cores und Prepregs gibt es viele verschiedene Varianten. Im Rahmen dieses Abschnitts sollen ein paar Beispiele besprochen werden, um die Funktion des Layer-Setups verständlich zu machen.

Bitte lesen Sie sich diesen Abschnitt vollständig durch. Auch wenn Sie vorhaben, nur eine 4-Lagen-Platine zu entwickeln, sind die anderen Beispiele sehr empfehlenswert und tragen zum besseren Verständnis bei.

4-Lagen-Multilayer

Beispiel 1:

Benutzt werden die Layer 1, 2, 15 und 16.

Aufbau der Platine: Ein Kern innen, außen Prepregs.

Verbindungen: 1-2 (Blind-Vias), 2-15 (Buried-Vias) und 1-16 (durchgehende Vias)

Der Ausdruck für das Setup lautet dann:

[2:(1+(2*15)+16)]

Erklärung:

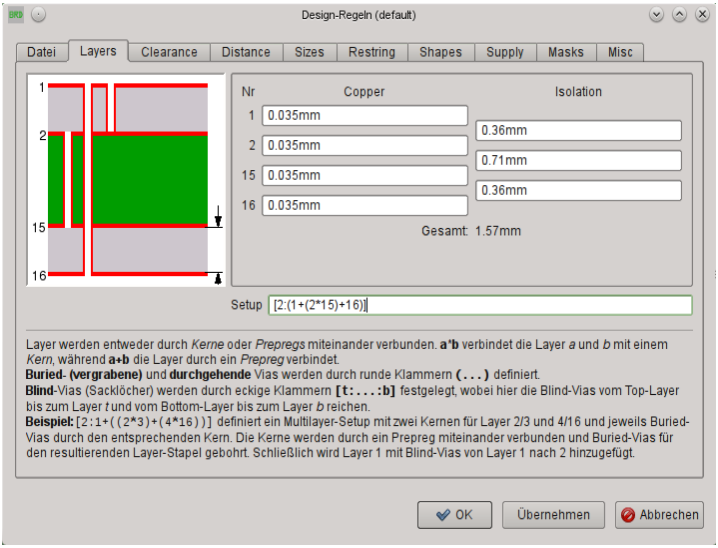
2*15
Layer 2 und 15 bilden den Kern.

(2*15**)**
Die runden Klammern erlauben Buried-Vias von 2 nach 15.

(1+(2*15)+**16)**
Auf beiden Seiten des Kerns werden Kupferschichten über Prepregs verpresst. Die äußeren runden Klammern erlauben durchgehende Vias von 1-16.

[2:(1+(2*15)+16)**]**
In eckigen Klammern und mit Doppelpunkt separiert, definiert man Blind-Vias. Hier von Layer 1 nach 2.

In der nachstehenden Abbildung sehen Sie den entsprechenden Setup-Ausdruck im *Layers*-Tab der Design-Regeln.



➢ ***Beispiel 1: Layer-Setup für eine 4-Lagen-Platine***

Blind-Vias müssen ein bestimmtes Verhältnis von Tiefe zu Bohrdurchmesser einhalten. Daher ist es notwendig, bei Platinen mit Blind-Vias Angaben zu den Schichtdicken zu machen.
Diese Werte werden vom Leiterplatten-Hersteller vorgegeben! Sie sollten ihn auf jeden Fall vorher kontaktieren!

Tragen Sie diese Werte in die Felder *Copper* (Dicke der Kupferschicht) beziehungsweise *Isolation* (Dicke der Isolationsschicht), wie in der Abbildung zu sehen, ein. Die Gesamtdicke der Platine wird automatisch errechnet und unterhalb der *Copper/Isolation*-Felder angezeigt.

Beispiel 2:

Benutzt werden die Layer 1, 2, 15 und 16.

Aufbau der Platine: Ein Kern innen, außen Prepregs.

Verbindungen: 1-2, 15-16 (Blind-Vias), 1-16 (durchgehende Vias)

Setup-Ausdruck:

[2:(1+2*15+16):15]

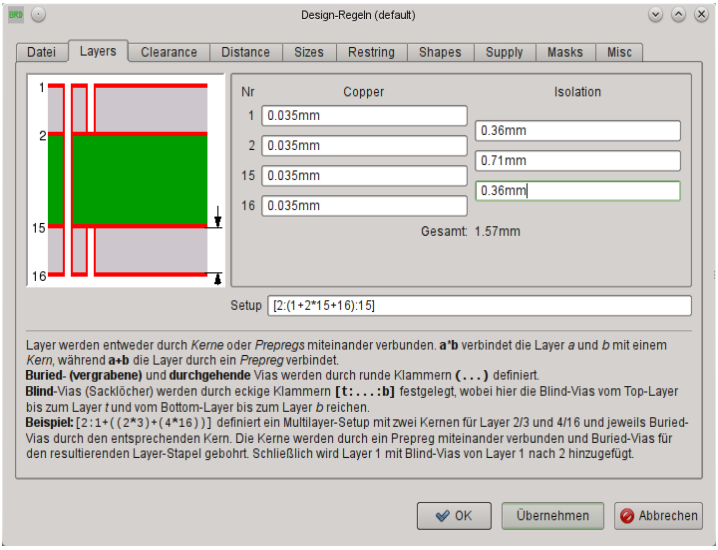
Erklärung:

2*15
Layer 2 und 15bilden den Kern.

1+2*15+**16**
Auf beiden Seiten des Kerns werden Kupferschichten über Pregregs verpresst.

(1+2*15+16**)**
Die runden Klammern erlauben durchgehende Vias von 1-16.

[2:(1+2*15+16)**:15]**
Die eckigen Klammern definieren Blind-Vias. Hier von Layer 1-2 und 16-15.



➢ ***Beispiel 2: Layer-Setup für eine 4-Lagen-Platine***

6-Lagen-Multilayer

Beispiel 3:

Benutzt werden die Layer 1, 2, 3, 14, 15 und 16.

Aufbau der Platine: Zwei Kerne , außen Prepregs.

Verbindungen: 2-3, 14-15 (Buried-Vias), 1-16 (durchgehende Vias)

Setup-Ausdruck:

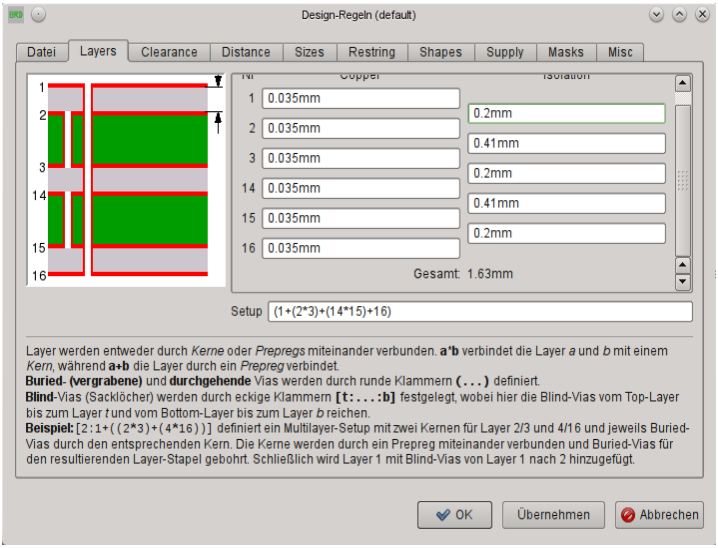
(1+(2*3)+(14*15)+16)

Erklärung:

(2*3)+(14*15)
Zwei Kerne mit Buried-Vias werden aufeinander gepresst.

1+(2*3)+(14*15)**+16**
Auf den Layer-Stack werden durch Prepregs isoliert die Außenlagen 1 und 16 aufgepresst.

(1+(2*3)+(14*15)+16**)**
Die runden Klammern um den ganzen Ausdruck definieren durchgehende Vias von 1-16.



➢ ***Beispiel 3: Layer-Setup für eine 6-Lagen-Platine***

> *Die angegebenen Schichtdicken für Copper und Isolation sind Beispielwerte. Bitte informieren Sie sich darüber bei Ihrem Leiterplatten-Hersteller.*

Beispiel 4:

Benutzt werden die Layer 1, 2, 3, 14, 15 und 16.

Aufbau der Platine: Ein Kern, außen je zwei Prepregs.

Verbindungen: 3-14 (Buried-Vias), 2-14 (Blind-Vias im inneren Layer-Stack), 1-16 (durchgehende Vias)

Setup-Ausdruck:

(1+[14:2+(3*14)+15]+16)

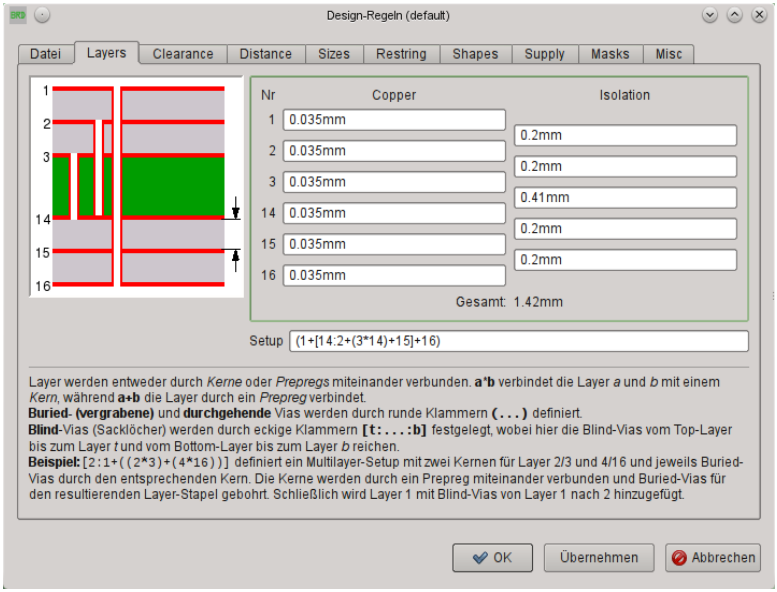
Erklärung:

2+(3*14)+15
Der Kern mit Buried-Vias. Auf beiden Seiten ist jeweils ein Prepreg aufgepresst

[14:2+(3*14)+15**]**
Blind-Vias von Lage 2 nach 14.

1+[14:2+(3*14)+15]**+16**
Auf diesen Layer-Stack wird auf jeder Seite ein Prepreg aufgepresst .

(1+[14:2+(3*14)+15]+16**)**
Die runden Klammer erlauben durchgehende Vias von 1-16.



➢ ***Beispiel 4: Layer-Setup mit Blind-Vias im inneren Layer-Stack***

8-Lagen-Multilayer

Beispiel 5:

Benutzt werden die Layer 1, 2, 3, 4, 13, 14, 15 und 16.

Aufbau der Platine: Drei Kerne , außen Prepregs.

Verbindungen: 1-3, 14-16 (Blind-Vias), 2-3, 4-13, 14-15 (Buried-Vias), 1-16 (durchgehende Vias)

Setup-Ausdruck:

[3:(1+(2*3)+(4*13)+(14*15)+16):14]

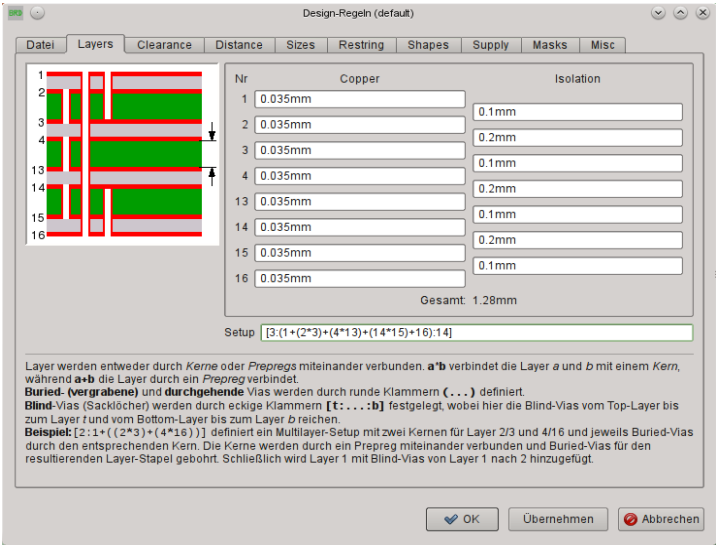
Erklärung:

(2*3)+(4*13)+(14*15)
Drei Kerne mit Buried-Vias werden durch Prepregs isoliert aufeinander gepresst.

1+(2*3)+(4*13)+(14*15)**+16**
Auf den Layer-Stack werden durch Prepregs isoliert die Außenlagen 1 und 16 aufgepresst.

(1+(2*3)+(4*13)+(14*15)+16**)**
Die runden Klammern definieren durchgehende Vias von 1-16.

[3:(1+(2*3)+(4*13)+(14*15)+16)**:14]**
Blind Vias von 1-3 und 16-14.



➢ ***Beispiel 5: Layer-Setup für eine 8-Lagen-Platine***

Hinweise zum Arbeiten mit Blind-, Buried- und Micro-Vias

VIA-Befehl

Vias können, je nach Layer-Setup, verschiedene Längen haben. Bei aktivem VIA-Befehl zeigt das Auswahlfeld *Layer* in der Parameterleiste die möglichen Via-Längen an. Beim manuellen Verlegen von Leiterbahnen (ROUTE-Befehl) wählt EAGLE bei einem Layerwechsel automatisch die kürzest mögliche Verbindung. Es kann auch sein, dass Vias an dieser Stelle automatisch verlängert werden.

Via-Längen kann man über den Befehl CHANGE VIA verändern. Wählen Sie den Wert aus dem entsprechenden Menü aus und klicken Sie das Via mit der Maus an.

Alternativ kann man mit der Kommandozeile arbeiten:

```
CHANGE VIA 2-15
```

und ein Klick auf das Via ändert die Länge von Layer 2 bis 15.
Ist die angegebene Via-Länge nicht im Layer-Setup definiert, wird das Via automatisch auf einen zulässigen Wert verlängert oder, falls das nicht möglich ist, eine Fehlermeldung ausgeben.

```
VIA 'GND' 1-4 (1.05 2)
```

platziert eine Durchkontaktierung, die zum Signal GND gehört und von Layer 1 bis Layer 4 reicht, an der Position (1.05 2).

ROUTE-Befehl

Wird beim Entflechten der Layer gewechselt, platziert EAGLE immer das kürzest mögliche Via (auch bei CHANGE LAYER und im Follow-me-Modus). Falls an dieser Stelle schon ein Via existiert, kann dieses auch automatisch verlängert werden.

Ist in den Design-Regeln im Sizes-Tab ein Wert für Min. Micro Via für den Bohrdurchmesser der Micro-Vias gesetzt und sind Micro-Vias durch das Layer-Setup möglich, wird beim Verlegen einer Leiterbahn von einer SMD-Fläche und sofortigem Wechsel in den nächsten Innenlayer automatisch ein Micro-Via gesetzt.

Im Follow-me-Modus werden jedoch keine Micro-Vias gesetzt, da diesem Modus der Autorouter zu Grunde liegt und somit dessen Eigenschaften und Einschränkungen gelten!

Micro-Via − ein Sonderfall des Blind-Vias

Im Gegensatz zu einem Blind-Via, das mehrere Lagen tief in die Platine reichen kann, verbindet das Micro-Via die Außenseite mit der nächstliegenden Innenlage. Der Bohrdurchmesser von Micro-Vias ist relativ klein. Derzeit übliche Werte liegen bei 0.1 bis 0.05 mm.
Micro-Vias, wie auch Blind-Vias, müssen aus fertigungstechnischen Gründen ein bestimmtes Verhältnis von Bohrtiefe zu Bohrdurchmesser einhalten. Dieses Verhältnis (*Aspect ratio*) gibt an, wie tief ein Blind-Via mit einem bestimmten Bohrdurchmesser werden darf.
Den zulässigen Wert erfahren Sie von Ihrem Leiterplatten-Hersteller.

Tragen Sie ihn in den Design-Regeln, *Sizes*-Tab unter *Min. Blind Via Ratio*, ein. Gibt der Leiterplatten-Hersteller beispielsweise das Verhältnis Tiefe zu Bohrdurchmesser mit 1 : 0.5 vor, wird unter *Min. Blind Via Ratio* der Wert `0.5` eingetragen.

Zusätzlich prüft der Design-Rule-Check den minimal erlaubten Bohrdurchmesser für Micro-Vias, den man in der Zeile *Min. MicroVia* angibt. Ist der eingetragene Wert größer als der allgemein gültige für *Minimum Drill* (default), werden Micro-Vias geprüft. Der Außendurchmesser der Micro-Vias wird im *‚Annular Ring'*-Tab der Design-Regeln festgelegt.

Wechselt man beim Verlegen einer Leiterbahn aus einem SMD heraus gleich den Layer in die nächste Innenlage, wird automatisch ein Micro-Via gesetzt, sofern die Design-Regeln welche erlauben.

Der Autorouter kann keine Micro-Vias setzen!

6.9 Bauteile bearbeiten und aktualisieren

Device/Symbol/Package öffnen

Je nachdem in welchem Editor-Fenster Sie gerade arbeiten, finden Sie im Kontextmenü jedes Bauteils bzw. Packages den Eintrag *Device*, *Symbol* oder *Package öffnen*. Wenn Sie eine der Optionen wählen, versucht EAGLE die zugehörige Bibliothek zu öffnen und das gewählte Device/Symbol/Package im entsprechenden Editiermodus zu öffnen. Sie haben die Möglichkeit die Definition zu prüfen oder auch zu verändern.

Um Ihre Projekt mit einer modifizierten Bibliotheksdefinition zu aktualisieren, müssen Sie anschließend ein Bibliotheks-Update (Menü *Bibliothek/Aktualisieren...*) durchführen (siehe nächsten Abschnitt).

> *Bitte denken Sie daran, dass sich Änderungen in der Bibliothek unter Umständen auf weitere Devices in der Bibliothek und auf zukünftige Projekte auswirken können. Handeln Sie entsprechend umsichtig!*

Sollte die ursprüngliche Bibliothek nicht gefunden werden, gibt EAGLE eine entsprechende Fehlermeldung aus und bricht den Vorgang ab.
In diesem Fall besteht die Möglichkeit über *Datei/Exportieren/Libraries...* projektbezogene Bibliotheken erzeugen zu lassen. Hinter diesem Menü-Eintrag verbirgt sich ein User-Language-Programm *exp-lbrs.ulp*, das alle Bauteildefinitionen aus Schaltplan und Board extrahiert und in Bibliotheksdateien speichert.

Zeichnung aktualisieren (Bibliotheks-Update)

Der UPDATE-Befehl erlaubt es Bauteile in einem Schaltplan oder einem Layout mit den Bauteiledefinitionen der aktuellen Bibliotheken zu ersetzen. Diese Funktion ist besonders für schon bestehende Projekte interessant. Ändern sich im Laufe der Entwicklung Package-, Symbol- oder Device-Definitionen in den Bibliotheken, kann man das bestehende Projekt daran anpassen.

Über das Menü *Bibliothek/Alles aktualisieren* werden automatisch alle Bauteile eines Projekts mit den Definitionen der aktuellen Bibliotheken verglichen. Stellt EAGLE Unterschiede fest, wird das Bauteil ausgetauscht.

Es werden Bibliotheken aus dem im Control Panel unter *Optionen/Verzeichnisse* angegebenen *Bibliotheken*-Pfad berücksichtigt.

Es ist auch möglich, Bauteile einer bestimmten Bibliothek zu aktualisieren. Tippen Sie dazu den UPDATE-Befehl mit Angabe der Bibliothek in die Kommandozeile, also zum Beispiel:

```
UPDATE linear
```

oder

```
UPDATE /home/mydir/eagle/library/linear.lbr
```

oder wählen Sie die Bibliothek im File-Dialog des Menüpunkts *Bibliothek/Aktualisieren...*.

Sollen Bauteile durch Bauteilen aus einer Bibliothek mit einem anderen Namen ersetzt werden, kann man das mit:

UPDATE alter-lbr-name = neuer-lbr-name

Alter-lbr-name ist dabei der Bibliotheksname wie er über den INFO-Befehl im Layout oder Schaltplan angezeigt wird. *Neuer-lbr-name* gibt die Bibliothek an, aus der die Bauteile geholt werden sollen. Diese Angabe kann auch mit Pfad gemacht werden.

In manchen Fällen werden Sie beispielsweise gefragt, ob Gates, Pins oder Pads in Abhängigkeit des Namens oder der Position ersetzt werden sollen. Das ist immer dann der Fall, wenn Bibliotheksobjekte neu benannt wurden oder deren Lage (Reihenfolge) verändert wurde.

Wurden zu viele Änderungen auf einmal in der Bibliothek gemacht (zum Beispiel Pin-Namen und Pin-Positionen verändert), kann ein automatischer Abgleich nicht durchgeführt werden. In diesem Fall sollte man entweder die Bibliothek in zwei Schritten verändern (z. B. erst Pin-Namen, dann die Positionen ändern) oder dem Bibliothekselement einen neuen Namen geben, damit es nicht ausgetauscht wird.

Die Änderung des Prefix im Device-Editor wirkt sich beim Aktualisieren nicht auf Bauteilnamen von bereits platzierten Elementen aus.

Ist die Forward&Back-Annotation aktiv, werden die Bauteile in Schaltplan und Layout gleichzeitig ersetzt.

Weitere Informationen finden Sie auch in der Hilfe-Funktion.

Bitte führen Sie nach jedem Bibliotheks-Update den ERC für den Schaltplan und auch den DRC für das Layout durch!

Einzelne Bauteiletypen kann man beispielsweise über den ADD-Befehl aktualisieren. Holen Sie mit ADD ein modifiziertes Bauteil aus einer Bibliothek, werden Sie gefragt ob alle älteren Definitionen dieses Typs aktualisiert werden sollen.
Nach dem Update löschen Sie das neu geholte Bauteil wieder.

Führen Sie auch hier nach dem Update zur Sicherheit ERC und DRC aus!

6.10 Differential Pairs und Mäander

Verlegen von Differential-Pair-Signalen

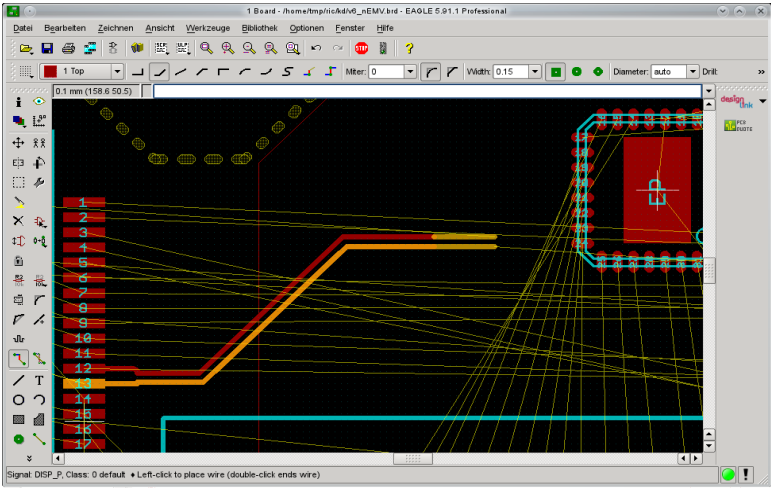
Ein sogenanntes Differential Pair besteht aus zwei Signalen, die denselben Namen, aber unterschiedliche Namenserweiterungen haben. Eines der Signale muss die Erweiterung `_P`, das andere die Erweiterung `_N` haben. Zum

Beispiel `CLOCK_P` und `CLOCK_N`. Außerdem müssen beide Signale derselben Netzklasse angehören.

Es gelten folgende Besonderheiten:
Wird eine Luftlinie eines Differential Pairs mit dem ROUTE-Befehl selektiert, so werden beide Signale parallel verlegt. Der Abstand zwischen den beiden Signalen, sowie die Wire- und Via-Abmessungen ergeben sich immer aus der zugeordneten Netzklasse.
Die Option *Width und Drill bei Route automatisch setzen* im Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes* wirkt bei Differential Pairs nicht.

Falls Sie nicht beide Signale über die volle Strecke verlegen wollen, können Sie die zweite Luftlinie durch Drücken der Taste *Esc* fallen lassen.

Wenn Sie eine der Signallinien mit ROUTE anklicken, bestimmt die Position dieses ersten Mausklicks an welcher Stelle die beiden Leitungen zusammengeführt werden. Die Anfangspunkte, also die Pads oder SMDs, liegen üblicherweise weiter auseinander, als letztendlich der Abstand beim Verlegen des Signalpaares sein wird. Wählen Sie daher einen passenden Punkt von dem aus Sie das eigentliche parallele Routen beginnen wollen. Die Wires, die von den Pads bzw. SMDs zum Startpunkt verlegt werden, können sich je nach gewähltem Knickwinkel (Wire_Bend) überlappen. Bitte achten Sie darauf, dass diese sauber verlegt sind. Gegebenenfalls prüfen Sie mit dem Design-Rule-Check ob die Design-Regeln eingehalten werden.



➢ ***Verlegen eines Differential Pairs***

Da die Pads bzw. SMDs am Ziel des Differential Pairs vermutlich auch weiter auseinander liegen, als der Abstand zwischen den parallel geführten Leitungen ist, ist es sinnvoll, auch von dieser Seite das Routing zu beginnen und den Startpunkt beziehungsweise den Endpunkt, für das parallele Routing

festzulegen. Wenn Sie sich dem Leitungsende des Differential Pairs nähern und den Layer wechseln müssen, werden automatisch passende Vias gesetzt.

> *Differential Pairs können nur von Hand verlegt werden!*
> *Follow-me-Router und der Autorouter behandeln diese Signale wie ganz normale Signale.*

Die speziellen Funktionen *Shift* + linker Mausklick, um beim Absetzen ein Via zu setzen und *Ctrl* + Linksklick, um einen Kreisbogen zu definieren, sind im Differential-Pair-Modus nicht verfügbar.

Wenn Sie mit *Ctrl* + Linksklick das Routing an einer beliebigen Stelle des Signals beginnen, so können Sie damit nur das selektierte Signal verlegen, und nicht das Differential Pair zu dem dieses Signal möglicherweise gehört.

Wenn Sie während des Verlegens eines Differential Pairs Koordinaten über die Kommandozeile angeben, sind das die Werte der Mittellinie entlang der die tatsächlichen Leiterbahnen links und rechts in passendem Abstand verlegt werden.

Mäander

Längenausgleich für ein Differential Pair

In den meisten Fällen werden die Leiterbahnen eines Differential Pairs unterschiedliche Längen haben, obwohl Sie die beiden Signale parallel verlegt haben. Der MEANDER-Befehl kann unterschiedliche Signallängen ausgleichen. Aktivieren Sie den MEANDER-Befehl und klicken Sie dann auf eine der Leiterbahnen des Signalpaares. Bewegen Sie die Maus weg vom Anklickpunkt. Die Entfernung vom Anklickpunkt und die Auslenkung des Mauszeigers bestimmt die Höhe und die Breite des Mäanders.
Wenn ein Längenunterschied zwischen den beiden Signalen vorhanden ist, wird dieser durch das Zeichnen eines Mäanders automatisch ausgeglichen.

Ein kleines Infofeld am Mauscursor zeigt die Ziellänge, die des längeren Signals, und auch die Abweichung von dieser für die beiden Signale in Prozent an. Mit einem Mausklick fixieren Sie den Mäander.

Falls ein Mäander nicht ausreicht den Längenunterschied auszugleichen, können Sie weitere Mäander an anderer Stelle des Signal erzeugen.

Vorgabe einer bestimmten Länge

Wenn Sie für ein Differential Pair einen bestimmte Länge vorgeben möchten, können Sie den Wert direkt in der Kommandozeile angeben. Aktivieren Sie MEANDER, tippen Sie den Wert z.B. `215mm` ein, drücken Sie die *Enter*-Taste und klicken Sie auf eines der Differential-Pair-Signale. Die Mausposition bestimmt wieder das Aussehen des Mäanders.

Beim Mäandrieren eines Differential Pairs mit vorgegebenem Ziel-Wert wird zuerst versucht, den Längenunterschied der beiden Signalsegmente des Differential Pairs auszugleichen, und anschließend die Gesamtlänge beider Segmente auf den gegebenen Wert zu erhöhen.

Um die Ziel-Vorgabe zurückzusetzen können Sie entweder den MEANDER-Befehl neu starten, oder in der Kommandozeile einen Wert von `0` eingeben.

> *Diese Vorgehensweise funktioniert für jedes Segment eines beliebigen Signals.*

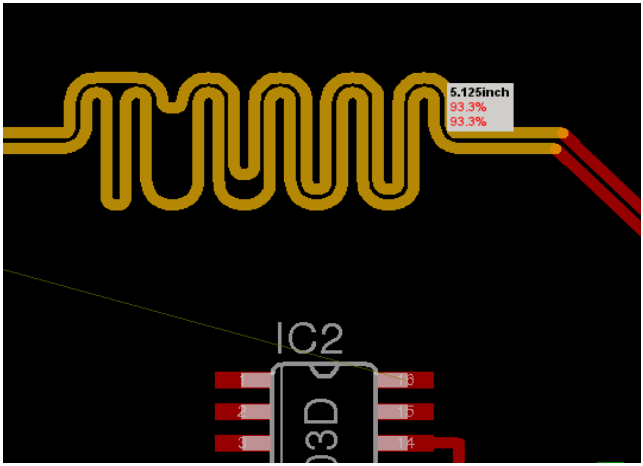
Symmetrische und asymmetrische Mäander

Standardmäßig wird ein Mäander symmetrisch generiert, das heißt er erstreckt sich zu beiden Seiten entlang des selektierten Wires. Falls Ihnen dieser nicht gefällt oder das längere Signal des Differential Pairs nicht noch weiter verlängert werden soll, können Sie mit der rechten Maustaste auf den asymmetrischen Modus umschalten. Die aktuelle Mausposition entscheidet darüber, auf welcher Seite der Leiterbahn der Mäander angelegt wird. Bewegen Sie die Maus hin und her um die passende Position zu finden.

Der Wert für den *Abstandsfaktor für Mäander in Differential Pairs*, den Sie in den Design-Regeln im Misc-Tab verändern können, bestimmt den Abstand der Mäanderschleifen zueinander. Ein kleinerer Wert erlaubt engere Schleifen, ein höherer Wert zieht die Schleifen auseinander. Der Faktor darf zwischen 1 und 20 liegen. Default: 2,5.

Anzeige der Längenabweichung

Der Wert, der in den Design-Regeln im Misc-Tab für *Max. Längenunterschied in Differential Pairs* vorgegeben ist, bestimmt die Farbe mit der der Wert der Längenabweichungen beim Zeichnen des Mäanders dargestellt wird. Ist die Prozentzahl grün, so liegt das Segment innerhalb der gegebenen Toleranz. Ansonsten wird sie in Rot dargestellt. Der Standardwert für diesen Parameter ist 10mm.



➢ *Ziellänge 5,125 inch: beide Signale erreichen derzeit 93.3%*

Länge von Signalen messen

Wenn Sie bei aktivem MEANDER-Befehl mit gedrückter *Ctrl*-Taste auf eine Leiterbahn klicken, so wird die Länge dieses Signalsegments berechnet und am Bildschirm in einer kleinen Anzeige nahe der Mausposition angezeigt. Damit können Sie die Länge eines Signalsegments messen und diesen Wert als Zielvorgabe für das Mäandrieren eines anderen Segments verwenden.

Führen Sie die Messung mit gedrückten *Ctrl*+*Shift*-Tasten durch, so wird die maximale Länge dieses und aller vorhergehenden Segmente genommen. Damit können Sie auf einfache Weise die maximale Länge mehrerer Bus-Signale bestimmen und dann jedes davon auf diese Länge bringen.

6.11 Bestückungsvarianten

Wenn Ihr Projekt in verschiedenen Bestückungsvarianten gefertigt werden soll, hilft Ihnen EAGLE verschiedene Varianten anzulegen und zu verwalten. Grundsätzlich gibt es in einer neuen Variante die Möglichkeit Bauteile nicht zu bestücken oder Bauteile mit anderen Werten oder in einer anderen Technologie zu verwenden.

Anlegen von Bestückungsvarianten

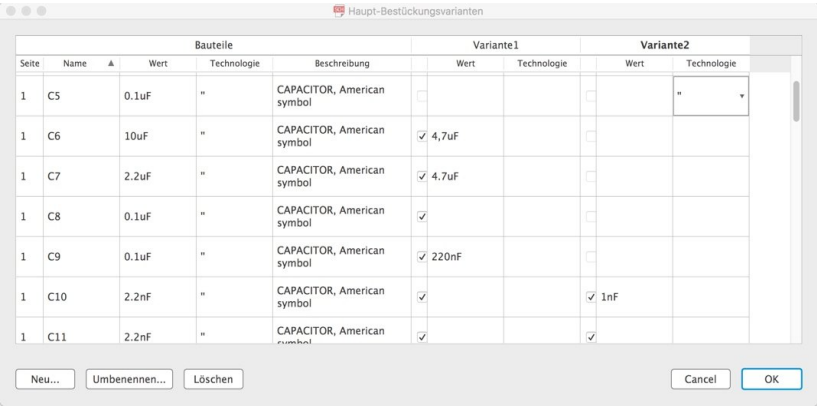
Sobald Sie Ihr Projekt, beziehungsweise den Schaltplan fertig gestellt haben, können Sie verschiedene Bestückungsvarianten definieren. In der Standard-Bestückungsvariante (das ist der Schaltplan bzw. das Layout, das Sie fertiggestellt haben) sollten alle Bauteile, die in den anderen Varianten vorkommen können, bereits platziert sein. Ausgehend von dieser Standard-Variante öffnen Sie über das Menü *Bearbeiten/Bestückungsvarianten...* den entsprechenden Dialog. In diesem wird eine Liste der verwendeten Bauteile

mit Angaben zu Name, Value und Technologie und die Beschreibung des Devices dargestellt.

Über die Schaltfläche *Neu* legen Sie die erste Bestückungsvariante an. Die neue Bestückungsvariante erscheint nun im Bestückungsvarianten-Fenster; der Name wird oben in der Statusleiste angezeigt. Darunter werden drei Spalten erzeugt, bestehend aus einer Auswahlbox, *Value* und *Technologie*.
Ist die Auswahlbox gesetzt, ist das entsprechende Bauteil in der aktuellen Variante vorhanden. Soll das Bauteil in der gewählten Variante nicht bestückt werden, deaktivieren Sie das Kästchen. Als Resultat wird das Bauteil im Schaltplan mit einem Kreuz durchgestrichen und als nicht bestückt markiert. Im Layout-Editor werden alle Elemente, die zum Bestückungsdruck gehören, gelöscht.

Wenn der Wert eines Bauteils in einer Bestückungsvariante geändert sein soll, klicken Sie mit der Maus in das entsprechende Feld in der *Value*-Spalte und tippen diesen ein. Standardmäßig bleiben alle Felder leer, was bedeutet, dass der Value aus der Standardvariante unverändert übernommen wird.
Es können nur Values von Bauteilen verändert werden, die in der Bibliothek im Device das Verändern des Values erlauben (Value = on). Diese Einstellung ist typischerweise u.a. bei Widerständen oder Kondenstoren gewählt.

Falls ein Bauteil in der Bibliothek mit verschiedenen Technologien angelegt wurde, können Sie diese in der *Technologie*-Spalte verändern. Ist keine Technologie definiert, gibt es auch keine Auswahlmöglichkeit.



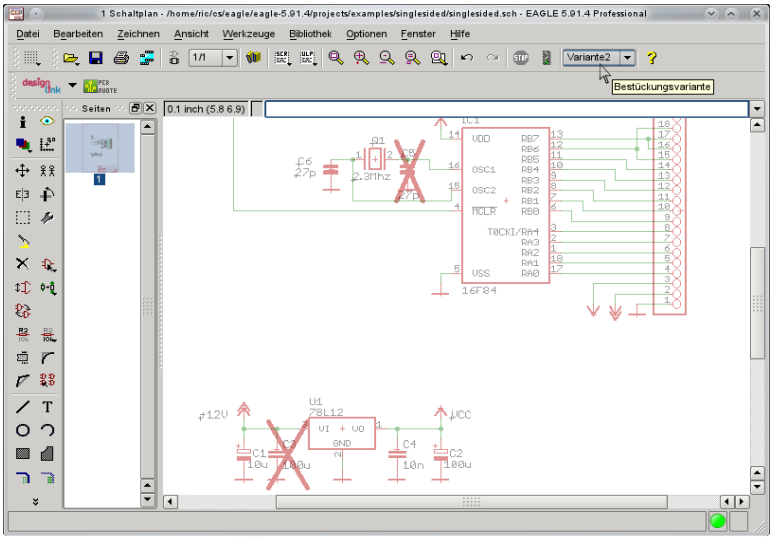
Seite	Name	Wert	Technologie	Beschreibung		Wert	Technologie		Wert	Technologie
1	C5	0.1uF	"	CAPACITOR, American symbol						"
1	C6	10uF	"	CAPACITOR, American symbol	✓	4,7uF				
1	C7	2.2uF	"	CAPACITOR, American symbol	✓	4.7uF				
1	C8	0.1uF	"	CAPACITOR, American symbol	✓					
1	C9	0.1uF	"	CAPACITOR, American symbol	✓	220nF				
1	C10	2.2nF	"	CAPACITOR, American symbol	✓			✓	1nF	
1	C11	2.2nF	"	CAPACITOR, American	✓			✓		

Bestückungsvarianten-Dialog

Das Bild zeigt neben der Standardvariante links mit der Überschrift *Bauteile* und den Spalten *Name*, *Wert*, *Technologie* und *Beschreibung* zwei Bestückungsvarianten. In *Variante1* ist ein Bauteil (C5) nicht bestückt, einige Bauteile haben einen geänderten Wert. In *Variante2* sind zwei Bauteile nicht

bestückt. Alle Felder, die nicht befüllt sind, übernehmen die Eigenschaften aus der Standardvariante.

Um eine Variante in der Tabelle auszuwählen, klicken Sie mit der Maus einfach auf den Namen in der Titelzeile. Im Bild oben ist der Name von *Variante1* fett dargestellt. Diese Variante ist gewählt. Die Schaltflächen *Umbenennen...* und *Löschen...* wirken auf diese gewählte Variante.



➢ ***Aktionsleiste mit Auswahlbox für die Bestückungsvariante***

Nachdem Sie Bestückungsvarianten angelegt haben, erscheint in der Aktionsleiste des Schaltplan- bzw. Layout-Fensters eine Auswahlmöglichkeit für die Bestückungsvarianten. Im Bild oben ist *Variante2* ausgewählt. Hier werden zwei Bauteile nicht bestückt. Diese sind durch ein Kreuz über den gesamten Bauteilbereich markiert.

Sobald Bestückungsvarianten definiert wurden, können die Befehle ADD, CHANGE PACKAGE | TECHNOLOGY, REPLACE, UPDATE und VALUE nur noch in der Standard-Bestückungsvariante ausgeführt werden.

Beim Erzeugen der Stückliste über EXPORT PARTLIST werden die Daten für die aktuell gewählte Bestückungsvariante ausgegeben. Wenn Sie mit Hilfe von *bom.ulp* eine Stückliste erzeugen, können Sie im ULP die gewünschte Variante auswählen. Bauteile, die nicht bestückt werden, sind in der Stückliste nicht enthalten.

Der VARIANT-Befehl kann auch über die Kommandozeile ausgeführt werden. Alle Optionen dieses Befehls finden Sie in der Hilfe-Funktion.

Bestückungsvarianten mit CAM-Prozessor ausgeben

Wenn Sie über den CAM-Prozessor Fertigungsdaten ausgeben, muss zuvor im Schaltplan die entsprechende Bestückungsvariante ausgewählt und abgespeichert werden. Das Board liegt dann in diesem Stand vor. Für diese Variante werden entsprechende Daten erzeugt.

> *Die Information über Bestückungsvarianten ist nur im Schaltplan enthalten. Für Boards ohne Schaltplan werden Bestückungsvarianten nicht unterstützt.*

Die empfehlenswerte Vorgehensweise ist, die Variante im Schaltplan einzustellen, Schaltplan und Board zu speichern und dann den CAM-Prozessor zu starten.

Für Boards ohne Schaltplan kann über den CHANGE-Befehl oder über das Eigenschaften-Menü die Eigenschaft *Populate* für Bauteile verändert werden.

6.12 Schaltplan und Layout drucken

Der Ausdruck von Schaltplänen und Platinen oder auch von Bibliotheks-elementen erfolgt mit Hilfe des PRINT-Befehls.
Zuvor sollten Sie über DISPLAY die Layer selektieren, die Sie drucken wollen.

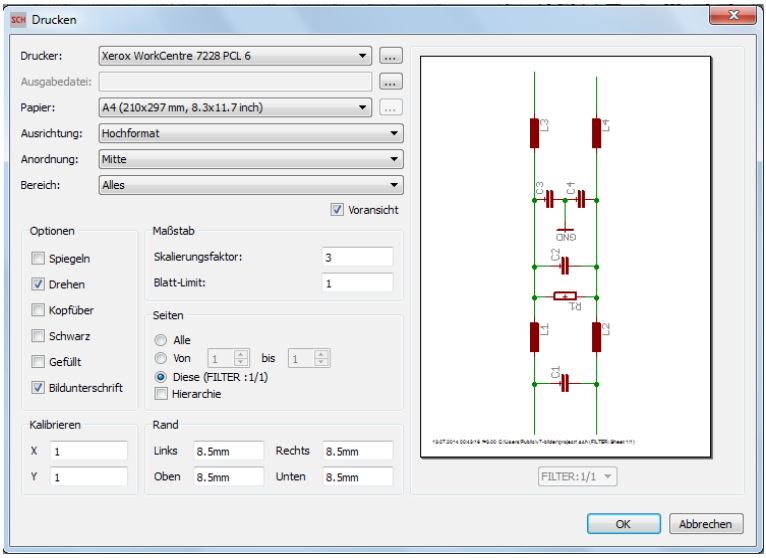
> *Generell gilt: Was im Editor sichtbar ist, ist auch im Ausdruck sichtbar.*

Ausnahmen von dieser Regel sind:

- Ursprungskreuze von Texten
- Rasterlinien oder Rasterpunkte
- Polygone, die nicht berechnet werden können (im Layout-Editor ist in diesem Fall nach RATSNEST nur der Umriss sichtbar)
- Fehlermarkierungen des Design-Rule-Checks

Einstellungen im Drucken-Dialog

Nach einem Klick auf das Drucker-Icon in der Aktionsleiste öffnet sich der PRINT-Dialog.



➢ ***Der PRINT-Dialog***

Im Fenster wird oben der aktuell gewählte *Drucker* angezeigt. Über die kleine Auswahl-Schaltfläche mit dem Pfeil-Symbol am Ende der Zeile können Sie einen anderen Drucker wählen oder auch die Option in eine Datei zu drucken, aktivieren. Ist ein Drucker ausgewählt, kommen Sie über die Schaltfläche mit den drei Punkten … zu den Drucker-Eigenschaften.

Beim Ausdruck in eine Datei zeigt die Zeile *Ausgabedatei* den entsprechenden Pfad an. Dieser kann über die Schaltfläche … rechts verändert werden.

Unter diesen beiden Zeilen finden Sie Einstellmöglichkeiten zum *Papier*-Format, zur *Ausrichtung* und zur *Anordnung* des Ausdrucks auf dem Blatt. Über die Schaltfläche … bei *Papier* kann man ein benutzerspezifisches Format definieren, sofern der gewählte Drucker das unterstützt.
Unter *Anordnung* kann man die Lage des Ausdrucks auf dem Blatt bestimmen. Eine Änderung dieser Einstellung wirkt sich direkt auf die *Voransicht* aus, sofern diese aktiviert ist.

In der Zeile *Bereich* legen Sie fest, ob die ganze Zeichnung (*Alles*) oder nur der aktuell im Editor-Fenster sichtbare Bereich (*Ausschnitt*) gedruckt werden soll. Wählen Sie die Option *Alles*, werden alle Objekte, die in der Zeichnung vorhanden sind, zur Berechnung der Druckfläche berücksichtigt, egal ob deren Layer ein- oder ausgeblendet sind.

Druck-Optionen
Spiegeln klappt das Bild von links nach rechts, mit *Drehen* dreht um 90 Grad, *Kopfüber* dreht um 180 Grad. Zusammen aktiviert, erreicht man eine Drehung um 270 Grad.
Aktiviert man die Option *Schwarz*, wird der Ausdruck schwarzweiß.

Ansonsten wird, je nach Drucker, farbig oder in Graustufen gedruckt.
Mit *Gefüllt* wird jedes Objekt voll gefüllt gedruckt. Wollen Sie die unterschiedlichen Füllmuster der einzelnen Layer sehen, deaktivieren Sie diese Option.

Mit der Option *Bildunterschrift*, haben Sie die Möglichkeit, eine Zeile, die das Druckdatum, den Dateinamen und den Maßstab des Ausdrucks enthält, zu aktivieren.

Im Maßstab-Feld bestimmt der *Skalierungsfaktor* den Maßstab der Zeichnung. Er darf zwischen 0,001 und 1000 liegen.
Wird *Blatt-Limit* = 0 gesetzt, verwendet der Drucker so viele Blätter wie für die Ausgabe im eingestellten Maßstab benötigt werden. Wird ein anderer Wert gewählt, passt EAGLE die Zeichnung auf die angegebene Anzahl von Blättern ein. Dadurch kann der gewählte Maßstab unter Umständen nicht eingehalten werden.
Andererseits hat man die Möglichkeit das *Blatt-Limit* auf *1* zu setzen und den *Skalierungsfaktor* so zu wählen, dass mehr als eine Seite für den Ausdruck notwendig wären, um eine maximale Ausnutzung des Blattes zu erreichen.

Im Feld *Seiten*, das nur vom Schaltplan-Editor aus erscheint, kann man wählen, welche Schaltplanseiten gedruckt werden. Diese Angabe bestimmt auch, welche Seiten in der Voransicht gezeigt werden.

Aktiviert man die Option *Hierarchie*, werden für den hierarchischen Schaltplan die Modulseiten für jede verwendete Modul-Instanz mit den entsprechenden Bauteilnamen, Netznamen und Bestückungsvarianten ausgedruckt.

Mit Hilfe der vier Eingabefelder unter *Rand* kann man die Blatträndер definieren. Die Werte können in Millimeter und Inch eingegeben werden. Haben Sie die Werte verändert und wollen wieder die Standardvorgaben des Druckertreibers einstellen, geben Sie einfach eine *0* ein.

Kalibrieren erlaubt die Angabe eines Korrekturfaktors in x- und y-Richtung. So können lineare Fehler in der Maßhaltigkeit des Ausdrucks korrigiert werden. Dieser Wert darf zwischen 0,1 und 2 liegen.

> *Hinweis zu farbigen Ausdrucken:*
> *Beim Drucken wird immer die weiße Farbpalette zu Grunde gelegt. Falls Sie in einem der Editoren den schwarzen oder farbigen Hintergrund verwenden und dafür eigene Farben definiert haben, sollten Sie diese Farben auch für die weiße Farbpalette definieren. Nur dann sieht ein farbiger Ausdruck so aus wie am Bildschirm dargestellt.*

Sollen beim Ausdruck eines Layouts die Bohrlöcher in den Pads und Vias nicht sichtbar sein, wählen Sie für den *Darstellungsmodus* über das Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes* die Option *Keine Bohrlöcher*.

PDF-Ausgabe
Wenn Sie von Ihrer Zeichnung eine PDF-Datei (Auflösung 1200dpi), wählen Sie in der Zeile *Drucker* über die Schaltfläche mit dem Auswahlpfeil rechts die Option *In Datei drucken (PDF)*. Geben Sie dann in der Zeile *Ausgabedatei* den Pfad und den Dateinamen der zu erzeugenden PDF-Datei an.
Die Texte in der PDF-Datei sind mit der Suchfunktion eines PDF-Viewers durchsuchbar, sofern diese nicht mit Vektor-Schrift angelegt wurden.

Sichtbarkeit und Reihenfolge der Layer beim Ausdruck

EAGLE legt beim Ausdruck die einzelnen Layer in einer bestimmten Reihenfolge übereinander. Sollten Sie zum Beispiel eigene Layer definiert haben, die beim Standardausdruck von anderen Layern überdeckt werden, können Sie mit Hilfe des SET-Befehls – SET Option.LayerSequence – erreichen, dass diese im Vordergrund liegen, beziehungsweise bestimmen, in welcher Reihenfolge die Layer ausgedruckt werden. Das gilt auch für die Ausgabe als PDF-Datei.
Ausführliche Hinweise dazu finden Sie in der Hilfe-Funktion zum SET-Befehl unter *Hilfe/Editor-Befehle/SET*.

Der PRINT-Befehl kann auch direkt über die Kommandozeile oder durch eine Script-Datei gestartet werden. Informationen über die Angabe von Optionen finden Sie in der Hilfe-Funktion zu PRINT.

6.13 Nutzen für die Datenausgabe erzeugen

Um Kosten zu sparen, ist es sinnvoll, ein kleines Layout in einem Nutzen an den Leiterplattenhersteller weiterzugeben. So können in einem Arbeitsgang mehrere Platinen gefertigt werden.

Das Vervielfältigen der Platine bzw. das Kombinieren von verschiedenen Layouts in einer gemeinsamen Boarddatei macht man über GROUP, COPY und PASTE. Dabei ist zu beachten, dass der Bestückungsdruck der Platine verändert wird, da beim Platzieren des Layouts die Bauteile, die eingefügt werden, einen neuen Namen erhalten, sofern diese Bezeichnungen schon verwendet werden. Wenn der Bestückungsdruck nicht benötigt wird ist das nicht weiter relevant.

Ansonsten kann man sich mit Hilfe eines ULPs behelfen. *Panelize.ulp* kopiert die Texte, die in den Layer 25 und 26 (*t/bNames*) die Bauteilnamen anzeigen in einen neuen Layer. Beim Zusammenfügen der verschiedenen Boards werden zwar nachwievor die Bauteilenamen verändert, der kopierte Text bleibt dabei jedoch unverändert. Teilen Sie dem Leiterplattenhersteller mit, dass er anstatt der Layer 25 *tNames* und 26 *bNames* die beiden neu erstellten Layer 125 und 126 verwenden muss.

Vorgehensweise:

- Laden Sie die Boarddatei
- Starten *panelize.ulp* um die Namenstexte zu kopieren.

- Blenden Sie mit dem DISPLAY-Befehl alle Layer ein.
- Selektieren Sie mit GROUP alle Objekte, die kopiert werden sollen. Das vollständige Layout kann auch über GROUP ALL selektiert werden.
- Klicken Sie auf COPY um die Gruppe in die Zwischenablage zu legen.
- Öffnen Sie mit *Datei/Neu* eine neue Boarddatei.
- Platzieren Sie mit PASTE das Layout, so oft es für den Nutzen benötigt wird. Gegebenenfalls kann beim Einfügen auch ein Drehwinkel angegebenen werden.
- Stellen Sie sicher, dass die Design-Regeln des Nutzens mit denen der Quelldatei übereinstimmen. Man kann die Design-Regeln aus dem Layout in eine Datei (**.dru*) ausgeben und dann in das neue Layout einlesen (Menü *Edit/Design-Regeln*, *File*-Tab).
- Speichern Sie die neue Boarddatei.
- Teilen Sie Ihrem Leiterplattenhersteller mit, dass er die Layer 125/126 anstatt 25/26 verwenden muss.

Man kann auf diese Weise auch einen Nutzen aus verschiedenen Layouts zusammenstellen.

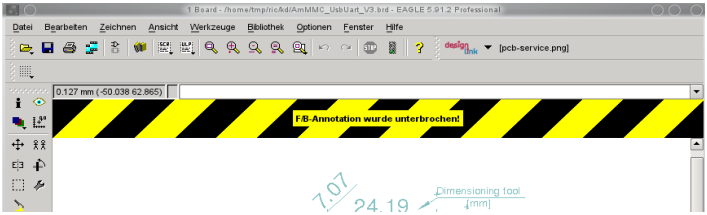
6.14 Keine Konsistenz zwischen Schaltplan und Layout – was nun?

Alle Änderungen im Schaltplan und mit Einschränkungen im Layout werden durch die Forward&Back-Annotation automatisch in das zugehörige Board bzw. den Schaltplan übertragen. Allgemeine Informationen zu diesem Thema finden Sie im Kapitel über die Forward&Back-Annotation auf Seite 127.

Die Kopplung zwischen Schaltplan und Layout funktioniert – ohne dass man sich darum kümmern muss – automatisch, solange beide Dateien immer gleichzeitig geladen sind. Sobald man aber eine der beiden schließt und im Schaltplan oder im Layout weiter arbeitet, geht die Konsistenz verloren. EAGLE kann die Änderungen nicht mehr direkt in die andere Datei übertragen. Es entstehen Unterschiede zwischen Schaltplan und Layout.

Zur Sicherheit zeigt EAGLE beim Schließen eines der Editor-Fenster eine auffällige Warnung. Ein schwarz-gelbes Feld am oberen Zeichnungsrand meldet, dass die Forward&Back-Annotation unterbrochen wurde. Bitte laden Sie die soeben geschlossene Datei wieder.

Falls die Unterbrechung absichtlich herbeigeführt wurde, können Sie die Meldung durch einen Mausklick in das schwarz-gelbe Feld verstecken.

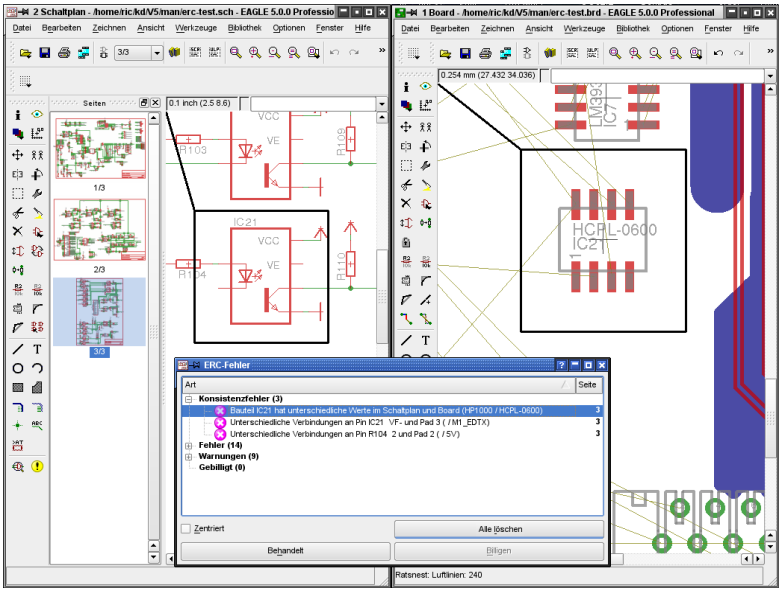


➢ ***Forward&Back-Annotation unterbrochen!***

Falls Sie ein Schaltplan/Board-Paar beziehungsweise ein Projekt neu laden wollen und die beiden Dateien nicht konsistent sind, wird folgende Warnung ausgegeben.

➢ ***Warnung: Konsistenzverlust zwischen Schaltplan und Layout***

Starten Sie unverzüglich den Electrical Rule Check (ERC). Dieser vergleicht die beiden Dateien und meldet die Unterschiede im ERC-Fehler-Fenster im *Konsistenzfehler*-Zweig. Wenn Sie auf einen Eintrag klicken, wird im Schaltplan und im Layout eine Linie auf das betroffene Objekt zeigen, sofern das möglich ist. Zur Wiederherstellung der Konsistenz kann auch UNDO hilfreich sein.



➢ ***Die Unterschiede werden in beiden Fenstern lokalisiert***

Bearbeiten Sie nun jede einzelne Meldung und beheben Sie den Unterschied im Schaltplan oder im Layout, je nach Bedarf. Anschließend kann der Eintrag in der Fehlerliste durch einen Klick auf *Behandelt* markiert werden.

Starten Sie den ERC von Zeit zu Zeit, um den Fortschritt Ihrer Bemühungen zu bestätigen. Die Unterschiede sind behoben, wenn der ERC wieder Konsistenz meldet. Jetzt funktioniert auch die Annotation wieder.
Vergessen Sie nicht, die Dateien spätestens jetzt zu speichern und von jetzt an immer gleichzeitig geöffnet zu lassen.

Konsistenzkriterien

Es gibt einige Kriterien, die für die Konsistenz zwischen Schaltplan und Board erfüllt ein müssen. In der folgenden Liste sind die wichtigsten genannt und auch mögliche Lösungsvorschläge genannt.

- Zu jedem Bauteil im Schaltplan muss ein Element im Board vorhanden sein und umgekehrt. Ausnahmen sind Supply-Symbole, Elemente ohne Kontakte und Bauteile mit dem Attribut *_EXTERNAL_* (z.B. für Simulationssymbole).
  ☞ Mit ADD/DELETE/NAME Bauteil platzieren/löschen/ umbenennen

- Entsprechende Bauteile in Schaltplan und Board müssen gleiche Werte haben
  ☞ Mit VALUE Werte anpassen

- Für jede Verbindung von Netz und Pin im Schaltplan muss es eine Verbindung mit gleichem Namen von Signal und zugehörigem Pad im Layout geben.
  - ☞ Fehlende Netze mit NET, fehlende Signale mit SIGNAL erzeugen, eventuell umbenennen mit NAME oder Löschen mit DELETE

- Netze im Schaltplan und die entsprechenden Signale im Layout müssen identischen Netzklassen angehören.
  - ☞ CHANGE CLASS beziehungsweise Anpassen der Werte für Width, Clearance und Drill im Eigenschaften-Dialog des Netzes/Signals

- Die in Schaltplan und Layout definierten Bestückungsvarianten müssen identisch sein; es muss dieselbe Anzahl von Varianten und identische Variantennamen geben. Außerdem müssen für die entsprechenden Bauteile gleiche Bestückungsparameter verwendet werden.
  - ☞ Mit dem VARIANT-Befehl die Bestückungsvarianten und Parameter anpassen

- Bei Bauteilen mit Attributen müssen der Name und der Wert des Attributs in Schaltplan und Layout gleich sein.
  Im Layout-Editor sind zusätzliche Attribute für Bauteile, die im Schaltplan nicht vorhanden sein müssen, zulässig, aber nicht umgekehrt.
  - ☞ ATTRIBUTE-Befehl zum Anlegen/Ändern der Attribute. Handelt es sich um Attribute aus der Bibliothek, kann ein Austausch der Devices mit REPLACE für die betroffenen Bauteile im Schaltplan erforderlich sein.

- Die Package-Definition eines Bauteils muss in Schaltplan und Layout identisch sein. Es gibt verschiedene Möglichkeiten diese Unterschiede zu beseitigen:
  - ☞ Austausch der Packages für die betroffenen Elemente mit REPLACE im Board. Ersetzen mit den Packages gemäß der Definition im Schaltplan.
  - ☞ Austausch der Devices für die betroffenen Bauteile mit REPLACE im Schaltplan oder Ersetzen der Bauteile mit Packages gemäß der Definition im Layout-Editor. Achten Sie dabei auch auf mögliche Änderungen bei den Attributen (siehe oben).
  - ☞ Austausch der Package-Varianten im Schaltplan mit CHANGE PACKAGE

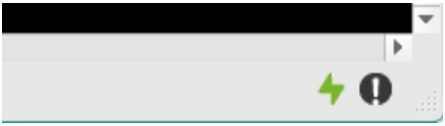
Sollten die Bibliotheken nicht mehr in der Fassung vorhanden sein, wie sie in Schaltplan oder Board verwendet wurden, kann ein Export der Bibliotheken aus der Zeichnung erforderlich sein, um diese dann für den REPLACE-Befehl zu benutzen.

Konsistenz-Anzeige

In der rechten unteren Ecke der Statuszeile des Schaltplan- und Layout-Editor-Fensters befindet sich ein Indikator, der je nach Farbe anzeigt, ob beide Dateien konsistent sind.

Grau	F&B-Annotation nicht möglich Es ist nur eine Datei geladen
Gelb	F&B-Annotation nicht verfügbar SCH und BRD haben unterschiedliche Namen
Pink	F&B-Annotation nicht aktiv SCH und BRD sind nicht konsistent
Grün	F&B-Annotation aktiv SCH und BRD sind konsistent

Das Ausrufezeichen rechts neben dem Konsistenzindikator erinnert daran, dass die aktuelle Datei nicht gespeichert ist.



➢ ***Konsistenzindikator***

Kapitel 7
Der Autorouter

7.1 Prinzipielle Möglichkeiten

- Beliebiges Routing-Raster (min. 0,02 mm)
- Toprouter mit rasterlosem Routing-Algorithmus, der dem Autorouter vorgeschaltet werden kann
- BGA-Escape-Router für das Entflechten von Ball-Grid-Arrays (Fan-out)
- Unterstützung von Mehr-Kern-Prozessoren zum gleichzeitigen Bearbeiten mehrerer Routing-Jobs
- Beliebiges Platzierungsraster
- SMD-Bauelemente auf beiden Seiten werden geroutet
- Routing-Fläche kann die gesamte Zeichenfläche sein (vorausgesetzt, es ist genügend Speicher vorhanden)
- Wahl der Strategie durch Steuerparameter
- Gleichzeitiges Routen verschiedener Netzklassen mit unterschiedlichen Leiterbahnbreiten und Mindestabständen
- Gemeinsamer Datensatz (Design-Regeln) für Design Rule Check und Autorouter
- Multilayerfähig (bis zu 16 Signallagen, die gleichzeitig geroutet werden, nicht nur paarweise)
- Unterstützung von Blind- und Buried-Vias
- Vorzugsrichtung für jeden Layer getrennt einstellbar: horizontal und vertikal, echte 45/135 Grad (interessant für Zwischenlayer!)
- Optionale automatische Auswahl von Routing-Raster und Vorzugsrichtungen in den Signallagen
- Ripup und Retry für 100%-Entflechtungsstrategie
- Optimierungsläufe zur Minimierung der Vias und Glättung der Leiterbahnverläufe
- Vorverlegte Leiterbahnen werden nicht verändert
- Bildet die Grundlage für den Follow-me-Router; ein Betriebsmodus des ROUTE-Befehls, der ein ausgewähltes Signal automatisch verlegt

7.2 Was man vom Autorouter erwarten kann

Der EAGLE-Autorouter ist ein so genannter 100%-Router. Dieser Begriff besagt, dass Platinen, die theoretisch komplett entflochten werden können, vom Autorouter zu 100% entflochten werden, vorausgesetzt – und das ist eine entscheidende Einschränkung – der Autorouter hat unendlich viel Zeit.
Diese Einschränkung gilt für alle 100%-Router. Da man in der Praxis aber nicht unendlich viel Zeit hat, kann es sein, dass auch ein 100%-Router eine Platine nicht vollständig entflicht.

Der EAGLE-Autorouter arbeitet nach dem Ripup/Retry-Verfahren. Das bedeutet: Sobald er eine Leitung nicht mehr verlegen kann, nimmt er schon verlegte Leitungen wieder weg (Ripup) und versucht es erneut (Retry). Die Zahl der Leitungen, die er wieder wegnehmen darf, nennt man Ripup-Tiefe. Sie spielt eine entscheidende Rolle für die Geschwindigkeit und das Entflechtungsergebnis. Im Prinzip trifft man damit die Einschränkung, von der oben die Rede war.

Im Autorouter-Hauptdialog gibt es die Möglichkeit eine TopRouter-Variante zu wählen. Diese verwendet einen rasterlosen Algorithmus mit topologischem Ansatz. Dieser Algorithmus errechnet zunächst den Verlauf der Signale und verwendet dann die Optimierungsläufe des traditionellen EAGLE-Autorouters um die Design-Regeln zu erfüllen. Typischerweise benötigt der TopRouter merklich weniger Durchkontaktierungen als der traditionelle EAGLE-Autorouter. Der Anwender hat die Möglichkeit beide Methoden für ein Projekt zu wählen und sich schließlich für das eine oder andere Ergebnis zu entscheiden.

Wer von einem Autorouter erwartet, dass er die perfekte Platine ohne eigenes Zutun liefert, wird enttäuscht werden: Der Layouter muss nach wie vor seine Vorstellungen von der Platine selbst einbringen und auch einiges an Überlegung investieren. Tut er das, dann ist ein Autorouter eine wertvolle Hilfe, die ihm sehr viel Routinearbeit abnehmen kann.

7.3 Steuerung des Autorouters

Der Autorouter wird über eine Reihe von Parametern gesteuert. Berücksichtigt werden die Werte aus den aktuellen Design-Regeln, den Netzklassen und den speziellen Autorouter-Steuerparametern.

Die Design-Regeln legen die Mindestabstände (DRC-Befehl, Einstellungen *Clearance* und *Distance*), den Via-Durchmesser (Einstellung *Annular Ring*) und den Bohrdurchmesser der Vias (Einstellung *Sizes*) fest. Außerdem wird die Mindestleiterbahnbreite festgelegt.

Die Netzklassen geben, sofern definiert, spezielle Mindestabstände, die Leiterbahnbreite und den Bohrdurchmesser von Durchkontaktierungen bestimmter Signale vor.

Außerdem gibt es noch eine Reihe spezieller Kostenfaktoren und Steuerparameter, die über das Autorouter-Menü verändert werden können. Sie beeinflussen den Leiterbahnverlauf beim automatischen Entflechten.

Die Defaultwerte werden vom Programm vorgegeben.

Die Steuerparameter werden beim Abspeichern des Layouts in der BRD-Datei gespeichert. Sie können diese Werte auch in einer Autorouter-Steuerdatei (**.ctl*) speichern. So ist ein bestimmter Parametersatz für verschiedene Layouts nutzbar.
Design-Regeln und Vorgaben für verschiedene Netzklassen sind nicht Bestandteil der Control-Datei.

Prinzipiell läuft ein Routing-Vorgang in mehreren Schritten ab:

Bus-Router

Zuerst startet im Allgemeinen der Bus-Router.
Dieser behandelt Signale, die in Vorzugsrichtung – mit geringer Abweichung in x- oder y-Richtung – verlegt werden können. Dazu muss es einen Layer mit definierter Vorzugsrichtung geben. Es können nur Signale verlegt werden, die zur Netzklasse 0 gehören.

Dieser Schritt kann auch entfallen.

> *Busse im Sinne des Autorouters sind Verbindungen, die mit geringen Abweichungen in x- oder y-Richtung geradlinig verlegt werden können.*
> *Es handelt sich nicht um Busse im Sinne der Elektronik, wie zum Beispiel bei Adressbussen oder ähnlichem.*

Routing-Lauf

Dann folgt der eigentliche Routing-Lauf mit Parametern, die möglichst eine 100%ige Entflechtung erlauben. Hier lässt man bewusst zu, dass viele Durchkontaktierungen gesetzt werden, um keine Wege zu verbauen.

TopRouter

Wählen Sie eine Routing-Variante mit vorgeschaltetem TopRouter, werden die Leiterbahnen nach einem anderen Routing-Algorithmus verlegt, der tendenziell wesentlich weniger Durchkontaktierungen setzt. Anschließend folgt die Routing und Optimierung, um alle Leitungen auf Einhaltung der Design-Regeln zu trimmen.

Optimierung

Im Anschluss daran können beliebig viele Optimierungsläufe folgen, deren Parameter so eingestellt sind, dass die Anzahl der Vias reduziert und Leiterbahnverläufe geglättet werden. Bei den Optimierungsläufen wird jeweils nur noch eine Leitung weggenommen und neu verlegt. Allerdings kann sich noch ein höherer Entflechtungsgrad ergeben, da durch den geänderten Verlauf dieser Leitung unter Umständen neue Wege frei werden.
Die Anzahl der Optimierungsläufe muss vor dem Start des Autorouters festgelegt werden. Eine nachträgliche Optimierung ist nicht mehr möglich.

Nach dem Ende eines Routing-Jobs werden alle Leiterbahnen als vorverlegt betrachtet und dürfen nicht mehr verändert werden.

Jeder der oben angeführten Schritte kann separat aktiviert bzw. deaktiviert werden.

7.4 Was ist vor dem Autorouten festzulegen?

Design-Regeln

Abhängig von der Komplexität der Platine und den zur Verfügung stehenden Fertigungsmöglichkeiten sind die Design-Regeln festzulegen. Eine Beschreibung der Vorgehensweise und der Bedeutung der einzelnen Parameter finden Sie im Abschnitt *Festlegen der Design-Regeln* auf Seite 180.

Leiterbahnbreite und Netzklassen

Sofern Sie nicht schon im Schaltplan verschiedene Netzklassen definiert haben, können Sie jetzt vor dem Autorouten festlegen, ob bestimmte Signale mit besonderen Leiterbahnbreiten verlegt, besondere Mindestabstände eingehalten oder bestimmte Bohrdurchmesser für Vias unterschiedlicher Signale verwendet werden sollen. Zur Definition der Netzklassen lesen Sie bitte in der Hilfe-Funktion unter *CLASS* oder auch im Abschnitt *Netzklassen festlegen* auf Seite 148 nach.

Werden keine speziellen Netzklassen definiert, gelten die Werte aus den Design-Regeln. Die Leiterbahnbreite entspricht dann dem Wert *Minimum width* im *Sizes*-Tab, die Mindestabstände sind im *Clearance*-Tab bzw. *Distance*-Tab festgelegt. Der Via-Durchmesser wird durch die Werte im Tab *Annular Ring* bestimmt.

> *Wurden in den Design-Regeln und bei den Netzklassen Werte angegeben, berücksichtigt der Autorouter immer die größeren von beiden.*

Raster

Die richtige Wahl des Routing- und Platzierungsrasters ergibt sich aus den Design-Regeln und den verwendeten Bauelementen. Das minimale Routing-Raster liegt bei 0,02 mm, das entspricht ca. 0,8 mil.

Platzierungsraster

Der Autorouter lässt zwar ein beliebiges Platzierungsraster (einzustellen mit dem GRID-Befehl) zu. Allerdings ist es nicht besonders sinnvoll, die Bauteile in einem derart feinen Raster zu platzieren. Generell gilt:

- Das Platzierungsraster sollte nicht feiner als das Routing-Raster sein.
- Falls das Platzierungsraster größer als das Routing-Raster ist, sollte es ein ganzzahliges vielfaches davon sein.

Diese Regeln leuchten ein, wenn man sich überlegt, dass es gemäß den Design-Regeln z. B. möglich wäre, zwei Leitungen zwischen zwei Anschlüssen eines Bausteins zu verlegen, dies aber an der Wahl der beiden Raster scheitern kann (siehe folgendes Bild).

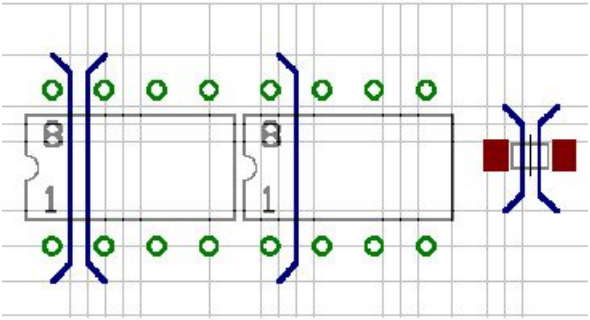
Routing-Raster

Bitte beachten Sie, dass das Routing-Raster beim Starten des Autorouters im Autorouter-Main-Setup-Fenster unter *Routing Grid* eingestellt wird. Es ist nicht identisch mit dem aktuellen Raster des Layout-Editors, das mit dem GRID-Befehl eingestellt wird.

Für das Routing-Raster gilt: Der Zeitbedarf steigt exponentiell mit der Auflösung. Deshalb sollte man es so groß wie möglich wählen. Die Hauptüberlegung für die meisten Platinen richtet sich darauf, wie viele Leitungen maximal zwischen den Anschlüssen eines ICs verlegt werden sollen. Natürlich müssen in diese Überlegung die gewählten Design-Regeln, also Mindestabstände der Leitungen zu Pads und anderen Leitungen, mit einbezogen werden.

Die Konsequenz aus obigen Überlegungen lautet:

> *Die beiden Raster sind so zu wählen, dass die Pads der Bauelemente möglichst auf dem Routing-Raster liegen.*



➢ ***Leiterbahnverlauf bei verschiedenen Platzierungsrastern***

Natürlich gibt es Ausnahmen, etwa bei SMD-Bauelementen, bei denen der umgekehrte Fall auftreten kann, dass nämlich eine Platzierung außerhalb des Routing-Rasters die besten Ergebnisse liefert. Auf jeden Fall sollte man sich die Wahl des Rasters anhand der Design-Regeln und der Pad-Abstände genau überlegen.

Beim linken Bauelement liegen die Pads auf dem Routing-Raster. Es können zwei Leitungen zwischen zwei Pads verlegt werden. Die Pads des mittleren Bauelements liegen nicht auf dem Routing-Raster, deshalb hat nur eine

Leitung Platz.
Rechts: Ausnahme von der Regel, dargestellt an SMD-Pads, die zwischen den Routing-Rasterlinien platziert wurden, damit eine Leitung dazwischen Platz hat.

Bei der Wahl des Rasters ist auch zu beachten, dass möglichst keine Pads für den Router "unsichtbar" werden. Das heißt, jedes Pad soll mindestens einen Routing-Rasterpunkt belegen. Sonst kann es passieren, dass der Autorouter eine Verbindung nicht legen kann, die ansonsten ohne Probleme zu verlegen wäre - einfach weil er das entsprechende Pad nicht auf seinem Raster darstellen kann. Der Autorouter meldet dann *Unerreichbares SMD.....*

Der Default-Wert für das Routing-Raster ist 50 mil. Dieser Wert ist für einfache Platinen mit bedrahteten Bauteilen ausreichend. Arbeiten Sie mit SMD-Bauteilen, benötigen Sie ein feineres Routing-Raster.
Übliche Werte sind 25, 12.5, 10 oder 5 mil.

Noch feinere Raster benötigen wesentlich mehr Routingspeicher.

Mit der Option *Automatische Wahl des Rasters* bestimmt der Autorouter nach eigener Heuristik die passenden Rastereinstellungen für die einzelnen Routing-Jobs.

Speicherbedarf

Der benötigte Routingspeicher hängt primär ab vom gewählten Routing-Raster, der Fläche der Platine und der Anzahl der Signallayer in denen geroutet wird.

Der statische Speicherbedarf (in Byte) einer Platine berechnet sich wie folgt:

Zahl der Rasterpunkte x Zahl der Signallayer x 2

Zusätzlich zum statischen Speicherbedarf wird auch Platz für dynamische Daten benötigt. Dieser ist sehr stark abhängig vom Layout und liegt sehr grob geschätzt in einer Größenordnung von ca. 10% bis 100% (in manchen Fällen sogar mehr!) des statischen Wertes.

Gesamtspeicherbedarf (in grober Näherung):

Statischer Speicher x (1,1..2,0) [Byte]

Dieser Wert sollte vor dem Autorouten als RAM-Speicher frei sein. Reicht dieser nicht aus, muss der Autorouter die Daten auf die Harddisk auslagern. Dies verlängert die Routingdauer enorm und sollte in jedem Fall vermieden werden. Kurze Zugriffe auf die Festplatte sind normal, da die Job-Datei auf der Festplatte immer wieder aktualisiert wird.

Versuchen Sie das Routing-Raster möglichst grob zu wählen. Das spart Speicherplatz und Routingzeit!

Layer

Wollen Sie eine doppelseitige Platine entwickeln, dann wählen Sie Top und Bottom als Route-Layer. Für eine einseitige Platine sollten Sie nur den Bottom-Layer verwenden. Bei Innenlagen ist es sinnvoll, die Layer von außen nach innen zu verwenden, also zunächst 2 und 15 und so weiter.
Bei Platinen, die so komplex sind, dass es zweifelhaft ist, ob sie zweiseitig zu verdrahten sind, empfiehlt es sich, sie als Multilayer-Boards anzulegen und die Kosten für Innenlayer sehr hoch zu machen. So versucht der Autorouter die Innenlagen zu meiden und möglichst viele Verbindungen in den Außenlagen zu verlegen. Im Notfall kann er aber auf eine Innenlage ausweichen.

Diese Einstellungen treffen Sie im Autorouter-Menü (siehe Seite 252).

Ist ein Layer, der SMDs enthält nicht aktiviert, gibt der Autorouter beim Start den Hinweis *Unerreichbares SMD in Layer ...*. Der Autorouter kann dann mit *OK* gestartet oder abgebrochen und neu konfiguriert werden.

Vorzugsrichtungen

Für jeden Routing-Job kann individuell für jeden Signallayer eine eigene Vorzugsrichtung angegeben werden. Mit der neuen Einstellung *Auto* wird der Autorouter selbst verschiedene Einstellungen für Vorzugsrichtungen wählen.

Wenn Sie Vorzugsrichtungen manuell einstellen möchten, gelten folgende Überlegungen: Die Vorzugsrichtungen stellt man im allgemeinen so ein, dass sie auf den beiden Außenseiten der Platine um 90 Grad versetzt sind. In Innenlagen ist es oft von Vorteil, 45 und 135 Grad zu wählen, da damit Diagonalverbindungen abgedeckt werden. Prinzipiell sollte man vor der Wahl der Vorzugsrichtungen die Platine (anhand der Luftlinien) daraufhin untersuchen, ob für eine bestimmte Seite eine Richtung Vorteile bietet. Das kann insbesondere bei SMD-Platinen der Fall sein.

> *Bitte achten Sie auch beim Vorverlegen von Leiterbahnen auf die Vorzugsrichtungen! Default: Top: vertikal, Bottom: horizontal.*

Bei kleinen Platinen, die größtenteils mit SMD-Bauteilen bestückt sind, kann es erfahrungsgemäß von Vorteil sein, ohne Vorzugsrichtungen zu routen (Einstellung * im Autorouter-Setup). Der Router kommt dann wesentlich schneller zu einem brauchbaren Ergebnis. Auch bei einseitigen Platinen sollte ohne Vorzugsrichtung gearbeitet werden.

Sperrflächen

Falls der Autorouter in bestimmten Gebieten keine Leitungen oder Durchkontaktierungen verlegen soll, können Sie Sperrflächen mit den Befehlen RECT, CIRCLE und POLYGON in die Layer 41 *tRestrict*, 42 *bRestrict* und 43 *vRestrict* einzeichnen.

tRestrict: Sperrflächen für Leitungen und Polygone im Top-Layer.
bRestrict: Sperrflächen für Leitungen u. Polygone im Bottom-Layer.
vRestrict: Sperrflächen für Durchkontaktierungen.

Solche Sperrflächen können auch schon im Package eines Bauteils definiert sein (etwa um die Befestigungslöcher eines Steckers herum oder für einen liegend montierten Transistor, unter dem sich keine Leitungen befinden sollen).

Linien, die im Layer 20, *Dimension,* gezeichnet worden sind, sind für den Autorouter Begrenzungslinien. Über diese Grenzen hinweg können keine Leitungen verlegt werden. Typische Anwendung: Kontur der Leiterplatte.

Eine Fläche im Layer 20 gezeichnet, könnte auch als Sperrfläche für alle Signallagen verwendet werden. Allerdings ist zu beachten, dass diese Fläche vor der Fertigung der Platine wieder zu löschen ist, da üblicherweise der Layer 20 bei der Erzeugung von Fertigungsdaten ausgegeben wird.

Cutout-Polygone, die beispielsweise in Innenlagen verwendet wurden, um bestimmte Bereiche frei von Kupferflächen (Signalpolygonen) zu halten, werden vom Autorouter nicht berücksichtigt. Der Autorouter kann durch diese Bereiche Leiterbahnen verlegen.

Kostenfaktoren und weitere Steuerparameter

Alle Routing-Parameter werden im Routing-Varianten-Dialog eingestellt. Sie können für jede Routing-Variante separat modifiziert werden.

Die Default-Werte für die Kostenfaktoren sind so gewählt, dass Sie unserer Erfahrung nach die besten Ergebnisse liefern.

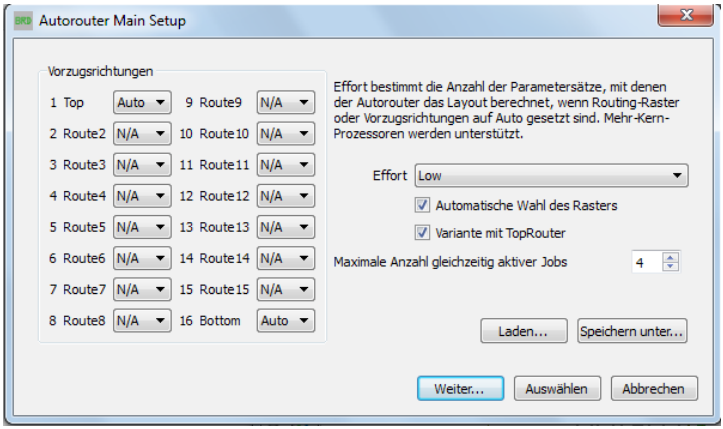
Auch die Steuerparameter, zum Beispiel *mnRipupLevel*, *mnRipupSteps* usw. sind so eingestellt, dass Sie unserer Erfahrung nach die besten Ergebnisse liefern.

Sollten Sie allerdings mit den Parametern experimentieren wollen, beachten Sie bitte die Beschreibung der Kostenfaktoren im folgenden Kapitel. Bei vielen Parametern können schon kleine Änderungen große Auswirkungen haben.

7.5 Das Autorouter-Menü

Beim Starten des Autorouters mit dem AUTO-Befehl erscheint zunächst das Autorouter-Setup-Menü. Darin werden alle notwendigen Einstellungen getroffen.

Hauptdialog



➢ ***Autorouter-Main-Setup: Allgemeine Einstellungen***

An dieser Stelle legen Sie fest, in welchen Layern geroutet werden darf und welche Vorzugsrichtungen gelten. Klicken Sie mit der Maus in die entsprechende Combo-Box und selektieren Sie den gewünschten Wert.

Einstellung der Vorzugsrichtungen:

-	horizontal
|	vertikal
/	diagonal in 45 Grad
\	diagonal in 135 Grad
*	keine
N/A	Layer nicht aktiv
Auto	Automatische Auswahl

Die Einstellung *Effort* (Low, Medium oder High) bestimmt wie viele Routing-Varianten angelegt werden.

Ist *Automatischen Wahl des Rasters* aktiviert, wählt der Autorouter eigene Werte. Schalten Sie diese Option aus, um ein eigenes geeignetes Routing-Raster zu wählen. Sie haben später im Routing-Varianten-Dialog die Möglichkeit, die (automatisch) gewählten Rastereinstellungen zu prüfen und gegebenenfalls zu modifizieren.

Variante mit TopRouter aktiviert den seit Version 7 verfügbaren TopRouter, der die Leitungen über einen anderen Routing-Algorithmus verlegt. Typischerweise ist der Rechenaufwand größer, das Ergebnis meist mit weniger Vias versehen.

Die *maximale Anzahl gleichzeitig aktiver Jobs* kann limitiert werden. Der EAGLE-Autorouter unterstützt die Berechnung mehrerer Autorouter-Jobs gleichzeitig bei Nutzung von Mehr-Kern-Prozessoren. Der angezeigte Wert

hängt ab von der Anzahl der vorhandenen Prozessor-Kerne. Es kann sinnvoll sein, die Anzahl zu reduzieren, um nicht alle Kerne mit dem EAGLE-Autorouter zu beschäftigen.

Über die Schaltflächen *Laden...* und *Speichern unter....* können Sie einen alternativen Parametersatz aus einer Autorouter-Steuerdatei (**.ctl*) laden oder die aktuell gewählten Einstellungen speichern, um diese für weitere Projekte zur Verfügung zu haben.

Mit Klick auf die Schaltfläche *Auswählen* können Sie bestimmte Signale zum Autorouten selektieren. Wählen Sie diese durch Anklicken der entsprechenden Signallinien. Klicken Sie anschließend auf das Ampel-Icon in der Aktionsleiste um in den zweiten Teil des Autorouter-Setups, den Varianten-Dialog zu gelangen.
Dort können Sie die Konfiguration der Jobs nochmal überprüfen und ggf. ändern bevor der eigentliche Routingprozess beginnt.

Alternativ kann man die Signalnamen in der Kommandozeile angeben. Beispiele:

```
VCC GND ;
```

Die Signale VCC und GND werden geroutet.
Das Semikolon am Ende der Zeile startet den Autorouter sofort. Es kann alternativ das Ampel-Icon angeklickt werden.

Wenn Sie

```
! VCC GND ;
```

angeben, werden alle Signale außer VCC und GND geroutet.

Sie dürfen die Signalnamen auch mit Hilfe von Platzhaltern auswählen. Erlaubt sind folgende Zeichen:

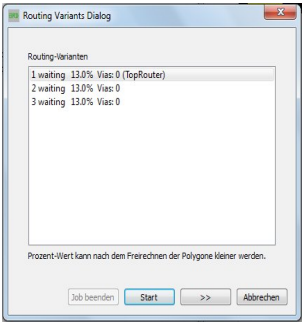
*	steht für eine beliebige Anzahl beliebiger Zeichen.
?	steht für genau ein Zeichen.
[...]	steht für irgend eines der Zeichen zwischen den Klammern, zum Beispiel `[a-f]` für alle Zeichen von a bis f.

Routing-Varianten-Dialog

Über die Schaltfläche *Weiter...* werden eine Anzahl verschiedener Parametersätze für die Varianten berechnet und es folgt der Routing-Varianten-Dialog.

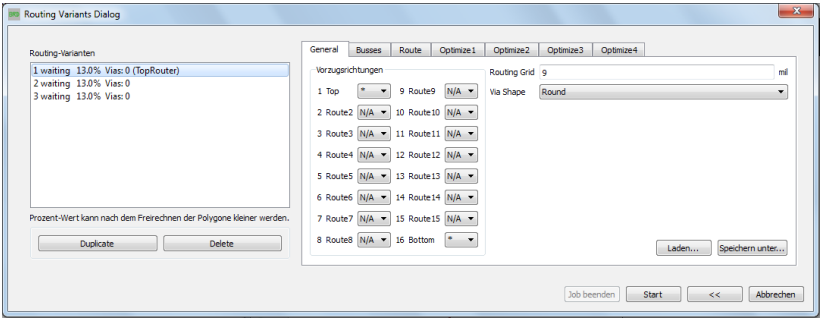
Hier kann man den Parametersatz jeder Variante modifizieren oder Varianten in einer Liste löschen oder hinzufügen. Jeder Parametersatz entspricht dem bekannten Autorouter-Parametersatz aus der vorherigen EAGLE-Version.

Die Berechnung der einzelnen Routing-Varianten (Routing-Jobs) wird aus diesem Dialog gestartet.



➢ ***Autorouter: Liste der Routing Varianten***

Je nach Einstelungen zeigt EAGLE eine Anzahl von Routing-Varianten für das Board. Mit *Start* beginnt der Autorouter die Routing-Varianten abzuarbeiten. Wenn Sie die einzelnen Routing-Parameter vorher überprüfen und eventuell auch noch anpassen wollen, klicken Sie auf die Schaltfläche >>.



➢ ***Autorouter Varianten: Liste mit Parameter-Einstellungen***

Im erweiterten Varianten-Dialog kann man die Routing-Parameter prüfen und modifizieren. Über Duplicate und Delete kann man die selektierte Variante kopieren bzw. löschen.

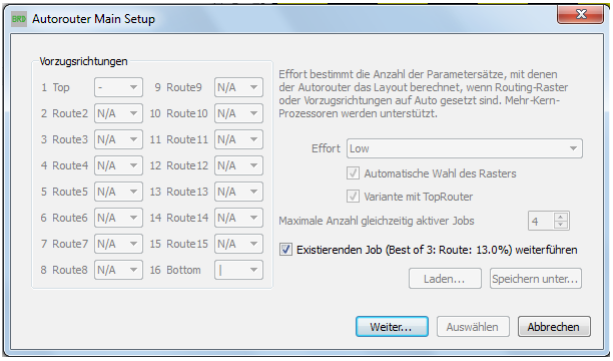
Die Parameter in den Gruppen *Layerkosten*, *Kostenfaktoren* und *Maximum* können für jeden Durchgang (*Busses*, *Route*, *Optimize 1* bis *4*) unterschiedlich sein. Weitere Informationen dazu finden Sie im folgenden Abschnitt.

Über die Schaltfläche *Hinzufügen* im letzten Optimierungslauf kann man zusätzliche Optimierungsläufe einfügen.

Mit Klick auf die Schaltfläche *Start* starten Sie den Autorouter für alle nicht verlegten Signale.

Die Schaltfläche *Abbrechen* bricht den AUTO-Befehl ab, ohne die Änderungen zu speichern.

Sollten Sie einen abgebrochenen Routing-Job erneut starten, lassen sich zunächst keine Änderungen bei den Parametern machen. Mit der Check-Box *Existierenden Job weiterführen?* entscheiden Sie, ob Sie mit einem vorher abgebrochenen Job weitermachen wollen oder für die noch verbliebenen nicht verlegten Signale neue Einstellungen wählen wollen.



➢ ***Autorouter-Setup: Wiederaufsetzen auf einen unterbrochenen Job***

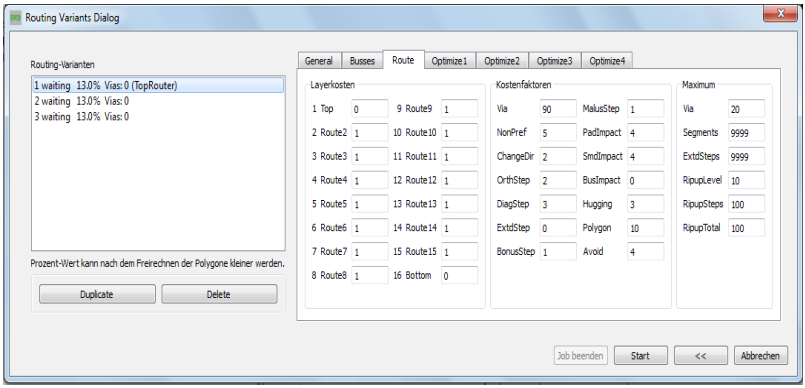
Die Arbeit des Autorouters kann mit UNDO rückgängig gemacht werden.

7.6 Einfluss der Kostenfaktoren und Steuerparameter

Grundsätzlich sind bei jedem Kostenfaktor ***cf****xxx* (cf steht für *cost factor*) Werte von 0..99 möglich, aber nicht bei jedem ist der ganze Bereich sinnvoll. Deshalb sind die sinnvollen Werte jeweils angegeben.
Die Steuerparameter ***mn****xxx* (mn steht für *maximum number*) erlauben Werte von 0..9999. Sinnvolle Angaben finden Sie ebenfalls beim jeweiligen Parameter.

Die Parameter werden über das Autorouter-Setup-Menü eingestellt. Die Einstellungen für *Route* und die *Optimize*-Läufe können separat konfiguriert werden. Das Menü ist in drei Bereiche aufgeteilt: *Layerkosten*, *Kostenfaktoren* und *Maximum*.

Im folgenden werden die einzelnen Parameter und deren Wirkung erklärt. Die Bezeichnungen der Kostenfaktoren entsprechen denen, wie sie auch in einer Steuerdatei **.ctl* für den Autorouter abgespeichert würden.
Siehe auch den Abschnitt *Parameter in einer Steuerdatei* ab Seite 264.



➢ ***Autorouter: Einstellungen der Parameter im Route-Tab***

Layerkosten

cfBase.xx: 0..20

Basiskosten für einen Schritt im jeweiligen Layer. Empfehlung: außen (Top, Bottom) immer 0, innen größer als 0.

Kostenfaktoren

cfVia: 0..99

Steuert die Verwendung von Durchkontaktierungen. Ein niedriger Wert führt zu vielen Durchkontaktierungen, erlaubt aber andererseits die weitestgehende Einhaltung der Vorzugsrichtungen. Ein hoher Wert bewirkt nach Möglichkeit eine Vermeidung von Durchkontaktierungen, was allerdings zwangsläufig zu einer vermehrten Verletzung der Vorzugsrichtungen führt. Empfehlung: niedriger Wert beim Routing-Durchgang, hoher Wert beim Optimieren.

cfNonPref: 0..10

Steuert die Einhaltung der Vorzugsrichtungen. Ein niedriger Wert erlaubt auch das Routen gegen die Vorzugsrichtung, während ein hoher Wert die Leiterbahnen in Vorzugsrichtung zwingt.
Setzt man *cfNonPref* = 99, dürfen Leitungsstücke nur in Vorzugsrichtung verlegt werden. Wählen Sie diesen Wert nur, wenn Sie sicher sind, dass dieses Verhalten wirklich gewünscht ist.

cfChangeDir: 0..25

Steuert die Häufigkeit von Richtungsänderungen. Ein niedriger Wert bedeutet, dass eine Leiterbahn viele Knicke haben darf. Ein hoher Wert führt zu weitestgehend geraden Leiterbahnen.

cfOrthStep, cfDiagStep

Bewirken die Einhaltung der Bedingung, dass die Hypotenuse in einem rechtwinkligen Dreieck kürzer ist als der Weg über die beiden Katheten. Die Default-Werte sind 2 und 3. Daraus ergibt sich, dass der Weg über die Katheten Kosten von 2+2=4 verursacht, gegenüber 3 über die Hypotenuse.
Diese Parameter sollten nur sehr vorsichtig verändert werden!

cfExtdStep: 0..30

Steuert die Vermeidung von Leiterbahnstücken, die 45 Grad gegen die Vorzugsrichtung verlaufen und dadurch die Platine in zwei Hälften teilen würden. Ein niedriger Wert bedeutet, dass solche Leiterbahnstücke erlaubt sind, während ein hoher Wert sie möglichst vermeidet.
Mit dem Parameter *mnExtdStep* steuert man die Länge dieser Leiterbahnstücke. Setzt man *mnExtdStep* = 0, wird jeder Rasterschritt des 45-Grad-Stücks mit dem Wert von *cfExtdStep* beaufschlagt. Gibt man beispielsweise einen Wert *mnExtdStep* = 5 vor, sind die ersten fünf Schritte des 45-Grad-Stücks erlaubt, jeder weitere Schritt wird mit dem Wert von *cfExtdStep* beaufschlagt.
So kann man erreichen, dass 90-Grad-Leiterbahnknicke durch ein kurzes 45-Grad-Stück abgeschrägt werden. Die Einstellung *cfExtdStep* = 99 und *mnExtdStep* = 0 sollte keine Leiterbahnen mit 45-Grad-Winkeln erlauben.
Nur relevant in Layern mit Vorzugsrichtung. Empfehlung: niedriger Wert beim Routing-Durchgang, höherer Wert beim Optimieren.

cfBonusStep, cfMalusStep: 1..3

Wirkt als Verstärkungsfaktor bei der Unterscheidung von *bevorzugten* (*Bonus*) bzw. *schlechten* (*Malus*) Gebieten auf der Platine. Hohe Werte führen zu einer starken Unterscheidung zwischen *guten* und *schlechten* Gebieten, niedrige Werte vermindern diesen Einfluss. Siehe auch *cfPadImpact, cfSmdImpact*.

cfPadImpact, cfSmdImpact: 0..10

Pads und SMDs erzeugen um sich herum *gute* bzw. *schlechte* Gebiete, also Zonen, in denen der Autorouter seine Leiterbahnen lieber oder weniger gern legt. Die *guten* Gebiete verlaufen in Vorzugsrichtung (falls definiert), die *schlechten* verlaufen senkrecht dazu. Das führt dazu, dass Leitungen in Vorzugsrichtung vom Pad/SMD weg verlegt werden. Hohe Werte sorgen dafür, dass die Leitung relativ weit in Vorzugsrichtung verläuft, bei niedrigen Werten kann schon nach kurzer Distanz die Vorzugsrichtung verlassen werden.
Bei dichten SMD-Platinen kann es von Vorteil sein *cfSmdImpact* etwas höher zu wählen.

cfBusImpact: 0..10

Steuert die Einhaltung der idealen Linie bei Busverdrahtungen (siehe auch *cfPadImpact*). Ein hoher Wert sorgt dafür, dass die direkte Linie zwischen Start- und Zielpunkt möglichst eingehalten wird. Nur beim Bus-Routen relevant.

cfHugging: 0..5

Steuert die Bündelung parallel verlaufender Leiterbahnen. Ein hoher Wert führt zu einer starken Bündelung (eng aneinander geschmiegte Leiterbahnen), ein niedriger Wert erlaubt eine großzügigere Verteilung. Empfehlung: höherer Wert beim Routen, niedrigerer Wert beim Optimieren.

cfAvoid 0..10

Steuert beim Ripup die Vermeidung der Gebiete in denen herausgenommene Leiterbahnen lagen. Ein hoher Wert führt zu einer starken Vermeidung. Nicht relevant in den Optimierungsläufen.

cfPolygon 0..30

Wenn ein Polygon vor dem Start des Autorouters mit RATSNEST berechnet worden und als Fläche sichtbar ist, wird jeder Schritt innerhalb des Polygons mit diesem Wert beaufschlagt. Ein niedriger Wert erlaubt es dem Autorouter Leitungen leichter innerhalb des Polygons zu verlegen. Die Wahrscheinlichkeit, dass das Polygon in mehrere Teile zerfällt ist jedoch höher. Ein hoher Wert veranlasst den Autorouter möglichst wenig Verbindungen im Polygon zu verlegen.

Ist ein Polygon beim Start des Autorouters in der Umrissdarstellung, also nicht mit RATSNEST berechnet worden, wird es vom Autorouter gar nicht berücksichtigt. Der Parameter spielt für solche Polygone keine Rolle.

Maximum

mnVia 0..30

Steuert die maximale Anzahl von Vias, die beim Verlegen eines Leiterbahnzuges verwendet werden dürfen.

mnSegments 0..9999

Bestimmt die maximale Anzahl von Wire-Stücken pro Leiterbahnzug.

mnExtdSteps 0..9999

Bestimmt die Anzahl der Schritte, die ohne Aufschlag des Wertes von cfExtdStep 45 Grad gegen die Vorzugsrichtung erlaubt sind.
Siehe auch *cfExtdStep*.

Außerdem gibt es im Abschnitt *Maximum* die Parameter *mnRipupLevel*, *mnRipupSteps* und *mnRipupTotal*. Diese werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

7.7 Zahl der Ripup/Retry-Versuche

Aufgrund der Struktur des Autorouters gibt es mehrere Parameter, die den Ripup/Retry-Mechanismus beeinflussen. Sie sind so eingestellt, dass ein möglichst guter Kompromiss aus Zeitbedarf und Routing-Ergebnis erreicht wird. Der Benutzer sollte deshalb die Werte für *mnRipupLevel*, *mnRipupSteps* und *mnRipupTotal* nur bei Bedarf vorsichtig ändern.

Generell gilt: Hohe Werte für diese Parameter lassen viele Ripups zu, führen aber zu erhöhten Rechenzeiten.

Um die Bedeutung der Parameter verstehen zu können, muss man wissen, wie der Router prinzipiell vorgeht:

Zunächst wird Leitung für Leitung verlegt, bis für eine kein Weg mehr gefunden wird. Sobald das der Fall ist, nimmt der Router maximal die mit *mnRipupLevel* definierte Zahl von schon verlegten Leitungen heraus, um die neue verlegen zu können. Sind also z. B. acht Leitungen im Weg, dann kann er die neue nur verlegen, wenn *mnRipupLevel* mindestens 8 ist.

Ist die neue Leitung geroutet, versucht er, alle herausgenommenen Leitungen wieder zu verlegen. Dabei kann es vorkommen, dass er erneut eine Ripup-Sequenz starten muss, um eine dieser Leitungen wieder verlegen zu können. Der Router ist dann gewissermaßen zwei Ripup-Sequenzen von der Stelle entfernt, an der er den ganzen Vorgang wegen einer nicht zu verlegenden Leitung gestartet hat. Jede weitere herausgenommene Leitung, die nicht mehr verlegt werden kann, startet eine weitere Ripup-Sequenz. Die maximale Anzahl solcher Sequenzen ist mit dem Parameter *mnRipupSteps* definiert.

Der Parameter *mnRipupTotal* legt schließlich fest, wie viele Leitungen insgesamt zu einem Zeitpunkt herausgenommen sein dürfen. In bestimmten Fällen wird dieser Wert überschritten.

Wird einer dieser Werte überschritten, bricht der Router den gesamten Ripup-Vorgang ab und rekonstruiert den Zustand, als die ursprünglich nicht verlegbare Leitung geroutet werden sollte. Diese Leitung wird als nicht verlegbar betrachtet, und der Router macht mit der nächsten Verbindung weiter.

7.8 Routen von Mehrlagen-Platinen mit Polygonen

Mit Polygonen ist es möglich, Versorgungslagen zu erzeugen, die mehr als eine Versorgungsspannung und daneben auch noch einzelne Wires enthalten können. Bitte beachten Sie auch die Hinweise auf Seite 217.

- Definieren Sie die Polygone vor dem Start des Autorouters.
- Geben Sie den Polygonen den entsprechenden Signalnamen.
- Starten Sie RATSNEST um das Polygon berechnen zu lassen.

- Wählen Sie im Autorouter-Setup die Vorzugsrichtungen und Layerkosten (*cfBase*). Durch einen höheren Wert *cfBase* für die Polygon-Layer vermeidet der Autorouter diese Lagen stärker.
- Prüfen Sie nach dem Routen, ob das Polygon noch alle Signalpunkte miteinander verbindet. Es könnte sein, dass das Polygon durch ein verlegtes Signal zerteilt wurde.
  RATSNEST berechnet Polygone neu und zeigt die Meldung *Ratsnest: Nichts zu tun!*, wenn alles in Ordnung ist.

Der Autorouter kann keine Micro-Vias setzen!

Der Autorouter darf auch Blind-Vias verwenden, die kürzer sind als im Layer-Setup definiert.

7.9 Backup und Unterbrechen des Routens

Da bei umfangreichen Layouts der Routing-Prozess unter Umständen mehrere Stunden dauern kann, werden zwischendurch (ca. alle 10 Minuten) Backups der Routing-Jobs gemacht. Je nach Anzahl der Routing-Jobs gibt es entsprechend viele Job-Dateien. Die Datei *name_xx.job* enthält immer den letzten Stand des Jobs, wobei *xx* im Namen der Datei für die Nummer des Jobs beginnend mit 00 steht.

Falls aus irgendwelchen Gründen (Stromausfall etc.) der Routingprozess unterbrochen werden sollte, ist die bis dahin investierte Rechenzeit nicht verloren, denn man kann auf dem in *name.job* abgelegten Stand wieder aufsetzen. Hierzu lädt man das Board, startet unmittelbar danach den Autorouter und beantwortet die Frage des Autorouters, ob er wieder aufsetzen soll (*Existierenden Job weiterführen?*) mit *Ja*. Es wird dann an der Stelle weitergemacht, an der die letzte Sicherung erfolgte (maximal können so ca. 10 Minuten verloren gehen).

Wird der Autorouter über *Abbrechen* unterbrochen, so bleiben ebenfalls die Jobdateien *name_xx.job* stehen, und man kann auf dieser wieder aufsetzen. Das kann zum Beispiel dann interessant sein, wenn man einen umfangreicheren Routingprozess zunächst auf einem langsameren Rechner gestartet hat und ihn dann, sobald ein schnellerer Rechner frei wird, dort weiterlaufen lassen will.

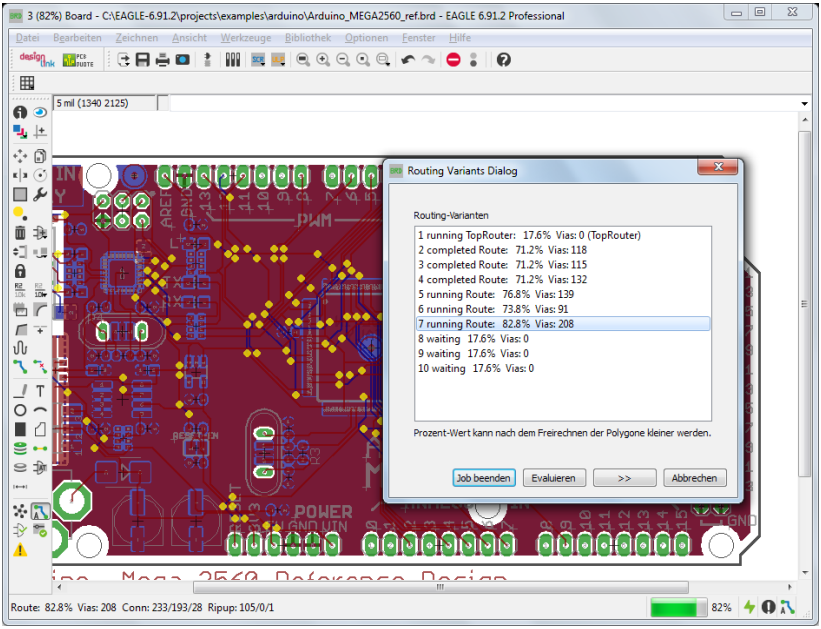
Beachten Sie bitte, dass eine Änderung der Parameter vor dem Wiederaufsetzen keinen Einfluss auf den Job hat, da dieser mit den zum Zeitpunkt des ursprünglichen Autorouter-Starts geltenden Parametern abgespeichert wurde!

Sobald der Autorouter fertig ist, wird das so entstandene Board automatisch unter *name.b$$* abgespeichert. Falls das Board versehentlich oder wegen Stromausfall nicht abgespeichert worden ist, kann die Datei in *name.brd* umbenannt und wieder geladen werden.

7.10 Informationen für den Anwender

Statusanzeige

Während des Routens können Sie in der Liste der Routing-Varianten die eine oder andere Variante auswählen und den Routingfortschritt beobachten.



➢ ***Routingfortschritt der einzelnen Varianten***

In der Statuszeile des Layout-Editor-Fensters gibt der Autorouter Auskunft über das gegenwärtige Routing-Ergebnis des aktuell in der Liste gewählten Jobs.

Route: 85.2% Vias: 904 Conn: 393/335/41 Ripup: 152/2/2 Signals: 158/0/141 (8s CSD)

➢ ***Autorouter: Infozeile***

Die angezeigten Werte haben folgende Bedeutung:

Route:

Auflösung in % [bisheriges Maximum]

Vias:

Zahl der Durchkontaktierungen

Conn:

Verbindungen `gesamt/gefunden/nicht verlegbar`
Mit Verbindungen sind 2-Punkt-Verbindungen gemeint.

Ripup:

Zahl der `Ripups/aktueller RipupLevel/akt. RipupTotal`

Zahl der Ripups:
Zeigt an, wie viele schon geroutete Verbindungen im Laufe des bisherigen Route-Vorgangs aufgelöst wurden, um neue Signale verlegen zu können.

Aktueller RipupLevel:
Hier wird die Anzahl der Verbindungen angezeigt, die zum Verlegen des aktuellen Signals herausgenommen bzw. aufgelöst wurden.

Akt. RipupTotal:
Nach dem Auflösen eines Signals kann dieses in viele Zweipunkt-Verbindungen zerfallen. Diese Verbindungen werden wieder geroutet. Es wird angezeigt wie viele Zweipunkt-Verbindungen noch zu verlegen sind.

Signals:

Signale `gesamt/bearbeitet/vorbereitet`,
ggf. dahinter: `(Routingzeit Signalname)`

Braucht der Autorouter für das Verlegen einer Zweipunktverbindung länger als 5 Sekunden, wird in Klammern die bisher benötigte Zeit und der Name des zu verlegenden Signals angezeigt.

Protokolldatei

Bei jedem Routing-Lauf erzeugt der Autorouter die eine Protokoll-Datei *name.pro*, die nützliche Informationen enthält.

Beispiel:

```
EAGLE AutoRouter Statistics:
Job : d:/eagle4/test-design/democpu.brd
Start at : 15.43.18 (24.07.2000)
End at : 16.17.08 (24.07.2000)
Elapsed time : 00.33.48
Signals : 84 RoutingGrid: 10 mil Layers: 4
Connections : 238 predefined: 0 ( 0 Vias )
Router memory : 1121760
Passname:     Busses   Route    Optimize1  Optimize2  Optimize3  Optimize4
Time per pass: 00.00.21  00.08.44  00.06.32  00.06.15  00.06.01  00.05.55
Number of Ripups: 0       32       0       0       0       0
max. Level:      0        1       0       0       0       0
max. Total:      0       31       0       0       0       0
Routed:         16      238      238      238      238      238
Vias:            0      338      178      140      134      128
Resolution:    6.7 %   100.0 %  100.0 %  100.0 %  100.0 %  100.0 %
Final: 100.0 % finished
```

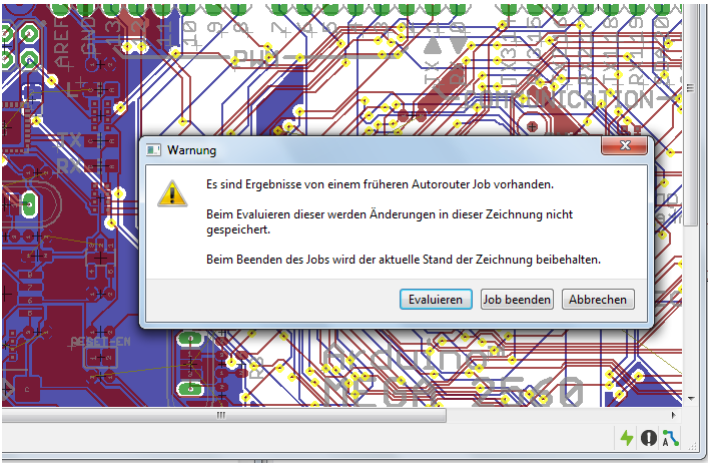
7.11 Evaluieren der Ergebnisse

Sind alle Routing-Varianten '*completed*', kann man eine der Varianten auswählen und mit *Job beenden* den Routingprozess abschließen. Die selektierte Variante wird dann als Boarddatei abgespeichert.

Wenn Sie sich die einzelnen Routing-Ergebnisse genauer ansehen möchten, wählen Sie eine der Varianten in der Liste und klicken dann auf *Evaluieren*. Sie befinden sich jetzt direkt im Layout-Editor und können diese Variante untersuchen und auch editieren. In der Statuszeile des Layout-Editors sehen

Sie das Autorouter-Icon, das anzeigt, dass der Routing-Prozess für das gezeigte Board noch nicht ganz abgeschlossen ist. Klicken Sie auf dieses Icon, gibt es folgende Möglichkeiten:

Klicken Sie auf Evaluieren, kehren Sie in den Autorouter-Varianten-Dialog zurück, um weitere Routing-Ergebnisse zu betrachten.



➢ ***Autorouter: Evaluieren der Routing-Ergebnisse***

Klicken Sie auf Job beenden, wird die gewählte Variante inklusive aller Änderungen, die Sie bereits beim Bewerten der Routing-Variante gemacht haben, gespeichert. Alle anderen Routing-Ergebnisse werden verworfen.

7.12 Parameter in einer Steuerdatei

Hier sieht man wie die einzelnen Parameter in einer Autorouter-Steuerdatei (*name.ctl*) verwendet werden.

```
Parameter          Default  Bedeutung
RoutingGrid    =   50mil    Das Raster, in dem der Autorouter seine Leiter-
                            bahnen und Durchkontaktierungen verlegt
                            Kostenfaktoren für...
cfVia          =    8       Vias
cfNonPref      =    5       Verletzung der Vorzugsrichtung
cfChangeDir    =    2       Richtungsänderung
cfOrthStep     =    2       Schritt in 0 oder 90 Grad
cfDiagStep     =    3       Schritt in 45 oder 135 Grad
cfExtdStep     =   30       Schritt in 45 Grad gegen Vorzugsrichtung
cfBonusStep    =    1       Schritt im Bonus-Gebiet
cfMalusStep    =    1       Schritt im Malus-Gebiet
cfPadImpact    =    4       Einfluss eines Pads auf seine Umgebung
cfSmdImpact    =    4       Einfluss eines Smds auf seine Umgebung
cfBusImpact    =    4       Einhaltung der Bus-Struktur
cfHugging      =    3       Aneinanderschmiegen von Leiterbahnen
cfAvoid        =    4       Vermeidung bereits benutzter Gebiete bei Ripup
cfPolygon      =   10       Vermeidung von Polygonen
```

```
cfBase.1        =   0      Basiskosten für einen Schritt im jeweiligen Layer
cfBase.2        =   1
...
cfBase.15       =   1
cfBase.16       =   0

                           Maximale Anzahl von...
mnVias          =   20     Vias pro Leiterbahnzug
mnSegments      = 9999     Wire-Stücken pro Leiterbahnzug
mnExtdSteps     = 9999     Schritten 45 Grad gegen Vorzugsrichtung
mnRipupLevel    =  100     herausnehmb. LB-Zügen pro nicht verlegb. Verb.
mnRipupSteps    =  300     Ripup-Sequenzen für eine nicht verlegb. Leitung
mnRipupTotal    =  200     insg. gleichzeitig herausgenommenen LB-Zügen

                           Trace-Parameter für...
tpViaShape      = Round    Form der Vias (Round oder Octagon)

PrefDir.1       =    |     Vorzugsrichtung im jeweiligen Layer
PrefDir.2       =    0     Symbole: 0 - / | \ *
...                        0 : Layer steht nicht zum Routen zur Verfügung
PrefDir.15      =    0     * : routen ohne Vorzugsrichtung
PrefDir.16      =    -     - : routen mit X als Vorzugsrichtung
                           | : routen mit Y als Vorzugsrichtung
                           / : routen mit 45 Grad Vorzugsrichtung
                           \ : routen mit 135 Grad Vorzugsrichtung
```

7.13 Praktische Tipps

In diesem Abschnitt sollen ein paar Tipps, die sich im Laufe der Zeit beim Arbeiten mit dem Autorouter ergeben haben, aufgeführt werden.

Bitte betrachten Sie alle diese Beispiele als Anhaltspunkte, wie man bei der Entflechtung von Platinen vorgehen könnte. Diese Vorschläge sind keinesfalls eine Erfolgsgarantie.

Allgemeine Hinweise

Die Layerkosten (*cfLayer*) sollten von außen nach innen ansteigend oder für alle Layer gleich sein. Ungünstig ist es, für die Innenlagen günstigere Kostenfaktoren zu wählen als für die Außenlagen. Der Speicherbedarf des Autorouter kann so sehr hoch werden.

> *Der Autorouter kann Leiterbahnen nicht in Radien verlegen.*
>
> *Der Autorouter setzt keine Micro-Vias!*

Einseitige Platine

Je nach Art des Layout gibt es zwei Vorgehensweisen:

Im einfachsten Fall ist nur Layer 16 *Bottom* aktiv. Es wird keine Vorzugsrichtung definiert. Wählen Sie ein geeignetes Raster und starten Sie den Autorouter.

Handelt es sich um ein etwas aufwendigeres Layout, kann man mit besonderen Parameter-Einstellungen brauchbare Ergebnisse erzielen. Sehen Sie sich hierzu das Projekt *singlesided* im Verzeichnis *eagle/projects/examples* an. Für das Layout gibt es verschiedene Steuerdateien (**.ctl*), die für einseitiges Routen optimiert wurden.

In diesem Projekt erlaubt man dem Autorouter auch auf den Top-Layer auszuweichen. Diese Verbindungen werden dann auf der Platine mit Drahtbrücken ausgeführt. Es ist sinnvoll im Top-Layer bestimmte Bereiche mit Sperrflächen (in Layer 41 *tRestrict*) für den Autorouter zu sperren.

Experimentieren Sie mit den Parametern für Ihr Layout.

SMD-Platine mit Versorgungslagen

Als günstig hat sich folgende Vorgehensweise gezeigt:

Zuerst werden die Versorgungssignale entflochten. Im allgemeinen will man eine kurze Leiterbahn vom SMD zu einer Durchkontaktierung, die an die Innenlage anschließt.

Bevor Sie die Parameter verändern, speichern Sie die aktuellen (default) Werte der Parameter und Kostenfaktoren in einer Autorouter-Steuerdatei (CTL-Datei). Dazu klicken Sie auf die Schaltfläche *Speichern unter...* im *General*-Tab des Autorouter-Setup-Fensters und geben einen beliebigen Dateinamen an, z. B. *standard.ctl*.

Jetzt schalten Sie im Autorouter-Setup den Bus-Router und alle Optimierungsläufe aus. Nur *Route* ist aktiv.

Verändern Sie folgende Parameter:

cfVia = 0	Vias sind erwünscht
mnVia = 1	Maximal 1 Via pro Verbindung
cfBase.1/16= 30..99	Weniger Leiterbahnen in Top/Bottom
mnSegments = 2..8	Kurze Leiterbahnen

Starten Sie den Autorouter über die Schaltfläche *Auswählen* und wählen Sie die zu routenden Signale. Nach dem Routing-Lauf kann das Ergebnis ggf. von Hand optimiert werden.

Anschließend wird der Rest der Verbindungen entflochten. Starten Sie mit AUTO das Autorouter-Setup-Menü und laden die ursprünglichen Steuerparameter über die Schaltfläche *Laden...* Wählen Sie die vorher erzeugte Datei *standard.ctl*. Passen Sie die Werte ggf. Ihren besonderen Wünschen an und starten Sie den Autorouter.

Was tun, wenn nicht alles entflochten wird?

In diesem Fall prüfen Sie bitte Ihre Einstellungen.

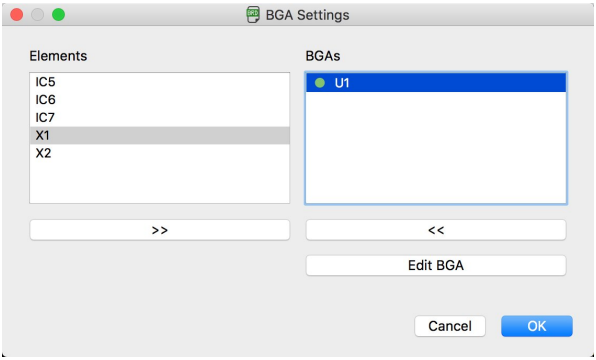
- Ist das Routing-Raster fein genug gewählt?
- Sind die Leiterbahnbreiten passend dimensioniert?
- Dürfen die Via-Durchmesser kleiner werden?

- Sind die Mindestabstände optimal eingestellt?

Falls an diesen Werten keine Optimierung mehr möglich oder sinnvoll ist, kann man versuchen durch Erhöhen des Ripup-Levels einen höheren Entflechtungsgrad zu erzielen. Beachten Sie dazu die Hinweise im Abschnitt *Zahl der Ripup/Retry-Versuche* auf Seite 260.

7.14 BGA Routing

Der BGA-Router ist ein spezieller Autorouter, der entwickelt wurde um Verbindungen unter einem BGA-Gehäuse heraus mit minimaler Layer-Anzahl zu verlegen. Er kann ausgewählte bzw. alle Signale verlegen und unterstützt Micro-Vias, sofern gewünscht. Den BGA-Router startet man über das BGA-Icon oder mit AUTO BGA in der Kommandozeile. Nach dem BGA-Routing kann man manuell oder mit dem Autorouter die verbleibenden Verbindungen verlegen.



➢ ***BGA-Router: BGA auswählen***

Wählen Sie aus der Bauteileliste den/die BGA(s) aus. Diese Liste enthält nicht alle Bauteile des Layouts, sondern nur solche, die möglicherweise ein BGA-Bauteil sein könnten.

Wird ein BGA gewählt zeigt die Auswahlliste einen grünen Marker. Das bedeutet, dass dieser BGA vom BGA-Router berücksichtigt wird.
Durch einen Doppelklick auf den Eintrag ändert man den Marker zu orange. Der BGA ist nun zum Routing vorbereitet (Signale und Layer ausgewählt), wird aber beim Start des BGA-Routers nicht bearbeitet. Die getroffenen Einstellungen werden gespeichert; somit ist der Baustein für einen späteren Routinglauf vorbereitet.

Für die Signalauswahl klicken Sie auf *Edit BGA*. Im folgenden Dialog wählen Sie die Signale, die der BGA-Router verlegen soll. Standardmäßig werden alle Signale in allen verfügbaren Layern verlegt.

Dieser Dialog zeigt die Signale, die mit dem BGA verbunden sind.

Die Spalte # informiert über die Anzahl der Kontakte des BGAs, die mit diesem Signal verbunden sind. In der Spalte *Layers* wird angezeigt in welchen Layern das Signal verlegt werden darf. *ALL* steht für alle verfügbaren Layer, *NONE* schließt das Signal vom Routing aus.

Klicken Sie auf *Edit* um die Auswahl für selektierte Signale zu ändern. Hier können Sie den „Ziel-Layer“ wählen. Angenommen das Signal GND soll mit einem Polygon im Layer 2 verbunden werden, dann wählen Sie *Layer 2* für GND.

EAGLE verwendet „normale“ Durchkontaktierungen, kann aber auch mit *Micro-Vias* arbeiten, wenn diese Option eingeschaltet wird.

Bitte prüfen Sie die Design-Regeln im Bereich des BGAs bevor Sie den BGA-Router starten.
Layer-Setup, Netzklassen, Mindestabstände, Leiterbahnbreite, ggf. Micro-Via-Parameter müssen richtig definiert sein!

Kapitel 8
Bauteilentwurf an Beispielen erklärt

Beim Entwurf von Schaltungen mit EAGLE holt man die Bauelemente aus Bibliotheken und platziert sie im Schaltplan bzw. im Layout (falls kein Schaltplan gezeichnet werden soll). Die gesamte Bauteil-Information ist dann in der Schaltplan- bzw. Board-Datei gespeichert. Zur Weitergabe der Daten sind die Bibliotheken nicht erforderlich. Wenn Sie also Ihren Schaltplan an einen Dritten weitergeben, um daraus ein Layout entwickeln zu lassen, brauchen Sie die Bibliotheken nicht mitzugeben. Eine Bibliotheksänderung wirkt sich nicht auf Schaltung oder Board aus.

Die prinzipielle Vorgehensweise beim Entwurf von Bauteilen (Devices) und wichtige Hinweise zum Umgang mit Bibliotheken finden Sie ab Seite 101. Bitte sehen Sie sich unbedingt diesen Abschnitt an, bevor Sie hier weiter lesen!

Hier werden nun praktische Beispiele vorgestellt, aus denen die sinnvolle Verwendung der einschlägigen Befehle und Parameter hervorgeht. Zunächst soll der Entwurf eines einfachen Bauelements anhand eines Widerstands komplett durchgespielt werden.
Das zweite Beispiel beschreibt ausführlich die Definition eines komplexeren Bauteils mit verschiedenen Package-Varianten und Technologien. Danach werden die Besonderheiten besprochen, die es bei komplizierteren Bauelementen zu beachten gilt.

Ab Seite 332 finden Sie Hinweise zum Thema Bibliotheks- und Bauteilverwaltung. Wie erstelle ich eine eigene Bibliothek? Wie kopiere ich Bauteile von einer Bibliothek in die andere?

Sollten Sie bei Ihren ersten Versuchen Packages, Symbole oder Devices anlegen, die Sie später aus der Bibliothek wieder entfernen wollen, verwenden Sie den Befehl REMOVE (siehe auch Seite 336).

8.1 Managed Libraries

Das Managed-Libraries-System ermöglicht es, Bibliotheken - und Bauteile aus diesen Bibliotheken - in Schaltplan- und Board-Dateien, auch über verschiedene Benutzer oder Computer hinweg, eindeutig zu identifizieren. Während frühere Schaltpläne und Board-Dateien nur den Namen einer Bibliothek hinterlegt hatten (die sogar von unterschiedlichen Bibliotheken stammen konnten), hat man mit den verwalteten Bibliotheken in Schaltplan

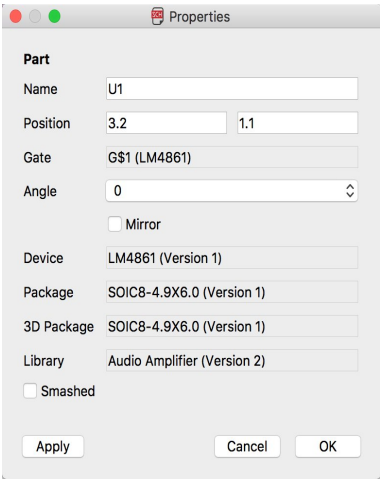
und Board für jede Bibliothek zusätzlich zu ihrem Namen eine eindeutige Zuordnung. Insbesondere ist die Kennung ein URN (Uniform Resource Name), der von unserem Server zugewiesen wird. Zusätzlich wird die Versionsnummer der verwalteten Bibliothek gespeichert. URN und Version identifizieren eindeutig das Bauteil und die Version der verwalteten Bibliothek aus der es stammt. Somit ist gewährleistet, dass beim UPDATE die korrekte Bibliothek verwendet wird, auch wenn es mehrere Bibliotheken mit identischen Namen verwendet wurden.

Wenn Sie mit 3D-Packages arbeiten wollen, müssen Sie mit verwalteten Bibliotheken arbeiten.

Die Managed Libraries, die mit der EAGLE-Installation kommen, sollten vom Anwender nicht verändert bzw. editiert werden. Möchten Sie zum Beispiel ein Device aus einer dieser Bibliotheken modifizieren, kopieren Sie es in eine eigene Bibliothek und bearbeiten es dort. Wenn Sie eine 3D-Package-Referenz hinzufügen wollen, machen Sie ihre Bibliothek zu einer verwalteten Bibliothek (*My Managed Library*). Details dazu finden Sie etwas später in diesem Abschnitt.

Migration zu einer Managed Library

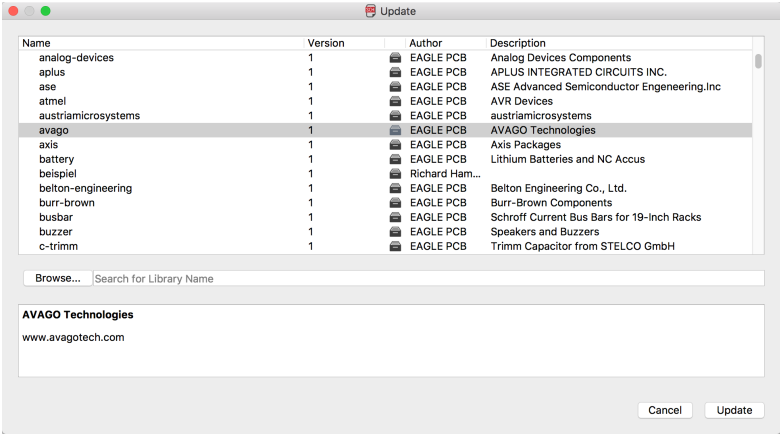
Um festzustellen, ob ein Bauteil aus einer „normale“ oder einer verwalteten Bibliothek stammt, öffnen Sie den INFO/Eigenschaften-Dialog des Bauteils. Stammt das Bauteil aus einer einfachen Bibliothek steht im Library-Feld nur der Bibliotheksname. Bei Bauteilen aus einer verwalteten Bibliothek zeigt das Library-Feld auch die Version und, wenn man mit der Maus auf das Feld zeigt auch den URN der Managed Library.



➢ ***Bauteil-Eigenschaften aus einer Managed Library***

Alle bisherigen Schaltpläne und Layout-Dateien enthalten selbstverständlich nur Bauteile mit einfacher Angabe der Bibliotheksnamen. Um die Bauteile aus diesen Projekte in Bauteile aus verwalteten Bibliotheken zu verwandeln, müssen Sie Schaltplan und Board mit verwalteten Bibliotheken mit identischen Namen aktualisieren. Dadurch wird die eindeutige zuordnung durch den URN in Schaltplan und Board möglich.

Es gibt jedoch eine Situation bei der man vorsichtig sein muss: Wenn Schaltplan und Board Bauteile aus Bibliotheken mit gleichem Namen enthalten, die aus verwalteten und nicht-verwalteten Bibliotheken stammen. In diesem Fall ist es nicht möglich einfach mit einer verwalteten Bibliothek zu aktualisieren. EAGLE erkennt diese beiden unterschiedlichen Bibliotheken obwohl sie denselben Namen haben – es werden nur die Bauteile aus den verwalteten Bibliotheken aktualisiert (das ist am nahe liegendsten); die Bauteile aus den nicht-verwalteten Bibliotheken bleiben unverändert.
Bisher kann EAGLE leider noch keine zwei unterschiedlichen Bibliotheken in einem Schaltplan oder Board vereinen. Falls Sie in diese Situation kommen, müssen Sie die einzelnen Bauteile aus den nicht verwalteten Bibliotheken mit REPLACE durch welchen aus verwalteten Bibliotheken austauschen (oder auch anders herum).



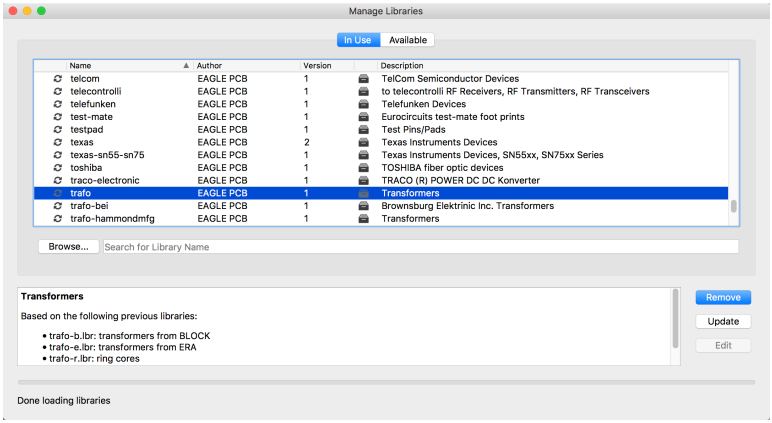
➢ ***Update-Library-Dialog***

Um Komplikationen zu vermeiden, aktualisieren Sie bitte Ihre Bauteile mit Bauteilen aus verwalteten Bibliotheken bevor Sie neue daraus platzieren!

Library Manager

Die Verwaltung der Bibliotheken wird über das Menü *Bibliothek/Manage Libraries…* erreicht.

Das Fenster des Library Managers hat zwei Tabs: *In Use* und *Available*.



➢ ***Das Manage Libraries Fenster***

In Use zeigt die Liste der Bibliotheken die für das aktuelle Projekt verwendet und im ADD-Dialog angezeigt werden.
Available zeigt die Bibliotheken, die zur Zeit nicht verwendet werden (in use sind), aber zusätzlich verwendet werden könnten.

Die Spalten in der Liste:

Update / Download
: Die erste Spalte ist für Icons reserviert, die Aussagen über die Upload- bzw. Download-Situation Auskunft geben.

Name Der Bibliotheksname.

Author Der Verfasser der Bibliothek.

Web Eine Spalte mit Icons, die darüber Auskunft geben, ob die Bibliothek Web-basiert ist.

Description Die Überschrift der Bibliotheks-Beschreibung.

Es gibt verschiedene Optionen (Schaltflächen) im Dialog:

Remove Die Bibliothek wird aus der „In Use“-Liste entfernt und steht nicht mehr für das aktuelle Projekt zur Verfügung.

Update Falls eine neuere Version einer Bibliothek zur Verfügung steht, kann man ein Update der Bibliothek starten. Sie wird vom Bibliotheks-Server heruntergeladen und steht dann zur Verfügung.

Edit Die Bibliothek wird im Bibliotheks-Editor geöffnet.

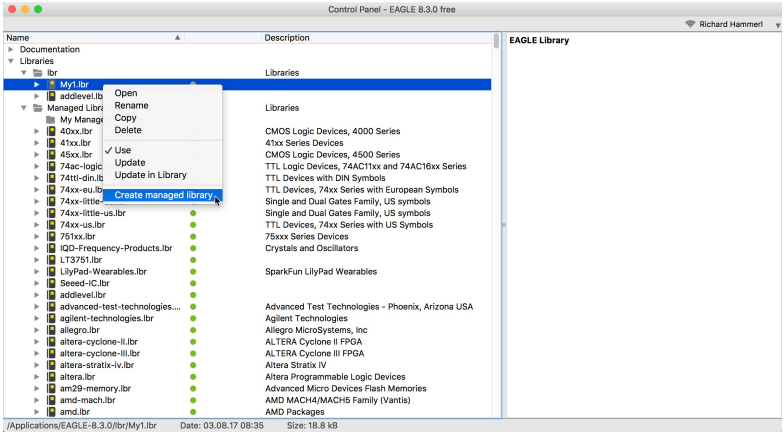
Use Die Bibliothek wird für das aktuelle Projekt verfügbar (in Use).

Delete Löscht die lokale Bibliothek.

Eigene zu verwalteten Bibliotheken machen

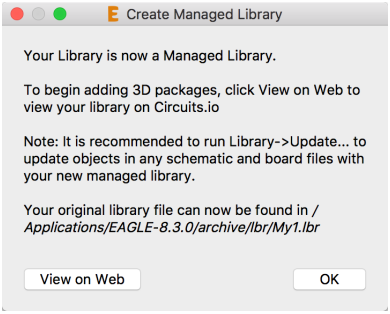
In der Baumansicht des Control Panels sehen Sie im Zweig *Bibliotheken* einen Ordner *Managed Libraries* mit einem Unterordner *My Managed Libraries*. Dieser Unterordner ist standardmäßig leer.

Wenn Sie eine Ihrer eigenen Bibliotheken mit 3D-Packages verknüpfen wollen, müssen Sie aus dieser eine Managed Library machen. Mit einem Rechtsklick auf den Bibliotheksnamen in der Baumansicht öffnet sich das Kontextmenü mit der Option *Create managed library* (Erzeuge verwaltete Bibliothek).

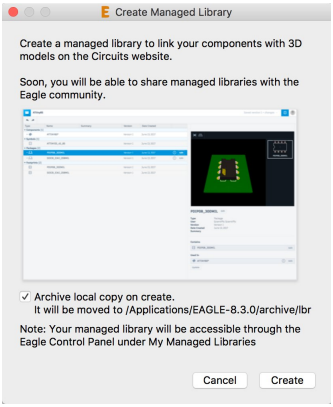


➢ ***Create Managed Library***

Jetzt verbindet sich EGALE mit der Circuits-Webseite und speichert die Bibliothek dort ab. Sie bleibt aber nach wie vor Ihre private Bibliothek. Es ist für später geplant auch eine Möglichkeit zum Teilen mit Andern zu ermöglichen, zum Beispiel mit Team-Mitgliedern. Standardmäßig wird die Bibliothek auch lokal an Ihrem Rechner gespeichert. Sie erscheint jetzt im Ordner *My Managed Libraries* im Control Panel.



Klicken Sie auf *View on Web* um mit der Zuordnung der 3D-Modelle zu beginnen.



➢ **3D-Package-Zuordnung**

8.2 Definition eines einfachen Widerstandes

Öffnen Sie zunächst eine neue Bibliothek im EAGLE-Control-Panel über das Menü *Datei/Neu/Library*.
Alternativ tippen Sie im Schaltplan- oder Layout-Editor-Fenster in der Kommandozeile den Befehl

```
OPEN
```

ein. Geben Sie dann einen Bibliotheksnamen im Dateidialog an. Das Bibliotheks-Fenster öffnet sich.

Widerstands-Package

Anlegen eines neuen Packages

Wählen Sie den Package-Editier-Modus über das Icon in der Aktionsleiste, und tragen Sie in das Feld *Neu* des *Edit*-Fensters den Package-Namen *R-10* ein. Die Frage *Neues Package 'R-10' erzeugen?* beantworten Sie mit *Ja*.
Später müssen Sie auch entsprechende Fragen beim Anlegen eines neuen Symbols und eines neuen Device mit *Ja* beantworten.

Raster einstellen

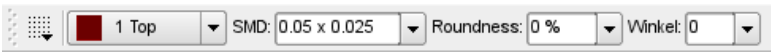
Stellen Sie mit dem GRID-Befehl das passende Raster für die Platzierung der Pads ein. Für bedrahtete Standard-Bauelemente wird für gewöhnlich 0.05 inch bzw. 50 mil verwendet.

Lötpunkte

Wenn es sich um einen bedrahteten Widerstand handelt, selektieren Sie den PAD-Befehl und stellen in der Parameterleiste die Form und den Bohrdurchmesser ein. Der Defaultwert für den Pad-Durchmesser ist *auto* (entspricht 0). Dieser sollte beibehalten werden. Der endgültige Durchmesser wird durch die Design-Regeln für das Layout festgelegt. Dann platzieren Sie zwei Pads im gewünschten Abstand. Der Zeichnungsnullpunkt ist später der Aufhängepunkt des Bauteils, an dem es selektiert wird. Er sollte deshalb etwa in der Mitte des Bauteils liegen.

> *Im Pad- und auch im Via-Layer (Layer 17, 18) sollten keine weiteren Objekte gezeichnet werden! Diese werden von Polygonen im Layout nicht erkannt und können zu Kurzschlüssen führen!*

Wenn es sich um einen SMD-Widerstand handelt, selektieren Sie SMD und stellen in der Parameterleiste die Maße des SMD-Pads ein. Sie können einen der vorgegebenen Werte selektieren oder in das Feld direkt Länge und Breite eintippen.



➢ ***SMD-Befehl: Parameterleiste***

Alle Eigenschaften können auch nach dem Platzieren mit CHANGE oder direkt durch Eintippen des Befehls in die Kommandozeile verändert werden.

Als Layer wählen Sie *Top,* auch wenn das Bauteil später auf der Unterseite der Platine platziert werden soll. SMD-Bauelemente werden in der Platine mit dem MIRROR-Befehl auf die andere Seite gebracht. Dabei wandern die Elemente in allen *t..*-Layern in die entsprechenden *b..*-Layer.

Platzieren Sie dann die zwei SMD-Pads (in EAGLE nur SMD genannt) im gewünschten Abstand. Dazu ist es unter Umständen notwendig das Raster vorher auf ein geeignetes Maß umzustellen. Vor dem Platzieren können Sie das SMD mit der rechten Maustaste drehen.

Der Parameter *Roundness* legt fest, ob die Ecken der SMDs abgerundet werden. Dieser Wert ist defaultmäßig auf 0 % (keine Rundung) gesetzt. Üblicherweise wird dieser beibehalten, da die endgültige Roundness eines SMDs in den Design-Regeln festgelegt wird. Weitere Hinweise zu diesem Parameter finden Sie in der Hilfe-Funktion.

Im *Winkel*-Feld kann der Drehwinkel des SMDs direkt eingegeben werden.

> *Der INFO-Befehl bzw. der Eintrag Eigenschaften im Kontextmenü gibt einen schnellen Überblick der aktuellen Parameter eines SMDs oder Pads.*

Pad-Name

Sie können nun mit dem NAME-Befehl die Namen der Pads bzw. SMDs festlegen, etwa *1* und *2*.

Bestückungsplan und Dokumentationsdruck

Zeichnen Sie nun mit den Befehlen LINE, ARC, CIRCLE, RECT und POLYGON das Bestückungsplan-Symbol in den Layer 21 *tPlace*. Dieser Layer enthält den Platinenaufdruck. Es bleibt Ihnen überlassen, wie detailliert Sie das Symbol ausführen. Stellen Sie ein feineres Raster ein, falls erforderlich.

Bitte orientieren Sie sich beim Entwurf von Bauteilen an den Angaben in der Datei *library.txt*. Die Strichstärke für Linien im Bestückungsdruck beträgt üblicherweise 0.008 inch (0.2032 mm), beziehungsweise 0.004 inch (0.1016 mm) für kleinere Bauteile.

Der Layer 51 *tDocu* ist nicht für den Platinenaufdruck, sondern als Ergänzung der grafischen Darstellung vorgesehen, wie sie etwa für gedruckte Unterlagen verwendet werden kann. Während man in Layer 21 *tPlace* darauf achten muss, dass keine Lötflächen überdeckt werden, kann man in *tDocu* eine realistische Darstellung anstreben, für die diese Einschränkung nicht gilt. Im Beispiel des Widerstands kann man das gesamte Symbol im Layer 21 *tPlace* zeichnen, nur die Wires, die die Pads überdecken, zeichnet man im Layer 51 *tDocu*.

Beschriftung

Mit dem TEXT-Befehl platzieren Sie die Texte >NAME (im Layer 25 *tNames*) und >VALUE (im Layer 27 *tValues*) dort, wo im Board der aktuelle Name und der aktuelle Wert des Bauteils erscheinen sollen. Als Texthöhe (size) empfiehlt sich 0.07 inch und als Ratio (Verhältnis von Strichbreite zur Texthöhe, über CHANGE nur für den Vektor-Font einstellbar) 10%.

> *Wir empfehlen, diese Texte im Vektor-Font zu schreiben. So können Sie sicher sein, dass sie auf der fertigen Platine genauso aussehen wie im Layout-Editor dargestellt.*

Die Position dieser Texte relativ zum Package-Symbol kann in der Platine später mit SMASH und MOVE geändert werden.

Bei ICs zum Beispiel entspricht der Wert dem späteren Device-Namen (z. B. *74LS00N*).

> *Wer nur den Layout-Editor hat, legt den Value erst in der Platine fest.*

Sperrfläche für Bauteile

Im Layer 39 *tKeepout* sollten Sie über das ganze Bauteil eine Sperrfläche legen (RECT-Befehl). So kann der DRC prüfen ob Bauteile auf Ihrer Platine zu nahe aneinander oder übereinander liegen.

Beschreibung

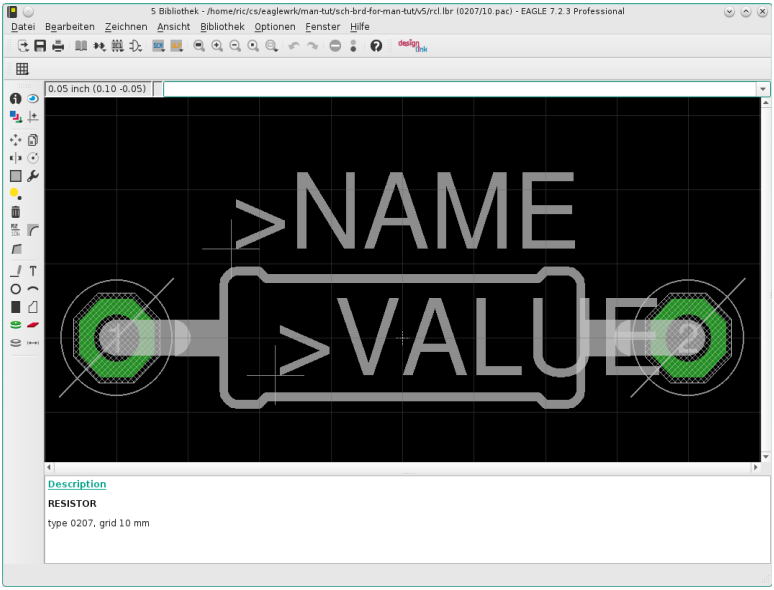
Zum Schluss klicken Sie auf *Description* im Beschreibungsfeld. Das so geöffnete Fenster erlaubt im unteren Teil eine Texteingabe. Sie kann als HTML-Text erfolgen, die eine Formatierung des Textes ermöglicht.
Detaillierte Informationen finden Sie in der Hilfe-Funktion unter *HTML Text*.

Beispiel:

```
<b>R-10</b>
<p>
Resistor 10 mm grid.
```

Beim ADD-Dialog im Layout kann man nach Stichworten aus diesem Text suchen.

> *Denken Sie daran, die Bibliothek zwischendurch zu sichern!*



➢ *Der Package-Editor*

Hinweise

Mit dem CHANGE-Befehl können Sie auch nachträglich die Eigenschaften von Objekten ändern, etwa die Strichstärke, die Form der Pads, die Texthöhe oder den Layer, in dem sich das Objekt befindet.

Wenn Sie die Eigenschaften mehrerer Objekte auf einmal verändern wollen, definieren Sie mit dem GROUP-Befehl eine Gruppe, klicken Sie den CHANGE-Befehl an, selektieren Sie den Parameter und den Wert, und klicken Sie bei gedrückter *Ctrl*-Taste mit der *rechten* Maustaste auf die Zeichenfläche.

Beispiel:
Mit GROUP eine Gruppe definieren, die beide Pads enthält, CHANGE und *Shape/Square* selektieren. Mit *Ctrl* + rechter Maustaste die Zeichenfläche anklicken. Es ändert sich die Form beider Pads.

Widerstands-Symbol

Anlegen eines neuen Symbols

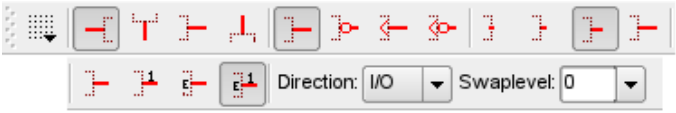
Wählen Sie den Symbol-Editier-Modus, und tragen Sie in das Feld *Neu* den Symbol-Namen *R* ein. Dieser Name hat nur interne Bedeutung und erscheint nicht in der Schaltung.

Raster einstellen

Stellen Sie nun sicher, dass als Raster 0.1 inch eingestellt ist. Die Pins der Symbole **müssen** in diesem Raster platziert werden, da EAGLE darauf abgestimmt ist.

Pins platzieren

Selektieren Sie den PIN-Befehl. In der Parameterleiste können Sie nun die Eigenschaften dieses Pins einstellen, bevor Sie ihn mit der linken Maustaste platzieren. Alle Eigenschaften können Sie nachträglich mit dem CHANGE-Befehl ändern. Dabei lassen sich auch Gruppen definieren (GROUP), deren Eigenschaften anschließend mit CHANGE und *Ctrl* + rechter Maustaste geändert werden. Siehe auch Hinweise auf Seite 278.



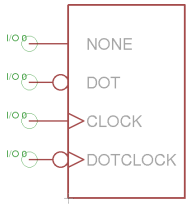
➢ ***Pin-Befehl: Parameterleiste (in zwei Zeilen aufgeteilt)***

Orientation

Stellen Sie die Richtung des Pins (Parameter *Orientation*) über die linken vier Icons der Parameterleiste oder, bequemer, durch Rotieren mit der rechten Maustaste ein.

Function

Mit den nächsten vier Icons der Parameterleiste stellen Sie den Parameter *Function* ein. Er legt fest, ob der Pin mit Invertierpunkt (Dot), mit einem Taktsymbol (Clk), mit beiden Symbolen (DotClk) oder lediglich als Strich (None) dargestellt werden soll. Das Bild zeigt die vier Darstellungen an einem Gehäuse.



➢ ***Pin-Functions***

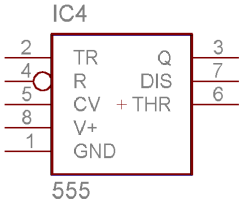
Length

Die nächsten vier Icons der Parameterleiste lassen die Einstellung der Pin-Länge zu (0, 0.1 inch, 0.2 inch, 0.3 inch). Die Einstellung 0 (*Point*) verwendet man dann, wenn keine Pin-Linie sichtbar sein soll oder wenn man, wie im Widerstandssymbol, einen kürzeren Pin als 0.1 inch darstellen will. Der Pin ist dann mit dem LINE-Befehl als Strich auf dem Layer 94 *Symbols* zu zeichnen.

Mit Hilfe des SHOW-Befehls kann man im Schaltplan kontrollieren, ob ein Netz mit einem Pin verbunden ist. Die Pin-Linie und das Netz werden im Falle einer Verbindung heller dargestellt. Wird ein Pin mit Length 0 verwendet oder mit LINE als Linie gezeichnet, kann der Pin nicht hell dargestellt werden.

Visible

Die nächsten vier Icons der Parameterleiste legen fest, ob die Pins mit dem Pin-Namen, dem Pad-Namen, beidem oder keinem von beiden beschriftet werden sollen. Das Bild zeigt ein Beispiel, bei dem Pin- (innen) und Pad-Namen (außen) dargestellt werden. Die Platzierung der Beschriftung relativ zum Pin ist fest vorgegeben. Die Schrifthöhe ist auch fest eingestellt (60 mil).



➢ ***Pin-Beschriftung***

Falls bei der Definition des Devices ein Pin mit mehreren Pads verbunden werden soll (siehe Seite 311) und für *Visible* die Option *Beide* gewählt ist, sieht man im Schaltplan nur einen der zugeordneten Padnamen, den mit der niedrigsten Nummer, gefolgt von einem Sternchen * , als Zeichen für die Mehrfachverbindung.

Direction

Der Parameter *Direction* legt die logische Richtung des Signalflusses fest:

NC	nicht angeschlossen
In	Eingang
Out	Ausgang
IO	Ein-/Ausgang
OC	Open Collector oder Open Drain
Hiz	High-Impedance-Ausgang
Pas	passiv (Widerstände etc.)
Pwr	Power-Pin (Stromversorgungseingang)

Sup	Versorgungsausgang für Masse- und Versorgungssymbole

Der Electrical Rule Check macht, je nach Direction, verschiedene Prüfungen und erwartet bei der Direction

NC	einen nicht angeschlossenen Pin
In	ein Netz an diesem Pin und nicht nur *In*-Pins an einem gemeinsamen Netz
Out	nicht nur *Out*-Pins an einem gemeinsamen Netz, keinen *Sup* oder *OC*-Pin am gleichen Netz
OC	keinen *Out*-Pin an diesem Netz
Pwr	einen Supply-Pin (*Sup*) für das Netz
Sup	keinen *Out* oder Pin an diesem Netz
IO, Hiz, Pas	keine besondere Prüfung

Die Directions *Pwr* und *Sup* sind für die automatische Verdrahtung der Versorgungsspannung von Bedeutung (siehe Seite 312).

Swaplevel

Swaplevel gleich 0 bedeutet, dass der Pin nicht gegen einen anderen desselben Gates ausgetauscht werden darf. Jede Zahl, die größer als 0 ist, bedeutet, dass der Pin mit solchen Pins ausgetauscht werden kann, die den gleichen Swaplevel haben und im selben Symbol definiert sind. Zum Tauschen der Pins in der Schaltung oder im Board ist der Befehl PINSWAP erforderlich.

Die beiden Pins eines Widerstands können denselben Swaplevel (z. B. 1) bekommen, da sie austauschbar sind.

Wenn der Layer 93 *Pins* eingeblendet ist, ist der Anknüpfungspunkt für Netze mit einem grünen Kreis dargestellt. Außerdem werden die Parameter *Direction* und *Swaplevel* (im folgenden Bild *Pas* und *1*) in diesem Layer dargestellt.

> *Die Anschlüsse einer Diode dürften zum Beispiel nicht vertauscht werden und bekämen deshalb den Swaplevel 0!*

Pin-Namen

Mit dem NAME-Befehl können Sie die Pins benennen, nachdem Sie platziert wurden. Es funktioniert auch die automatische Namensgebung, wie auf Seite 122 beschrieben.

Schaltplansymbol

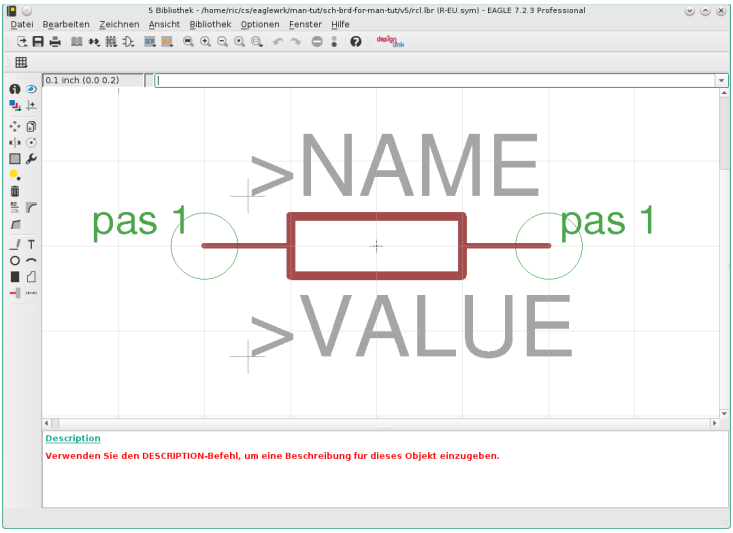
Mit LINE und anderen Zeichenbefehlen zeichnen Sie das Schaltplansymbol in den Symbols-Layer. Mit TEXT platzieren Sie die Texte *>NAME* und *>VALUE* in den Layern 95 *Names* und 96 *Values*, und zwar dort, wo der Name und der Wert des Bauelements im Schaltplan erscheinen sollen.

Zur genauen Platzierung der Texte können Sie das Raster feiner einstellen, auch während der TEXT-Befehl aktiv ist. Stellen Sie das Raster aber anschließend wieder auf 0.1 Zoll ein.

Der Layer 97 *Info* kann für zusätzliche Informationen und Hinweise verwendet werden.

Beschreibung

Mit einem Klick auf *Description* können Sie eine Beschreibung für das Symbol hinterlegen. Diese kann mit HTML-Tags formatiert werden. Mehr Infos finden Sie in der Hilfe-Funktion unter *HTML Text*.



➤ *Der Symbol-Editor*

Widerstands-Device

Anlegen eines neuen Device

Legen Sie mit Hilfe dieses Icons das neue Device *R* an. Wenn Sie das Bauteil mit dem ADD-Befehl später in die Schaltung holen, wählen Sie es unter diesem Namen aus. Die Namen für das Device und das Package sind hier übrigens nur zufällig gleich.

Geben Sie also in der Zeile *Neu* den Namen *R* an. Nach dem Bestätigen der Abfrage *Neues Device 'R' erzeugen?* öffnet sich der Device-Editor.

Symbol wählen, benennen und konfigurieren

Mit dem ADD-Befehl holen Sie das vorher definierte Widerstands-Symbol in das Device.
Besteht ein Device aus mehreren Schaltplansymbolen, die unabhängig voneinander in der Schaltung platziert werden sollen (in EAGLE *Gates* genannt), dann ist jedes Gate einzeln mit dem ADD-Befehl dem Device hinzuzufügen.

Stellen Sie in der Parameterleiste als Addlevel *Next* und als Swaplevel *0* ein, und platzieren Sie das Gate in der Nähe des Nullpunkts. Mehr zum Parameter Addlevel finden Sie auf Seite 318.

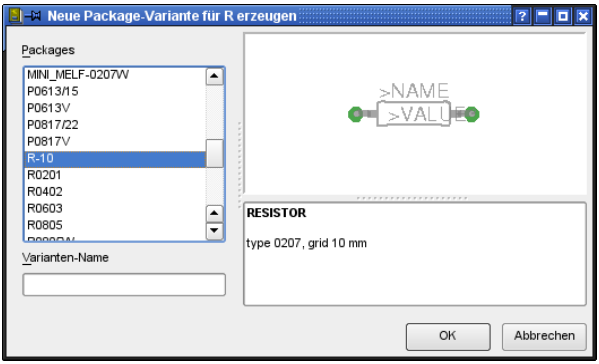
Der Swaplevel des Gates verhält sich analog zum Swaplevel eines Pins. Der Wert 0 besagt, das Gate ist nicht mit einem anderen Gate des Device austauschbar. Ein Wert größer als 0 besagt, das Gate kann in der Schaltung mit einem anderen Gate desselben Device und gleichem Swaplevel ausgetauscht werden. Der dazu erforderliche Befehl lautet GATESWAP.
In diesem Beispiel ist nur ein Gate vorhanden; der Swaplevel bleibt 0.

Mit dem NAME-Befehl können Sie den Namen des oder der Gates verändern. Bei einem Device mit nur einem Gate spielt der Name keine Rolle, da er nicht in der Schaltung erscheint. Behalten Sie hier den automatisch generierten Namen bei!

Bei Devices mit mehreren Gates wird in der Schaltung der jeweilige Gate-Name dem Namen des Bauteils angefügt.
Beispiel:
Die Gates heißen A, B, C, D, und der Bauteilname in der Schaltung ist IC1, dann erscheinen die Namen IC1A, IC1B, IC1C und IC1D.

Wahl des Packages

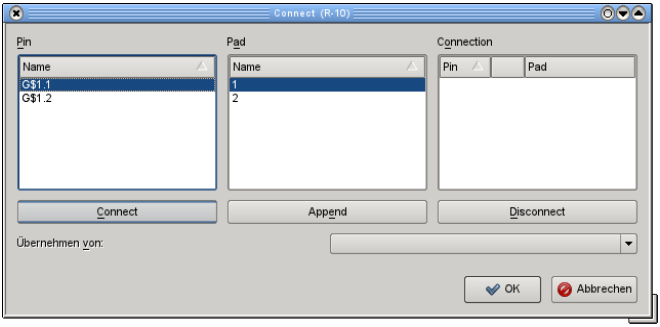
Klicken Sie nun auf die Schaltfläche *Neu* des Device-Editor-Fensters unten rechts. Im Auswahlfenster wählen Sie dann das Package R-10 und vergeben einen Varianten-Namen. Wird nur eine Package-Variante verwendet, darf die Zeile auch leer bleiben. EAGLE verwendet dann standardmäßig zwei einfache Hochkommas für den Namen der Package-Variante ("). Sie dürfen allerdings auch einen eigenen Namen festlegen.



➢ *Die Package-Auswahl*

Connect – Verbindung zwischen Pins und Pads

Mit dem CONNECT-Befehl legen Sie fest, welche Pins an welchen Gehäuse-Pads herausgeführt sind.



➢ *Das Connect-Fenster*

Im vorliegenden Beispiel wurde das Widerstands-Gate automatisch mit *G$1* bezeichnet, deshalb erscheinen in der Spalte *Pin* die Pins *G$1.1* und *G$1.2* dieses Gates.
In der Spalte *Pad* sind die beiden Anschlüsse des Gehäuses gelistet. Markieren Sie einen Pin und das zugehörige Pad, und klicken Sie auf *Connect*.
Falls Sie eine Verbindung rückgängig machen wollen, markieren Sie sie in der Spalte *Connection*, und klicken Sie *Disconnect* an.
Ein Klick auf die Kopfleiste einer Spalte ändert die Sortierreihenfolge.

Beenden Sie den CONNECT-Befehl mit einem Klick auf *OK*.

Präfix wählen

Mit dem PREFIX-Befehl legen Sie den Präfix für den Namen fest, der in der Schaltung zunächst automatisch vergeben wird. Beim Widerstand ist das sinnvollerweise *R*. Die Widerstände werden dann mit R1, R2, R3 usw. bezeichnet.

Der Bauteilname lässt sich später jederzeit mit dem NAME-Befehl ändern.

Value

On: Wert lässt sich in der Schaltung ändern (z. B. bei Widerständen). Nur nach Vergabe eines Wertes ist das Bauteil eindeutig spezifiziert.

Off: Wert entspricht dem Device-Namen, inklusive der Angabe von Technology und Package-Variante (z. B. 74LS00N), wenn vorhanden. Auch bei Versorgungsspannungssymbolen sinnvoll. Siehe auch Seite 105.

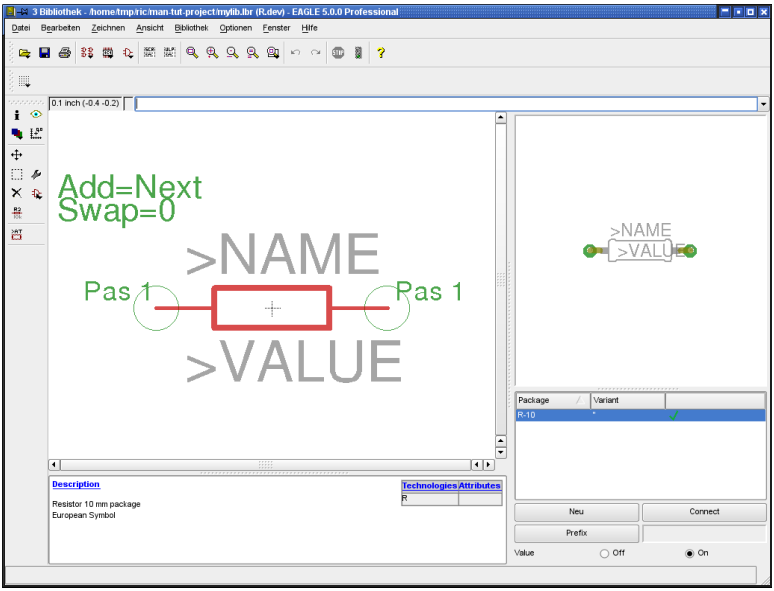
Description

Klicken Sie auf *Description* im Beschreibungsfeld. Hier können Sie eine Beschreibung des Bauteils eintragen. Die Suchfunktion des ADD-Befehls im Schaltplan durchsucht diesen Text.

Sie können, wie auch in der Package-Beschreibung, HTML-Text verwenden. Hinweise dazu finden Sie in der Hilfe-Funktion unter *HTML Text*.
Die Beschreibung könnte so aussehen:

```
<b>R-10</b>
<p>
Resistor 10mm Package
```

Wenn die Description eines Bibliotheksobjekts Hyperlinks enthält, werden diese mit der entsprechenden Anwendung geöffnet.



➢ *Der Device-Editor: Vollständig definierter Widerstand*

Speichern

Damit ist der Widerstand definiert, und kann in eine Schaltung geholt werden. Bitte speichern Sie die Bibliothek spätestens jetzt!

Bibliotheksbeschreibung

Nicht nur für ein Package oder ein Device können Sie ein Beschreibung anlegen. Auch die Bibliothek als Ganzes kann eine Beschreibung haben. Diese wird im Control Panel angezeigt, sobald Sie den Bibliothekszweig der Baum-Ansicht aufklappen und eine Bibliothek auswählen.

Klicken Sie aus einem beliebigen Editier-Modus (Symbol, Package, Device) heraus auf das Menü *Bibliothek/Beschreibung* und nutzen Sie HTML-Text zur Gestaltung des Textes.

Bibliothek benutzen

Die neu definierte Bibliothek muss nun noch über den USE-Befehl für Schaltplan und Layout verfügbar gemacht werden. Dieser Befehl wird im Schaltplan- oder Layout-Editor ausgeführt. Man kann die Bibliothek auch in der Baum-Ansicht des Control Panels als *in use* markieren. Sehen Sie hierzu auch in der Hilfe-Funktion nach (USE-Befehl).
Erst jetzt wird die Bibliothek vom ADD-Befehl und dessen Such-Funktion berücksichtigt.

8.3 Definition eines komplexen Bauteils

In diesem Abschnitt definieren wir ein Bibliothekselement am Beispiel eines TTL-Schaltkreises (541032), das in zwei verschiedenen Package-Varianten (bedrahtet und SMD) verwendet werden soll. Es handelt sich um ein Vierfach-Oder-Gatter. Das Schaltplansymbol soll so definiert werden, dass die einzelnen OR-Gatter nacheinander platziert werden können. Die Versorgungsspannungspins sind im Schaltplan zunächst nicht sichtbar, können aber bei Bedarf in den Schaltplan geholt werden.

Die Definition erfolgt in folgenden Schritten:

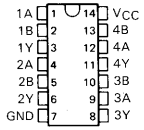
- Anlegen einer neuen Bibliothek
- Zeichnen des bedrahteten Gehäuses (DIL-14)
- Anlegen des SMD-Gehäuses (LCC-20)
- Definition des Logiksymbols
- Erstellen des Versorgungssymbols
- Zusammenfügen von Packages und Symbolen in einem Device

SN54ALS1032A, SN54AS1032A, SN74ALS1032A, SN74AS1032A
QUADRUPLE 2-INPUT POSITIVE-OR BUFFERS/DRIVERS

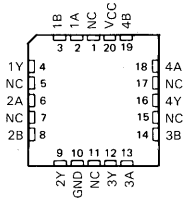
D2661, DECEMBER 1982—REVISED MAY 1986

- **'ALS1032A is a Buffer Version of 'ALS32**
- **'AS1032A is a Driver Version of 'AS32**
- **'AS1032A Offers High Capacitive Drive Capability**
- **Package Options Include Plastic "Small Outline" Packages, Ceramic Chip Carriers, and Standard Plastic and Ceramic 300-mil DIPs**
- **Dependable Texas Instruments Quality and Reliability**

SN54ALS1032A, SN54AS1032A . . . J PACKAGE
SN74ALS1032A, SN74AS1032A . . . D or N PACKAGE
(TOP VIEW)



SN54ALS1032A, SN54AS1032A . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC—No internal connection

description

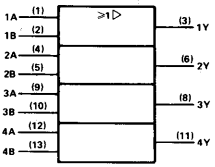
These devices contain four independent 2-input OR buffers/drivers. They perform the Boolean functions $Y = A + B$ or $Y = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}}$ in positive logic.

The SN54ALS1032A and SN54AS1032A are characterized for operation over the full military temperature range of −55°C to 125°C. The SN74ALS1032A and SN74AS1032A are characterized for operation from 0°C to 70°C.

FUNCTION TABLE
(each gate)

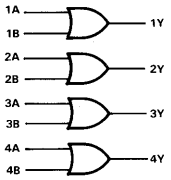
INPUTS		OUTPUT
A	B	Y
H	X	H
X	H	H
L	L	L

logic symbol†



†This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.
Pin numbers shown are for D, J, and N packages.

logic diagram (positive logic)



PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS INSTRUMENTS

Copyright © 1982, Texas Instruments Incorporated

➢ *Datenblatt des 541032*

Alle Daten dieses Bausteins sind einem Datenbuch der Firma Texas Instruments entnommen. Vielen Dank für die Genehmigung.

Anlegen einer neuen Bibliothek

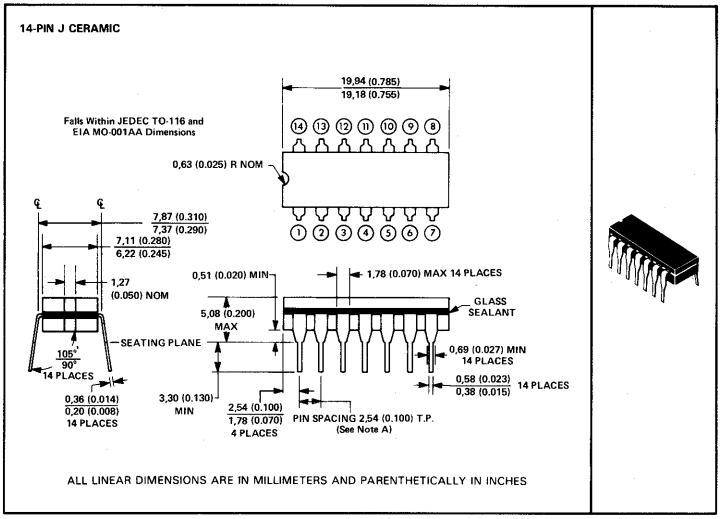
Klicken Sie im EAGLE Control Panel auf das Menü *Datei/Neu/Library*. Es erscheint das Bibliotheks-Editor-Fenster mit einer neuen Bibliothek *untiteled.lbr*.

Sie dürfen selbstverständlich auch eine bestehende Bibliothek erweitern. In diesem Fall wählen Sie mit *Datei/Öffnen/Library* die gewünschte Bibliothek aus oder klicken in der Baum-Ansicht des Control Panels auf den *Bibliotheken*-Eintrag und selektieren die gewünschte Bibliothek mit rechtem Mausklick. Daraufhin öffnet sich ein Kontextmenü, das unter anderem die Option *Öffnen* bietet. Der Bibliotheks-Editor wird geöffnet.

Zeichnen des bedrahteten Gehäuses

Der Baustein wird in einem bedrahteten Package gefertigt. Es handelt sich um ein DIL-14-Gehäuse mit einem Pin-Abstand von 2.54 mm (0.1 inch) und einer Breite von 7.62 mm (0.3 inch).

Sollte ein passendes Package in einer anderen Bibliothek existieren, kann man dieses in die aktuelle Bibliothek kopieren. Es ist keine Neudefinition nötig.



NOTE A: Each pin centerline is located within 0,25 (0.010) of its true longitudinal position.

➢ ***Datenblatt des DIL-14-Gehäuses***

Klicken Sie auf das *Package*-Icon in der Aktionsleiste und geben Sie im *Edit*-Menü im Feld *Neu* den Namen des Package an, in unserem Beispiel *DIL-14*. Klicken Sie auf *OK* und bestätigen Sie die Frage *Neues Package 'DIL-14' erzeugen?* mit *Ja*.

Jetzt öffnet sich das Fenster des Package-Editors.

Raster einstellen

Stellen Sie zuerst das passende Raster (hier 50 mil) über den GRID-Befehl ein und lassen Sie sich die Rasterlinien anzeigen.
Das Raster lässt sich zum Beispiel mit der Funktionstaste *F6* einfach ein- und ausblenden.

Pads platzieren

Verwenden Sie den PAD-Befehl und platzieren Sie die Lötpunkte entsprechend den Vorgaben des Datenblattes. Die Pads sollen so angeordnet sein, dass der Koordinatennullpunkt ungefähr in der Mitte des Package liegt.

Jedem Pad können individuelle Eigenschaften wie Form (*Shape*), Durchmesser (*Diameter*) und Bohrdurchmesser (*Drill*) zugeordnet werden. Geben Sie die gewünschte Pad-Form an und legen Sie den Bohrdurchmesser fest.
Folgende Formen stehen zur Verfügung:
Square (quadratisch), *round* (rund), *octagon* (achteckig), *long* (länglich) und *offset* (länglich mit versetzter Bohrung).

Der Pad-Durchmesser wird üblicherweise mit dem Standardwert *auto* (entspricht 0) definiert, da die endgültige Größe durch die Design-Regeln, ‚*Annular Ring*'-Tab im Layout festgelegt wird. Das Pad erscheint in der Bibliothek mit dem Defaultwert von 55 mil.
Sie dürfen aber auch einen individuellen Wert angeben. Legen Sie beispielsweise einen von 70 mil fest, bedeutet das, dass der Pad-Durchmesser auf der Platine nicht kleiner als 70 mil werden darf (unabhängig vom errechneten Wert in den Design-Regeln). Selektieren Sie diesen Wert bei aktivem PAD-Befehl (das Pad hängt noch an der Maus) über die Parameterleiste. Sie können hier ebenfalls den Bohrdurchmesser und die Padform bestimmen.

➢ ***Die Parameterleiste bei aktivem PAD-Befehl***

Ein nachträgliches Ändern der Eigenschaften schon platzierter Pads erfolgt mit dem Befehl CHANGE. Klicken Sie auf das CHANGE-Icon und wählen Sie die Eigenschaft und den passenden Wert aus. Klicken Sie dann auf die Pads, dessen Eigenschaften verändert werden sollen. CHANGE kann auch auf Gruppen (GROUP-Befehl) angewendet werden. Nach der Auswahl der Eigenschaft klicken Sie mit *Ctrl* + rechter Maustaste in die Gruppe.

Sobald ein Pad platziert wird, generiert EAGLE automatisch Lötstopsymbole in den Layern 29 und 30 *t/bStop*. Das Maß der Lötstopsymbole wird in den Design-Regeln, *Mask*-Tab, Parameter *Stop* festgelegt.

Pads können mit besonderen Flags (*First*, *Stop*, *Thermals*) versehen werden, die man auch über CHANGE nachträglich ändern kann. Setzt man *First* auf *on* (CHANGE FIRST ON), kann man einem beliebigen Pad des Packages über die Einstellung *First* im *Shapes*-Tab der Design-Regeln eine besondere Form zuordnen, um das Pad '1' zu kennzeichnen. Setzt man das Flag *Thermals* auf *off*, wird für das selektierte Pad kein Thermalsymbol (Wärmefalle) innerhalb einer Kupferfläche erzeugt.
Mit CHANGE STOP OFF verhindert man die automatische Erzeugung des Lötstopsymbols.

Pad-Name

EAGLE vergibt beim Platzieren automatisch einen Pad-Namen, *P$1*, *P$2*, *P$3* usw. Vergeben Sie die Namen entsprechend den Angaben des Datenbuchs.

Zur einfachen Überprüfung der Namen klicken Sie das Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes* und aktivieren die Option *Pad-Namen anzeigen*. Nach einem Bildschirm-Neuaufbau (F2) werden alle Pad-Namen dargestellt.
Alternativ tippen Sie in die Kommandozeile:

```
SET PAD ON
```

Oder zum Ausblenden der Pad-Namen:

```
SET PAD OFF
```

Bei Bauteilen mit vielen fortlaufend nummerierten Pads empfiehlt sich folgendes Vorgehen:

Selektieren Sie den PAD-Befehl, tippen Sie den Namen des ersten Pads, z. B. '*1*' ein, und setzen Sie die Pads der Reihe nach ab. Die einfachen Hochkommas müssen in der Kommandozeile eingetippt werden. Siehe hierzu auch Seite 122, *Namen und automatische Namensgebung*.

Bestückungsdruck zeichnen

Ein einfacher Bestückungsdruck, der auf der Platine sichtbar sein soll, wird im Layer 21 *tplace* gezeichnet. Verwenden Sie die Befehle LINE, ARC, CIRCLE, RECT, POLYGON.
Achten Sie darauf, dass dieser nicht über Lötflächen geführt wird, da es sonst beim Löten auf der Platine zu Problemen kommen kann. Stellen Sie ggf. das Raster über den GRID-Befehl feiner ein bzw. nutzen Sie die *Alt*-Taste für ein alternatives Raster (siehe GRID-Befehl). Die Standardbreite (CHANGE WIDTH) für Linien im Bestückungsdruck beträgt je nach Bauteilgröße 8 mil (0.2032mm) bzw. 4 mil (0.1016 mm).

Es kann noch ein zusätzlicher, etwas schönerer Bestückungsdruck für Dokumentationszwecke im Layer 51 *tDocu* angelegt werden. Dieser darf auch Lötflächen überdecken, da er nicht mit den Fertigungsdaten ausgegeben wird.

Package-Name und Package-Wert

Nun folgt noch die Beschriftung. Verwenden Sie den TEXT-Befehl und schreiben Sie

```
>NAME
```

im Layer 25 *tNames* für den Namen-Platzhalter bzw.

```
>VALUE
```

im Layer 27 *tValues* für den Wert-Platzhalter, und platzieren Sie diese an geeigneter Stelle. Die Texthöhe beträgt üblicherweise 70 mil, verwendet wird der *Proportional*-Font.

Sollen Texte bei einer Drehung des Bauteils um 180 Grad auf dem Kopf stehen, muss man das *Spin*-Flag aktivieren (siehe Hilfe-Funktion zum TEXT-Befehl).

Die Texte können im Layout mit SMASH und MOVE nachträglich verschoben werden.

> *Wir empfehlen, diese Texte im Vektor-Font zu schreiben. So können Sie sicher sein, dass sie auf der fertigen Platine genauso aussehen wie im Layout-Editor dargestellt.*

Sperrfläche für Bauteile

Im Layer 39 *tKeepout* sollten Sie mit dem RECT-Befehl ein Sperrfläche über das ganze Bauteil bzw. mit LINE einen Rahmen um das Bauteil legen. So kann der DRC prüfen, ob Bauteile auf Ihrer Platine zu nahe aneinander oder übereinander liegen.

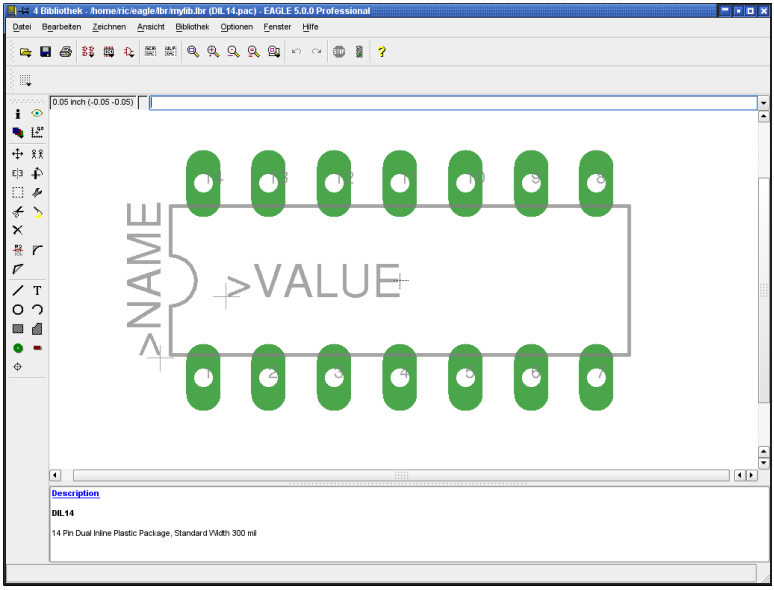
Beschreibung

Klicken Sie auf *Description* im Beschreibungsfeld. Es öffnet sich ein Fenster, das im unteren Teil eine Texteingabe erlaubt und im oberen Teil (*Überschrift)* die Beschreibung formatiert darstellt. Die Texteingabe kann als HTML Text erfolgen. EAGLE arbeitet mit einem Teil der HTML-Tags, die eine Formatierung des Textes erlauben. Detaillierte Informationen finden Sie in der Hilfe-Funktion unter *HTML Text*.

Für unseren DIL-14 könnte die Eingabe für den Beschreibungstext so aussehen:

```
<b>DIL-14</b>
<p>
14-Pin Dual Inline Plastic Package, Standard Width
300mil
```

Zusätzlich kann man hier z. B. das Referenz-Datenbuch, die E-Mail-Adresse der Quelle oder andere Informationen anfügen. Die Suchfunktion im ADD-Dialog im Layout-Editor sucht auch nach Stichworten aus diesem Text.



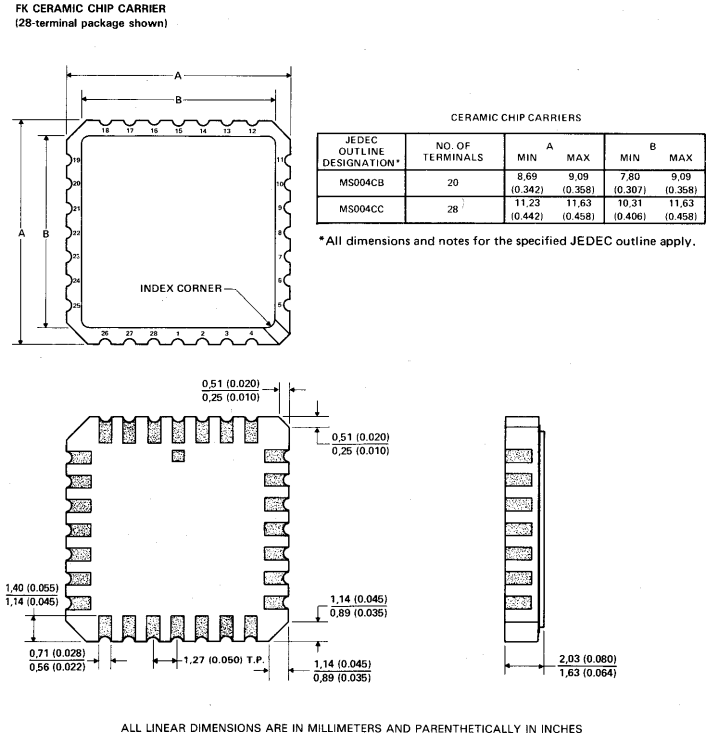
➢ ***Package-Editor mit DIL-14-Gehäuse***

SSpeichern

Spätestens jetzt ist es an der Zeit die Bibliothek unter einem eigenen Namen (z.B. *my_lib.lbr*) zu sichern.

Definition des SMD-Packages

Die zweite Gehäuse-Variante dieses Bausteins sehen Sie in folgender Maßzeichnung.



➢ ***SMD-Package, Variante FK***

Die Lötflächen sollen 0.8 mm x 2.0 mm groß sein. SMD 1 ist mit 0.8 mm x 3.4 mm größer.

Klicken Sie wieder auf das *Package*-Icon und geben Sie im Edit-Menü im Feld *Neu* den Namen des Packages an. Dieses Package soll LCC-20 heißen. Klicken Sie auf *OK* und bestätigen Sie die Frage *Neues Package 'LCC-20' erzeugen?* mit *Ja*.

Raster einstellen

Stellen Sie das Raster auf 0.635 mm (0.025 inch) ein und lassen Sie sich die Rasterlinien anzeigen. Bei diesem Gehäuse ist es sinnvoll, ein alternatives Grid von 0.05 mm einzustellen.

SMD Lötflächen platzieren

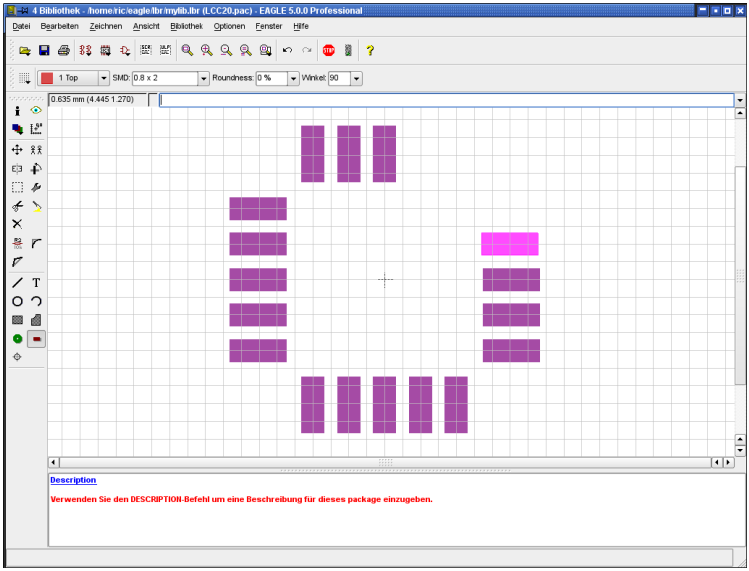
Grundsätzlich werden SMD-Bauteile auf der Platinenoberseite definiert; SMDs liegen also immer im Layer 1 *Top*.
Sollten Sie Bauteile auch auf der Lötseite verwenden wollen, spiegeln Sie es bei Bedarf auf der Platine mit MIRROR. Sehen Sie hierzu auch den Abschnitt auf Seite 325.

Platzieren Sie die zunächst jeweils fünf SMDs im Abstand 1,27 mm in zwei horizontalen Reihen in der Nähe des Koordinatennullpunkts. Da der Wert 0.8 x 2.0 nicht im SMD-Menü enthalten ist, geben Sie diesen entweder in der Kommandozeile oder im SMD-Feld der Parameterleiste mit 0.8 2.0 an (Achtung: Grid-Einheit muss auf mm eingestellt sein).

Klicken Sie also auf das Icon SMD und geben Sie in der Kommandozeile

0.8 2 ←

ein. Legen Sie ebenfalls zwei vertikale Reihen an. Mit der rechten Maustaste kann man die SMDs in 90-Grad-Schritten drehen.



➢ *Platzieren der SMDs*

Der Parameter *Roundness* (CHANGE-Befehl) bestimmt, ob die Lötflächen mit Radien an den Ecken versehen werden sollen. Defaultwert ist 0 %, also keine Rundung.
Sehen Sie hierzu auch die Hinweise auf Seite 187.

Wählt man ein quadratisches SMD und definiert *Roundness* = 100 %, erhält man ein rundes SMD wie es zur Erzeugung von Ball-Grid-Array-Gehäusen (BGA) notwendig ist.

Üblicherweise wählt man bei der Definition eines Package *Roundness* = 0 %. Man kann im Layout einen allgemeinen Wert in den Design-Regeln festlegen, wenn man leicht gerundete Lötflächen vorzieht.

Schieben Sie die 4 SMD-Reihen in die richtige Position. Wählen Sie dazu das feinere alternative Raster von 0.05 mm, das Sie mit gedrückter *Alt*-Taste aktivieren. Mit den Befehlen GROUP und MOVE und einem rechten Mausklick auf die markierte Gruppe bei gedrückter *Ctrl*-Taste kann man die SMD-Reihen in die richtige Position schieben. Die Größe des mittleren SMDs in der oberen Reihe kann über CHANGE SMD verändert werden. Da der Wert 0.8 x 3.4 im Menü standardmäßig nicht enthalten ist, tippen Sie in der Kommandozeile

```
change smd 0.8 3.4 ←
```

und klicken auf das SMD. Verschieben Sie dieses mit MOVE so, dass es an der richtigen Position sitzt.

> *Mit Hilfe des INFO-Befehls lassen sich die Positionen und Eigenschaften der Lötflächen prüfen und auch modifizieren.*

Beim Platzieren eines SMDs (im Top-Layer) werden automatisch Symbole für Lötstoplack im Layer 29 *tStop* und Lotpaste im Layer 31 *tCream* erzeugt.
Beim Spiegeln des Bauteils im Layout auf die Unterseite wandern diese in die entsprechenden Funktionslayer 30 *bStop* bzw. 32 *bCream*.

SMDs können mit besonderen Flags (*Stop*, *Cream*, *Thermals*) versehen werden, die man auch über CHANGE nachträglich setzen kann.
Setzt man das Flag *Thermals* auf *off*, wird für das selektierte SMD kein Thermalsymbol (Wärmefalle) innerhalb einer Kupferfläche erzeugt.
Mit CHANGE STOP OFF bzw. CHANGE CREAM OFF verhindert man die automatische Generierung eines Lötstop- bzw. Lötpastensymbols für das SMD. Siehe auch Hilfe-Funktion zu CHANGE und SMD.

Name der SMDs

Falls in den SMD-Flächen kein Name sichtbar ist, klicken Sie das Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes* und aktivieren die Option *Pad-Namen anzeigen*.

Alternativ tippen Sie in der Kommandozeile:

```
set pad_names on ←
```

Verwenden Sie den NAME-Befehl um die Namen den Vorgaben des Datenblattes anzupassen.

Alternativ bietet es sich bei Bauteilen mit vielen fortlaufend nummerierten Pads an, den Namen schon beim Platzieren des SMDs zu vergeben. Selektieren Sie den SMD-Befehl, tippen Sie den Namen des ersten SMDs, z. B. '*1*' ein, und setzen Sie die Pads in der richtigen Reihenfolge ab. Die einfachen Hochkommas müssen in der Kommandozeile eingegeben werden. Siehe hierzu auch Seite 122, *Namen und automatische Namensgebung*.

Sie können in der Kommandozeile auch mehrere Angaben kombinieren, zum Beispiel:

```
smd 0.8 2 '1' ←
```

Jetzt hängt ein SMD mit 0.8 mm x 2.0 mm und dem Namen *1* an der Maus.

SMDs (auch Pads oder Pins) lassen sich auch direkt über die Kommandozeile umbenennen:

```
NAME P$1 GND ←
```

gibt dem bisherigen SMD P$1 den Namen GND.

Bestückungsdruck zeichnen

Setzen Sie zuerst das Raster auf einen geeigneten Wert, zum Beispiel 0.254 mm (10 mil).

Den Bestückungsdruck zeichnen Sie im Layer 21 *tplace*.

> *Beachten Sie, dass der Bestückungsdruck nicht über Lötflächen geführt werden darf, da es sonst beim Löten auf der Platine zu Problemen kommt.*

Standardwert für die Linienbreite im Bestückungsdruck ist 8 mil (0.2032mm) bzw. für kleinere Bauteile 4 mil (0.1016 mm).

Es kann noch ein zusätzlicher, ergänzender Bestückungsdruck für Dokumentationszwecke im Layer 51 *tdocu* angelegt werden. Dieser darf auch Lötflächen überdecken, da er nicht mit den Fertigungsdaten ausgegeben wird.

Package-Name und Package-Wert

Nun folgt noch die Beschriftung. Verwenden Sie den TEXT-Befehl (Size 70 mil, Proportional-Font) und schreiben Sie

```
>NAME
```

im Layer 25 *tNames* für den Namen-Platzhalter bzw.

```
>VALUE
```

im Layer 27 *tValues* für den Wert-Platzhalter, und platzieren Sie diese an geeigneter Stelle. Die Texte können im Layout mit SMASH und MOVE nachträglich losgelöst und verschoben werden.

> *Wir empfehlen, diese Texte im Vektor-Font zu schreiben. So können Sie sicher sein, dass sie auf der fertigen Platine genauso aussehen wie im Layout-Editor dargestellt.*

Sperrfläche für Bauteile

Im Layer 39 *tKeepout* sollte man mit dem RECT-Befehl eine Sperrfläche über das ganze Bauteil bzw. mit LINE einen Rahmen um das Bauteil legen. So kann der DRC prüfen, ob Bauteile auf Ihrer Platine zu nahe aneinander oder übereinander liegen.

Aufhängepunkt

Sobald das Package fertig gezeichnet ist, prüfen Sie bitte, wo sich der Koordinatenursprung befindet. Er sollte ungefähr im Zentrum des Package liegen. Falls notwendig, wählen Sie mit GRID ein geeignetes Raster (z. B. 0.635 mm) und verschieben das Package mit GROUP und MOVE.
Achten Sie darauf, dass vorher alle Layer eingeblendet sind (DISPLAY ALL). Nur so können Sie sicher sein, dass tatsächlich alle Objekte verschoben werden.

Beschreibung

Abschließend klicken Sie auf *Description* im Beschreibungsfeld. Hier können Sie eine detaillierte Beschreibung zu dieser Bauform hinterlegen. Es kann HTML-Text verwendet werden. Dieses Format ist in der Hilfe-Funktion des Programms unter *HTML Text* beschrieben.

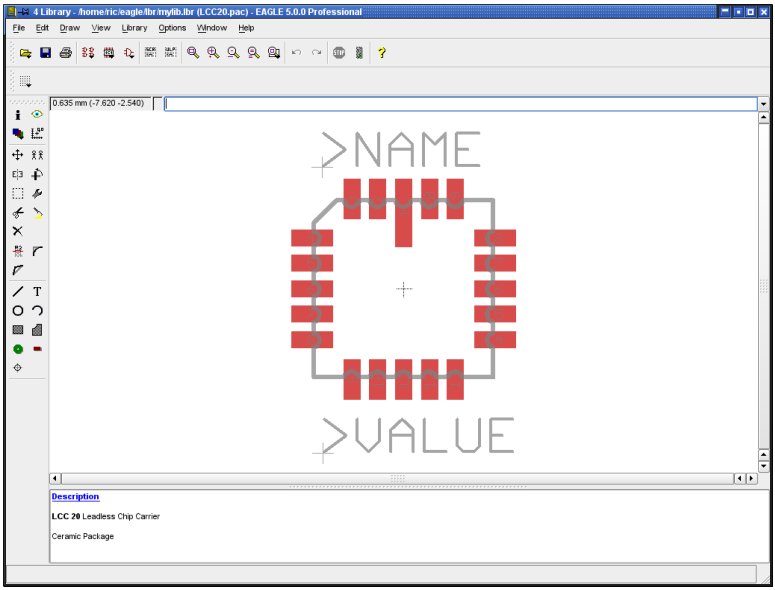
Für den LCC-20 könnte die Eingabe im HTML-Text-Format so aussehen:

```
<b>LCC-20</b>
<p>
FK ceramic chip carrier package from Texas
Instruments.
```

Nach dieser Beschreibung bzw. Stichworten davon kann beim ADD-Dialog im Layout-Editor gesucht werden.

Speichern

Bitte vergessen Sie nicht, die Bibliothek zwischendurch zu speichern!



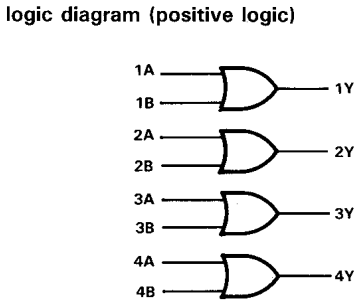
➢ ***Der vollständig definierte LCC-20***

> *Angenommen Sie finden genau das Package, das Sie brauchen, in einer anderen Bibliothek, kopieren Sie es einfach in die aktuelle Bibliothek. Mehr Informationen dazu ab Seite 332.*

Definition des Logik-Symbols für den Schaltplan

Unser Bauteil enthält vier OR-Gatter mit jeweils zwei Eingängen und einem Ausgang. Als erstes legen wir ein OR-Symbol an.

Klicken Sie auf das *Symbol*-Icon. Geben Sie in der Zeile *Neu* einen Namen für das Symbol an, z. B. *2-input_positive_or* und klicken Sie *OK*. Bestätigen Sie die Frage *Neues Symbol '2-input_positive_or' erzeugen?* mit *Ja*. Nun sehen Sie das Symbol-Editor-Fenster vor sich.



➢ ***Logik-Darstellung des 541032***

Raster prüfen

Stellen Sie sicher, dass das Raster auf 0.1 inch eingestellt ist (default). Bitte verwenden Sie nur dieses Raster (zumindest beim Platzieren der Pins).

> *Es ist zwingend notwendig, dass Pin und Netz im selben Raster liegen. Ansonsten entsteht keine elektrische Verbindung zwischen Netz und Pin!*

Pins platzieren

Selektieren Sie den Pin-Befehl und platzieren Sie drei Pins. Die Pin-Eigenschaften können in der Parameterleiste verändert werden, solange der Pin an der Maus hängt und noch nicht platziert ist. Ist ein Pin schon abgesetzt, kann man mit CHANGE nachträglich Eigenschaften verändern. Mit GROUP, CHANGE und *Ctrl* + rechtem Mausklick können auch mehrere Pins gleichzeitig bearbeitet werden. Die Parameter *Orientation*, *Function*, *Length*, *Visible*, *Direction* und *Swaplevel* sind ausführlich im Beispiel des Widerstand-Symbols beschrieben (siehe S.278).
Der Koordinatennullpunkt sollte ungefähr in der Mitte des Symbols und, wenn möglich, nicht direkt unter einem Pin-Anschlusspunkt liegen. Somit ist ein einfaches Selektieren der Bauteile im Schaltplan gewährleistet.

Pin-Name

Mit dem NAME-Befehl vergeben Sie die Pin-Namen. In unserem Symbol heißen die beiden Eingangspins *A* und *B*, der Ausgangs-Pin *Y*.

Für Pins, die ein negiertes Signal führen, können Sie den Namen mit einem Überstrich versehen. Mit einem Ausrufezeichen starten und beenden Sie überstrichenen Text. *!Negiert!-Normal* resultiert in $\overline{\text{Negiert}}$-Normal
Weitere Beispiele dazu finden Sie in der Hilfe-Funktion zum TEXT-Befehl.

Symbol zeichnen

Zeichnen Sie mit LINE das Symbol im Layer 94 *Symbols*. Die Standardlinienbreite im Symbol-Editor ist 10 mil. Sie dürfen auch eine beliebige andere Linienbreite wählen.

Platzhalter für NAME und VALUE

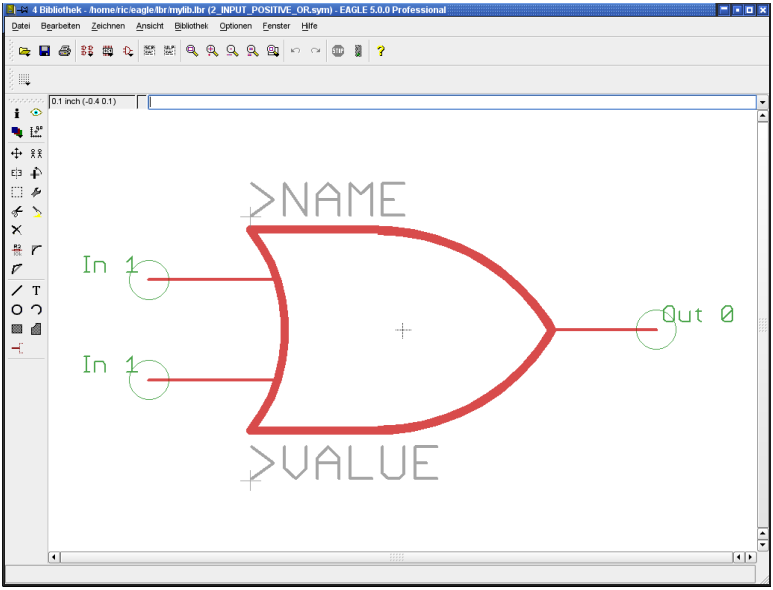
Für die Bauteilbeschriftung im Schaltplan schreiben Sie mit dem Text-Befehl

```
>NAME
```

im Layer 95 *Names* und

```
>VALUE
```

im Layer 96 *Values* (Default: Size 70 mil, Font *Proportional*). Platzieren Sie die beiden Texte an geeigneter Stelle. Die Texte können im Schaltplan nach SMASH auch nochmal verschoben werden.



➢ ***Der Symbol-Editor: Logik-Symbol (amerikanische Darstellung)***

> *Falls dieses Symbol schon in einer anderen Bibliothek existiert, kann man es über die Befehle GROUP, COPY und PASTE kopieren (siehe Seite 335).*

Beschreibung

Mit einem Klick auf *Description* können Sie eine Beschreibung für das Symbol hinterlegen. Diese kann mit HTML-Tags formatiert werden. Mehr Infos finden Sie in der Hilfe-Funktion unter *HTML Text*.

Speichern

Jetzt ist ein günstiger Augenblick die bisherige Arbeit zu sichern.

Definition eines Versorgungsspannungssymbols

Es werden zwei Pins für die Versorgungsspannung benötigt. Diese werden in einem separaten Symbol angelegt, da sie im Schaltplan zunächst nicht sichtbar sein sollen.

Klicken Sie auf das *Symbol*-Icon. Geben Sie in der Zeile *Neu* einen Namen für das Symbol an, z. B. *VCC-GND* und klicken Sie *OK*. Bestätigen Sie die Frage *Neues Symbol 'VCC-GND' erzeugen*? mit *Ja*.

Raster prüfen

Zunächst prüfen Sie ob das Raster auf 0.1 inch eingestellt ist (default). Verwenden Sie nur dieses Raster beim Platzieren der Pins!

Pins platzieren

Holen Sie mit dem PIN-Befehl zwei Pins und platzieren sie diese. Der Koordinatennullpunkt sollte ungefähr in der Mitte des Symbols liegen.

Beide Pins erhalten die Direction *Pwr*. Dazu klicken Sie mit der Maus auf CHANGE, Option *Direction* und wählen *Pwr* aus. Klicken Sie jetzt auf die beiden Pins um diese Eigenschaft zuzuordnen.

Die grüne Pin-Beschriftung wird aktualisiert und zeigt nun *Pwr 0*. Sie ist nur sichtbar, wenn Layer 93 *Pins* aktiviert ist!

Pin-Name

Mit dem NAME-Befehl geben Sie den beiden Pins noch den Signalnamen, den Sie führen sollen. In unserem Falle GND und VCC.

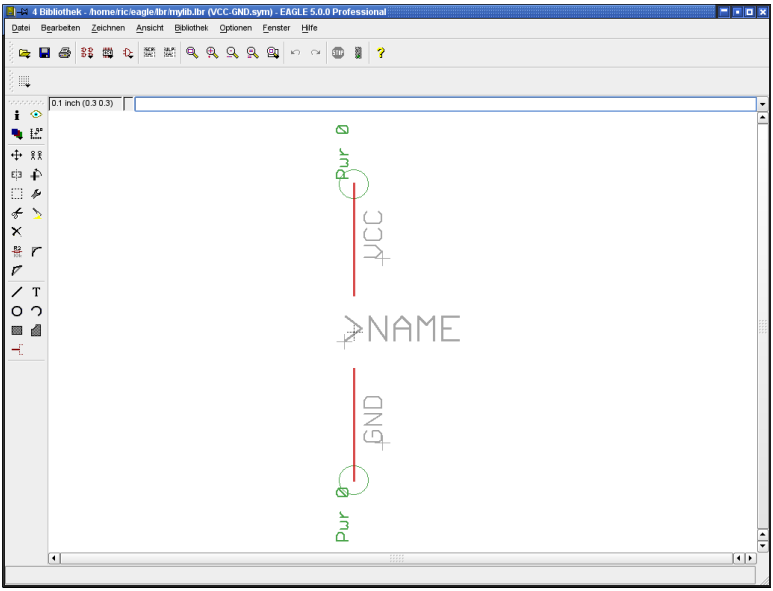
Aus optischen Gründen wurde im unten gezeigten Symbol die Pin-Eigenschaft *Visible* auf *Pad* gesetzt und mit TEXT die Pin-Beschriftung im Layer 95 *Names* angelegt.

Platzhalter für NAME und VALUE

Für die Bauteilbeschriftung im Schaltplan schreiben Sie mit dem Text-Befehl den Platzhalter

```
>NAME
```

im Layer 95 *Names*. Platzieren Sie den Text an geeigneter Stelle. Ein Platzhalter für Value ist hier nicht notwendig.



➢ ***Das Versorgungssymbol***

Packages und Symbole in einem Device-Set verbinden

Nun kommen wir zum abschließenden Schritt, der Definition eines Device-Sets. Ein Device-Set ist die Verknüpfung von Symbolen und Package-Varianten zu realen Bausteinen.

Ein Device-Set besteht aus mehreren Devices, die zwar dieselben Symbole für den Schaltplan besitzen, aber in unterschiedlichen Technologien oder Package-Varianten ausgeführt werden.

Die Definition eines Device bzw. Device-Sets besteht im Prinzip aus diesen Schritten:

- Symbol(e) auswählen, benennen und Eigenschaften festlegen
- Package(s) zuordnen bzw. Varianten festlegen
- Pin-Pad-Zuordnung mit dem CONNECT-Befehl bestimmen
- Technologien definieren (falls gewünscht/notwendig)
- Prefix und Value angeben
- Beschreibung des Device

Klicken Sie auf das *Device*-Icon. Geben Sie in der Zeile *Neu* den Namen für das Device an.
In unserem Beispiel handelt es sich um einen 541032A. Dieser Baustein soll in zwei verschiedenen Technologien eingesetzt werden, als 54**AS**1032A und als 54**ALS**1032A. Für die Angabe der verschiedenen Technologien wird im Device-Namen an geeigneter Stelle ein * als Platzhalter verwendet. Geben Sie also den Namen 54*1032A ein und bestätigen Sie die Frage *Neues Device '54*1032A' erzeugen*? mit *Ja*.
Das Device-Editor-Fenster öffnet sich.

> *Ein Fragezeichen ? im Device-Namen steht als Platzhalter für die Package-Variante. Wird kein ? verwendet, fügt EAGLE die Package-Variante automatisch am Ende des Device-Namen an.*

Symbole auswählen

Als erstes holen Sie die Symbole, die zu diesem Bauteil gehören mit ADD. Es öffnet sich ein Fenster, das alle verfügbaren Symbole der aktuellen Bibliothek zeigt. Doppelklicken Sie auf das Symbol
2-input_positive_or und platzieren Sie es vier Mal.
Klicken Sie erneut auf das ADD-Icon und selektieren Sie das Symbol
'*VCC-GND*' aus der Liste. Platzieren Sie dieses ebenfalls in der Zeichenfläche.

Benennen der Gates

Ein Symbol, das in einem Device verwendet wird, nennt man Gate. Gates werden automatisch mit einem generierten Namen (G$1, G$2 usw.) versehen. Der Name wird im Schaltplan üblicherweise nicht dargestellt.

Bei Bausteinen, die aus mehren Gates zusammengesetzt sind, ist es allerdings sinnvoll eigene Gate-Namen zu vergeben. Zur Unterscheidung der OR-Gatter ändern Sie die Gate-Namen mit dem NAME-Befehl. Vergeben Sie die Namen *A*, *B*, *C*, *D* und *P* für das Versorgungsgate.

Festlegen des Addlevels und Swaplevels

Mit dem Addlevel kann man bestimmen, wie die Gates beim ADD-Befehl im Schaltplan platziert werden sollen. Den aktuellen Addlevel sehen Sie links oben für jedes Gate im Layer 93 *Pins*.

Vergeben Sie für die Gates A bis D den Addlevel *Next* und für das Versorgungsspannungs-Gate den Addlevel *Request*. Klicken Sie dazu auf das CHANGE-Icon, wählen Sie den Eintrag *Addlevel* und wählen Sie den gewünschten Wert für ein Gate aus. Anschließend klicken Sie auf das Gate, das Sie verändern wollen.

Im Schaltplan hängt somit sofort nach dem Platzieren des ersten OR-Gates das nächste an der Maus. Alle 4 Gates können nacheinander abgesetzt werden. Das Power-Gate erscheint nicht automatisch. Sie können es jedoch im Schaltplan bei Bedarf mit dem INVOKE-Befehl holen.

Eine genaue Beschreibung des Parameters ADDLEVEL finden Sie im Abschnitt *Mehr zum Parameter Addlevel* auf Seite 318.

Der Swaplevel bestimmt, ob Gates eines Baustein im Schaltplan vertauscht werden dürfen. Der aktuell eingestellte Wert wird, wie auch der Addlevel, links oben für jedes Gate im Layer 93 *Pins* angezeigt. Default-Wert ist 0, d. h. die Gates dürfen nicht vertauscht werden. Gates mit demselben Swaplevel können untereinander vertauscht werden.

Unser Device besteht aus vier identischen Gates, die man auch vertauschen darf. Klicken Sie auf CHANGE, wählen Sie den Eintrag *Swaplevel* und geben Sie den Wert *1* an. Klicken Sie auf die vier OR-Gates. Der Infotext im Layer 93 *Pins* wird entsprechend geändert.

Auswählen der Package-Varianten

Klicken Sie im Device-Editor-Fenster auf die Schaltfläche *Neu*, rechts unten. Es öffnet sich ein Fenster, das eine Auswahl der in dieser Bibliothek definierten Gehäuse zeigt. Wählen Sie das Package *DIL-14* und geben Sie den Varianten-Namen *J* an. Klicken Sie auf *OK*.
Wiederholen Sie diesen Vorgang, wählen Sie *LCC-20* und vergeben den Varianten-Namen *FK*.

In der Liste rechts sehen Sie jetzt die gewählten Package-Varianten, darüber eine einfache Darstellung des selektierten Package.
Durch Anklicken einer Package-Variante mit der rechten Maustaste öffnet sich ein Kontextmenü. So kann man Varianten löschen, umbenennen, neu anlegen, Technologien definieren, den CONNECT-Befehl aufrufen oder den Package-Editor starten.

Beide Einträge sind durch ein gelbes Symbol mit Ausrufezeichen markiert. Das bedeutet, die Zuordnung von Pins und Pads ist noch nicht (vollständig) durchgeführt.

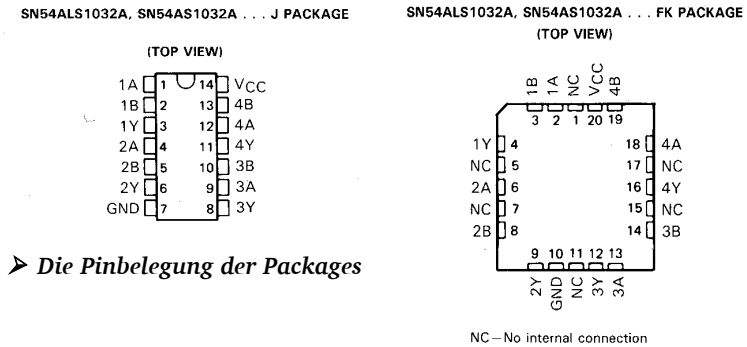
Falls in der aktuellen Bibliothek keine passende Package-Variante existieren sollte, kann man auf ein Package aus einer anderen Bibliothek zugreifen. Verwenden Sie den PACKAGE-Befehl, um das Package in die aktuelle Bibliothek zu kopieren und eine neue Variante anzulegen.
Beispiel:

```
PACKAGE DIL14@d:\eagle\lbr\ref-packages.lbr J
```

So kopieren Sie das Gehäuse DIL14 aus der *ref-packages.lbr* in die aktuelle Bibliothek. Gleichzeitig wird eine Package-Variante mit Namen J für das Device erstellt. Siehe auch Seite 326.

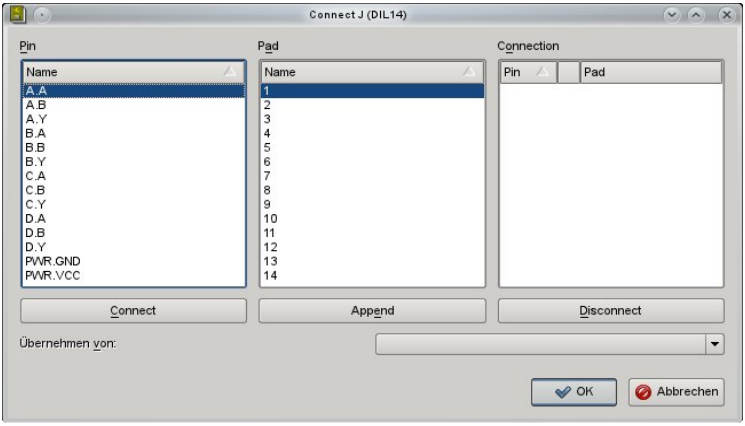
Der Connect-Befehl

Dieser Schritt ist wohl der wichtigste in der Bibliotheksdefinition. Mit CONNECT ordnen Sie jedem Pin ein oder auch mehrere Pads zu. An dieser Stelle definiert man, wie die Netze des Schaltplans im Layout als Signallinie umgesetzt werden. Jedes Netz an einem Pin erzeugt eine Signallinie an einem Pad. Die Pinbelegung für den 541032 ist im Datenblatt festgelegt. Prüfen Sie die Connects in der Bibliothek sorgfältig. Ansonsten könnten sich unbemerkt Fehler einschleichen, die das Layout unbrauchbar machen.



➢ *Die Pinbelegung der Packages*

Selektieren Sie die Variante *J* in der Package-Liste und klicken Sie auf die Schaltfläche CONNECT. Es öffnet sich das Connect-Fenster.



➢ *CONNECT-Dialog*

Links sehen Sie die Liste der Pins, in der Mitte die Pads. Klicken Sie auf einen Pin-Eintrag und wählen Sie das dazugehörende Pad aus. Beide Einträge sind jetzt markiert. Über die Schaltfläche *Connect* verbinden Sie beide. Dieses Paar erscheint rechts in der *Connection*-Spalte. Verbinden Sie jeden Pin mit einem Pad nach den Vorgaben des Datenblattes. Beenden Sie die Definition mit einem Klick auf *OK*.

Bitte beachten Sie, dass in unserem Beispiel die einzelnen Gatter mit den Namen A, B, C und D benannt wurden, im Datenblatt aber mit 1, 2, 3 und 4.

Definieren Sie genauso die Verbindungen für die zweite Package-Variante *FK*. Selektieren Sie die Variante und klicken Sie auf die Schaltfläche *Connect*. Im Connect-Fenster erscheint der übliche Dialog. Gehen Sie genauso vor wie oben beschrieben.
Bitte beachten Sie, dass in dieser Variante sechs Pads nicht belegt werden. Sie bleiben in der *Pad*-Spalte übrig. Beenden Sie den Vorgang mit Klick auf *OK*.

Rechts von den beiden Package-Varianten steht nun ein grünes Häkchen, das einen vollständigen Connect dokumentiert. Das ist nur dann der Fall, wenn jeder Pin mit einem Pad verbunden ist.

Es ist nicht möglich mehrere Pins auf ein gemeinsames Pad zu legen!
In einem Device dürfen mehr Pads als Pins sein, aber nicht umgekehrt!
Pins mit der Direction NC (not connected) müssen auch einem Pad zugeordnet werden.

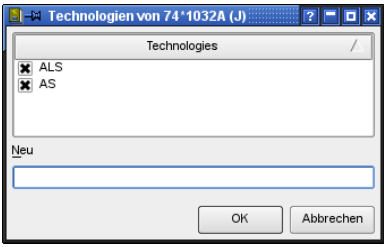
Falls Sie einem Pin mehrere Pads zuordnen möchten, sehen Sie sich bitte den Abschnitt 8.5 ab Seite 311 an. Dort ist erklärt wie Sie die Schaltfläche Append verwenden.

Technologien definieren

Der 541032 soll wie oben schon angemerkt in zwei verschiedenen Technologien AS und ALS eingesetzt werden. Wir haben durch das Einfügen eines * als Platzhalter im Device-Namen schon den ersten Schritt zur Vorbereitung getan. An Stelle des * wird im Schaltplan das Kürzel der gewählten Technologie eingesetzt. Aus dem Datenblatt kann man entnehmen, dass beide Technologien in beiden Package-Varianten verwendet werden.

Selektieren Sie die Package-Variante *J* in der Liste rechts im Device-Editor-Fenster. Anschließend ein Klick auf *Technologies* im Beschreibungsfeld. Das *Technologien*-Fenster öffnet sich. Definieren Sie in der Zeile *Neu* die Technologie und bestätigen Sie die Eingabe mit *OK*. Nach erfolgter Eingabe sind die Einträge *AS* und *ALS* mit einem Häkchen aktiviert.

Schließen Sie das Fenster mit erneutem Klick auf *OK*.



➢ ***Technologien für Package-Variante J***

Selektieren Sie in der Package-Liste die Variante FK. Klicken Sie wieder auf *Technologies* im Beschreibungsfeld. Im geöffneten *Technologien*-Fenster sehen Sie jetzt schon AS und ALS zur Auswahl. Aktivieren Sie beide durch einen Klick in das Kästchen links, so dass ein Häkchen angezeigt wird. Beenden Sie die Definition mit einem Klick auf *OK*.

Im Beschreibungsfeld des Device-Editors werden nun für die gewählte Package-Variante die verfügbaren Technologien aufgelistet.

Präfix bestimmen

Der Präfix des Bauteilnamens wird einfach durch Klick auf die *Prefix*-Schaltfläche definiert. In diesem Beispiel soll *IC* gewählt werden.

Value

Im Device-Editor bestimmt man mit VALUE, ob der Bauteile-Wert im Schaltplan oder Layout frei gewählt werden kann oder vorgegeben wird.

On: Der Wert ist in der Schaltung veränderbar (z. B. bei Widerständen). Nur nach Vergabe eines Wertes ist das Bauteil eindeutig spezifiziert.

Off: Wert entspricht dem Device-Namen, inklusive der Angabe von Technology und Package-Variante (z. B. 74LS00N), wenn vorhanden.

Auch wenn Value *Off* gesetzt ist, ist es möglich, den Wert eines Bauteils nach einer Sicherheitsabfrage zu ändern. Ändern Sie den Wert nachträglich, bleibt dieser bei einer späteren Änderung der Technologie oder der Package-Variante über CHANGE PACKAGE bzw. TECHNOLOGY unverändert.

Unabhängig von diesen Einstellungen können Sie für das Device ein Attribut mit dem Namen *VALUE* anlegen. Diesem Attribut kann man einen beliebigen Wert geben, der dann im Schaltplan bzw. Board verwendet wird.

Description

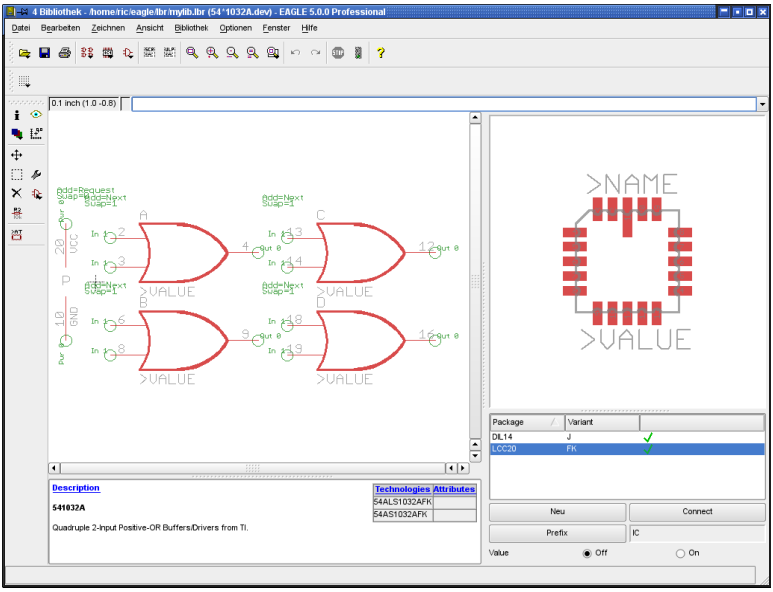
Klicken Sie auf *Description* im Beschreibungsfeld. Im jetzt geöffneten Fenster können Sie eine Beschreibung des Bauteils eingeben. Verwenden Sie typische Begriffe, die Sie bei einer Stichwortsuche verwenden würden. Die Suchfunktion des ADD-Befehls im Schaltplan durchsucht auch diesen Text.

Hier können Sie HTML-Text verwenden. In der Hilfe-Funktion unter dem Stichpunkt *HTML Text* finden Sie etwas über die Syntax.

Die Beschreibung könnte so aussehen:

```
<b>541032A</b>
<p>
Quadruple 2-Input Positive-OR Buffers/Drivers
from TI.
```

> *Wenn die Description eines Bibliotheksobjekts Hyperlinks enthält, werden diese mit der entsprechenden Anwendung geöffnet.*



➤ *Der Device Editor: 54*1032A.dev*

Speichern

Die Definition des Bausteins ist somit abgeschlossen. Bitte speichern Sie die Bibliothek spätestens jetzt!

8.4 Versorgungsspannungen

Versorgungspins von Bauelementen

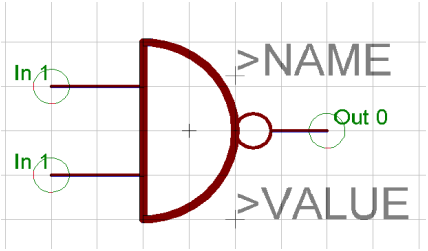
Die Versorgungspins von Bauelementen sind bei der Symboldefinition mit Pin-Direction *Pwr* zu definieren. Der Pin-Name bestimmt den Namen des Versorgungssignals. Pins mit Direction *Pwr* und demselben Namen werden automatisch verdrahtet (auch ohne explizit dargestellte Netzlinie). Es ist auch

nicht relevant, ob die Pins im Schaltplan sichtbar sind oder in einem versteckten Symbol in den Schaltplan geholt wurden.

Unsichtbare Versorgungspins

Bei Logikbausteinen oder Operationsverstärkern will man im allgemeinen die Versorgungsanschlüsse nicht in der Schaltung darstellen. In diesem Fall definiert man ein separates Symbol, das die Versorgungsanschlüsse enthält. Am Beispiel des TTL-Bausteins 7400 soll das demonstriert werden.

Definieren Sie zuerst ein NAND-Gatter mit dem Namen *7400* und folgenden Eigenschaften:

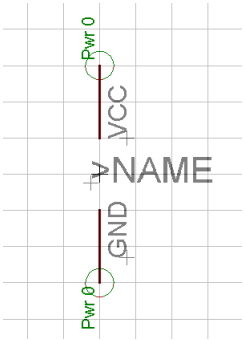


➢ ***NAND-Symbol 7400 (europäische Darstellung)***

Die beiden Eingangs-Pins heißen *I0* und *I1* und sind mit Direction *In*, Swaplevel *1*, Visible *Pin* und Function *None* definiert.

Der Ausgangs-Pin heißt *O* und ist mit Direction *Out*, Swaplevel *0*, Visible *Pin* und Function *Dot* definiert.

Nun definieren Sie das Versorgungssymbol mit dem Namen *PWRN* und folgenden Eigenschaften:



➢ ***Versorgungssymbol***

Die beiden Pins heißen *GND* und *VCC*. Sie sind mit Direction *Pwr*, Swaplevel *0*, Function *None* und Visible *Pad* definiert.

Nun legen Sie das Device *7400* an.

Legen Sie mit PACKAGE das Gehäuse fest und mit PREFIX den Namens-Präfix *IC*.

Platzieren Sie mit dem ADD-Befehl das Symbol *7400* viermal, wobei als Addlevel *Next* und als Swaplevel *1* eingestellt ist.
Bezeichnen Sie dann mit dem NAME-Befehl die Gates mit A, B, C und D. Addlevel *Next* bedeutet, dass diese Gates beim Platzieren in die Schaltung der Reihe nach verwendet werden (in der Reihenfolge, in der sie in das Device geholt wurden).

Platzieren Sie dann das Symbol *PWRN* einmal, und zwar mit Addlevel *Request* und mit Swaplevel *0*. Nennen Sie dieses Gate *P*.

Addlevel *Request* legt zweierlei fest:

- Das Versorgungs-Gate wird nur auf Anforderung, nämlich mit dem INVOKE-Befehl, in die Schaltung geholt. Mit dem ADD-Befehl lassen sich nur die NAND-Gatter platzieren.
- Das Versorgungs-Gate wird bei der Namensgebung in der Schaltung nicht berücksichtigt. Während ein IC mit zwei Next-Gates in der Schaltung etwa als IC1A und IC1B erscheint, wird ein IC mit einem *Next*-Gate und einem *Request*-Gate nur mit IC1 bezeichnet.

Definieren Sie dann mit dem CONNECT-Befehl, an welchen Pads des Gehäuses die Versorgungspins herausgeführt sind.

Pins mit gleichen Name

Wenn Sie Bauteile definieren, die mehrere Versorgungspins für ein gemeinsames Signal haben, zum Beispiel sollen drei Pins GND heißen, gehen Sie folgendermaßen vor:

- Jeder Versorgungspin erhält die Pin-Direction *Pwr*
- Benennen Sie diese Pins mit GND@1, GND@2 und GND@3.

Im Schaltplan sind nur die Zeichen vor dem "@" sichtbar, und die Pins werden dort auch so behandelt, als hießen Sie alle GND.
In der Platine sind die zugehörigen Pads dann automatisch miteinander durch Signallinien verbunden.

8.5 Connect – Mehrfachverbindungen

Es ist möglich einen Pin mit mehreren Pads, die dasselbe Signal führen, zu verbinden. Der CONNECT-Befehl im Device-Editor erlaubt im Dialog-Fenster über die Schaltfläche *Append* einer bestehenden Pin/Pad-Verbindung zusätzliche Pads hinzuzufügen.

Markieren Sie dazu im Connect-Dialog wie üblich einen Pin und ein Pad, und verbinden Sie die beiden über die Schaltfläche *Connect*. Die Verbindung erscheint jetzt in der rechten Spalte *Connection*.

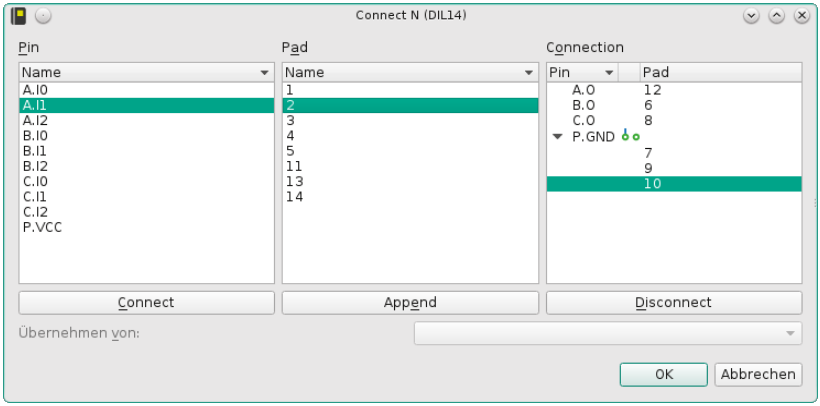
Um ein weiteres Pad zuzuordnen, markieren Sie die Verbindung in der *Connection*-Spalte und klicken dann in der *Pad*-Spalte auf das entsprechende Pad. Mit Klick auf *Append* wird das Pad der Verbindung zugeordnet. Wählen

Sie ggf. weitere Pads. In der *Connection*-Spalte rechts werden die Namen der zugeordneten Pads angezeigt.

EAGLE kennt zwei Möglichkeiten für eine Mehrfachverbindung:
In der Spalte *Connection* sehen Sie zwischen der *Pin*- und *Pad*-Liste ein Symbol, das den gewählten Modus zeigt: *All* oder *Any*. Klicken Sie mit der Maus auf das Icon um die Einstellung zu ändern.

All: Alle Pads müssen mit Leiterbahnen angeschlossen werden. Im Layout-Editor sind zunächst alle Pads durch Luftlinien verbunden, die Sie entflechten müssen.

Any: Nur eines der Pads muss durch eine Leiterbahn angeschlossen werden. Es wird im Layout nur eines der Pads mit einer Signallinie angeschlossen. Beim Entflechten steht Ihnen frei, welches der zugehörigen Pads Sie mit einer Leiterbahn anschließen wollen. In diesem Modus kann man interne Brücken eines Bauteils realisieren.



➢ ***Connect: Ein Pin ist mit drei Pads im Any-Modus verbunden***

Weitere Informationen finden Sie in der Hilfe unter *Editor-Befehle, CONNECT*.

8.6 Supply-Symbole

Supply-Symbole, wie sie in der Schaltung etwa für Masse oder VCC verwendet werden, sind als Devices ohne Package definiert. Sie sind für die automatische Verdrahtung der Versorgungsnetze erforderlich (siehe auch Seite 152).

Das folgende Bild zeigt das GND-Symbol, wie es in einer der mitgelieferten EAGLE-Bibliotheken definiert ist.

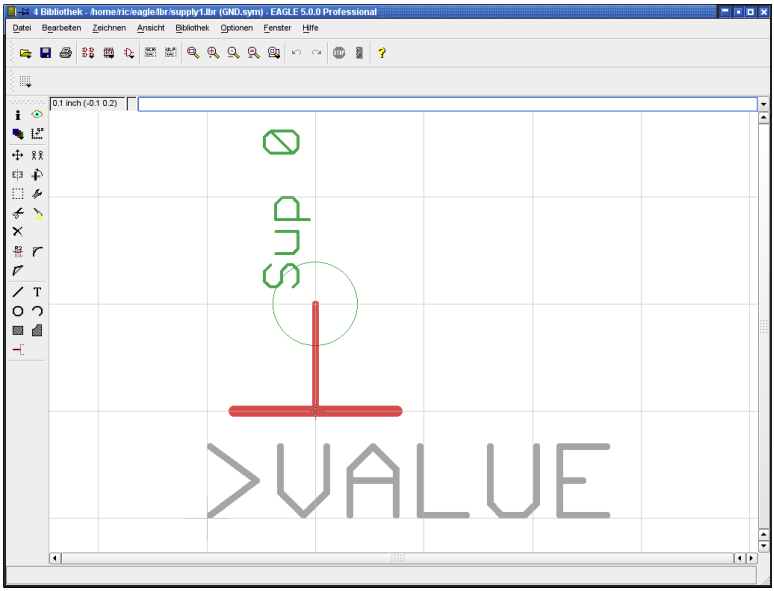
Achten Sie bei der Definition eigener Supply-Symbole darauf, dass Pin- und Device-Name übereinstimmen.

Der Pin ist mit Direction *Sup* definiert und hat den Namen *GND*. Damit ist festgelegt, dass das Device, das dieses Symbol enthält, für die automatische Verdrahtung des GND-Signals zuständig ist. Als Beschriftung ist die Textvariable für den Wert (>VALUE) gewählt.
Das Device erhält ebenfalls den Namen *GND*. Damit erscheint im Schaltplan

die Beschriftung GND, weil EAGLE den Device-Namen defaultmäßig als Wert einsetzt.

Es ist sehr wichtig, dass die Beschriftung den Pin-Namen wiedergibt, da der Benutzer sonst nicht weiß, welches Signal automatisch verdrahtet wird.

Der Pin-Parameter *Visible* wurde hier auf *Off* gesetzt. Sonst wäre Platzierung, Ausrichtung und Größe des Pin-Namens nicht mehr frei wählbar. Eine direkte Beschriftung mit dem Text *GND* wäre hier möglich gewesen. Allerdings kann das Symbol mit der gewählten Lösung in unterschiedlichen Devices verwendet werden (etwa für DGND etc.).



➤ ***Supply-Symbol für GND***

> *Dem Supply-Symbol wird kein Package zugeordnet!*

Wie schon oben erwähnt, erhält das Device den Namen des Pins, der im Symbol verwendet wurde. Das entsprechende Device wird mit Addlevel *Next* definiert. Wenn Sie Value auf *Off* setzen, sind Sie sicher, dass die Beschriftung nicht versehentlich geändert wird. Andererseits sind sie mit Value *On* flexibler. Sie können die Beschriftung ändern, falls Sie etwa ein zweites Massepotential haben. Allerdings müssen Sie für die zweite Masse dann die Netze explizit verlegen.

Kurzanleitung zur Definition eines Supply-Symbols:

- Anlegen eines neuen Symbols in der Bibliothek

- Platzieren des Pins mit Direction *Supply*
- Pin-Name entspricht dem Signalnamen
- Value-Platzhalter setzen

- Anlegen eines neuen Devices
- Device-Name ist Signalname
- Keine Package-Zuordnung nötig

8.7 Attribute

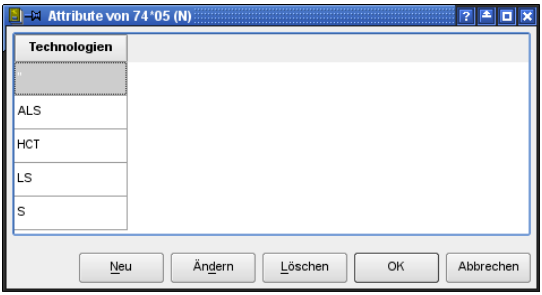
Für jedes Bauteil kann man, zusätzlich zu *>Name* und *>Value*, weitere Eigenschaften, so genannte Attribute, definieren. Im Device-Editor können jeder Package-Variante und jeder Technologie beliebige Attribute zugeordnet werden. In diesem Abschnitt sollen Sie zur Übung für ein Device Attribute definieren.

Öffnen Sie dazu die Bibliothek *74xx-eu.lbr* und speichern Sie eine Kopie der Bibliothek über *Speichern unter...* in einem beliebigen Verzeichnis ab. So verhindern wir, dass die Originalbibliothek verändert wird. Editieren Sie das Device *74*05*.

Attribute definieren

Wir wollen für die Package-Variante *N*, also für das *DIL14*-Gehäuse, Attribute anlegen. Dazu klicken Sie rechts unten in der Package-Liste auf den Eintrag *DIL14* (*Variant N*). Diese Package-Variante wird jetzt in der Vorschau gezeigt.

Klicken Sie jetzt auf das Attribute-Icon in der Menüleiste des Device-Editors oder auf den Text *Attributes* im Beschreibungsfenster unterhalb der Device-Darstellung. Es öffnet sich folgendes Attribut-Fenster:



➢ ***Attribut-Dialog***

In diesem Fenster sehen Sie die Liste der vorhandenen Technologien für die Package-Variante *N*. Mit Klick auf *Neu* öffnet sich das Fenster *Neues Attribut*. Geben Sie im Feld *Name*, den Attributnamen ein, zum Beispiel *Hoehe* und als *Wert* beispielsweise *4mm* an. Im Feld darunter bestimmt man, ob der Wert in

der Zeichnung verändert werden darf (*variable*) oder nicht (*constant*). Wählen Sie in unserem Beispiel *constant*.
Nun muss man noch festlegen, für welche Technologie dieses Attribut gelten soll; für die gerade selektierte (*diese*) oder für *alle*. Wählen Sie in unserem Beispiel *alle*.

➢ ***Das Attribut Hoehe wird definiert***

Klicken Sie auf *OK*. Das neue Attribut wird jetzt in der Übersicht gezeigt.

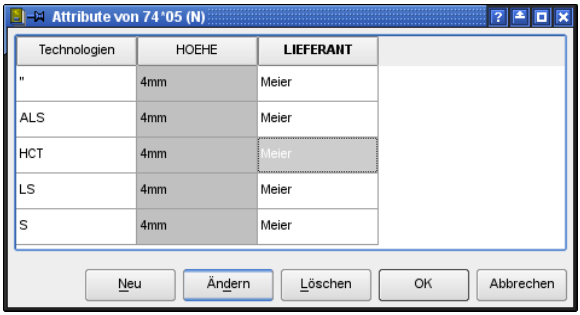
Wir wollen noch ein weiteres Attribut anlegen, das aber für eine bestimmte Technologie einen anderen Wert haben soll. Klicken Sie dazu im Attribut-Dialog auf die Schaltfläche *Neu* und geben folgende Attribut-Parameter ein:

Name: *Lieferant* Wert: *Meier*, *variable* Technologien: *alle*

Klicken Sie auf *OK*. Es wird für das *Lieferant*-Attribut eine weitere Spalte angezeigt. Alle Technologien haben den Eintrag *Meier*.

Attributnamen werden automatisch in Großbuchstaben gewandelt!

Es soll aber in unserem Beispiel die HCT-Technologie von *Huber* exklusiv geliefert werden. Klicken Sie dazu auf das Feld des Lieferant-Attributs, das zur Technologie HCT gehört.



➢ ***Das Lieferant-Feld für HCT ist selektiert***

Klicken Sie auf *Ändern*. Es öffnet sich das Fenster zum Ändern der Eigenschaften des Attributs. Treffen Sie folgende Einstellungen:

Name: *Lieferant* Wert: *Huber exclusiv*, *constant* Technologien: *diese*

Nach einem Klick auf *OK* ist für den HCT-Baustein eine Ausnahme definiert. Dieser wird von *Huber exklusiv* geliefert. Dieser Attribut-Wert kann im Schaltplan/Layout nicht verändert werden.
Im Ändern-Dialog gibt es unter Technologien die Optionen *diese*, *alle mit gleichem Wert*, *alle*. Das heißt, dass die Änderung nur für die aktuell gewählte (*diese*), für *alle* beziehungsweise für alle Technologien, die denselben Attribut-Wert wie das gerade gewählte haben (*alle mit gleichem Wert*), ausgeführt wird.

Als letztes soll noch ein Attribut für Bemerkungen erstellt werden. Dieses Attribut soll keinen Wert enthalten und *variable* sein, damit es ggf. im Schaltplan oder im Board benutzt werden kann.
Klicken Sie dazu im Attribut-Fenster wieder auf *Neu*. Treffen Sie folgende Einstellungen:

Name: *Bemerkung* Wert: - , *variable* Technologien: *alle*

Nach einem Klick auf *OK* sieht das Attribut-Fenster so aus:

➢ ***Die Attribute für den 74*05, Variante N***

> *Nicht veränderbare (constant) Attribut-Werte sind in der Tabelle grau hinterlegt.*

Die Definition der Attribute für die Package-Variante *N* ist jetzt abgeschlossen. Schließen Sie das Attribut-Fenster mit einem Klick auf *OK*. Im Device-Editor-Fenster erscheinen jetzt neben *Technologies* auch die Attribute, die definiert wurden.

Wenn Sie für die Package-Variante *D* (*SO14*) ebenfalls Attribute definieren möchten, klicken Sie auf den Eintrag in der Package-Übersicht und verfahren Sie so, wie oben für die Variante *N* beschrieben.

Attribute können auch über die Kommandozeile oder mit Hilfe einer Script-Datei definiert werden. Die Syntax dazu erfahren Sie in der Hilfe zum ATTRIBUTE-Befehl.

Attribute anzeigen

Wird das Device *74*05* ohne weitere Änderungen im Schaltplan bzw. Layout verwendet, bringt es die Attribute und deren Werte aus der Bibliothek mit. Die Attribute können zunächst nur über den ATTRIBUTE-Befehl angezeigt werden. Informationen über die Möglichkeiten zur Darstellung der Attribute finden Sie ab Seite 155.

Platzhaltertexte in Symbol und Package

Man kann auch schon in der Bibliothek festlegen, ob ein Attribut zusammen mit dem Gate oder Package im Schaltplan oder Layout angezeigt werden soll. Dazu definieren Sie mit dem TEXT-Befehl einen Platzhaltertext im Symbol und/oder im Package. Ein Platzhaltertext beginnt immer mit dem >-Zeichen, gefolgt vom Attributnamen.

Für unsere drei Beispiel-Attribute wären das die Texte:

```
>Bemerkung
>Hoehe
>Lieferant
```

Platzieren Sie die Texte an beliebiger Stelle im Symbol- bzw. Package-Editor und wählen Sie für jeden Text den gewünschten Layer. Groß- und Kleinschreibung spielt hier keine Rolle.

Wenn Sie ein Bauteil mit vordefinierten Attribut-Texten im Schaltplan beziehungsweise Layout platzieren und einen Wert für das Attribut definieren, wird der Wert des Attributs automatisch an der Stelle des Platzhaltertexts angezeigt.
Diese Texte können mit SMASH vom Device/Package gelöst werden. Dann wirkt die Attribut-Eigenschaft *Anzeige* im Attribute-Dialog. Diese kann *Off*, *Value*, *Name* oder *Both* sein.

Das Festlegen der Anzeigeoptionen ist auch auf Seite 155 beschrieben.

8.8 Externe Devices ohne Package

Ein sogenanntes *External Device* dient dazu Bauteile/Objekte im Schaltplan darzustellen, die nicht auf der Leiterplatte vorkommen. Es kann sich um zusätzliche Bauteile, Messanordnungen, Kabel, Montagematerial oder ähnliches handeln. Auch für Test- oder Simulationszwecke oder in einem Elektroplan können solche Symbole erforderlich sein.

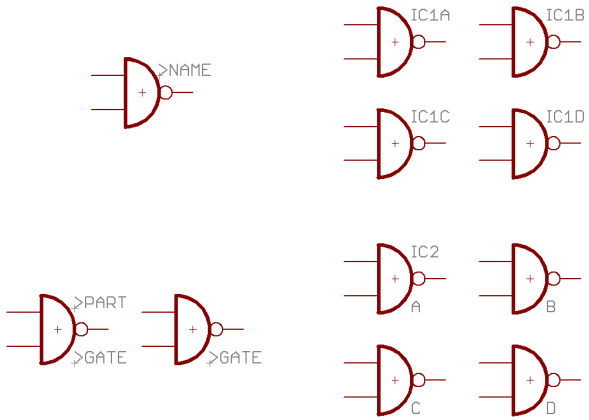
Ein *External Device* wird ganz normal in der Bibliothek angelegt. Das Symbol darf Pins mit beliebiger *Direction* enthalten. Dann erstellen Sie ein Device und holen mit ADD das/die entsprechende(n) Symbol(e).
Zur Kennzeichnung des externen Devices legen Sie ein Attribut mit dem Namen *_EXTERNAL_* an. Dieses Attribut muss in der Bibliothek im Device angelegt werden; ein nachträgliches Definieren im Schaltplan oder Board funktioniert nicht. Der Wert des *_EXTERNAL_*-Attributs spielt dabei keine Rolle.

Ein externes Device wird nicht mehr als solches gehandhabt, sobald dazu Packages definiert werden. Die Pins müssen dann über CONNECT mit den Pads verbunden werden.

8.9 Beschriftung von Schaltplansymbolen

Für die Beschriftung von Packages und Schaltplan-Symbolen stehen die beiden Textvariablen *>NAME* und *>VALUE* zur Verfügung, deren Verwendung bereits gezeigt wurde. Im Schaltplan gibt es noch zwei weitere Möglichkeiten: *>PART* und *>GATE*.

Das folgende Bild zeigt ihre Verwendung im Unterschied zu *>NAME*. Links die Symbol-Definition, rechts die Darstellung im Schaltplan.



➢ ***Beschriftung von Schaltplansymbolen***

Im ersten Fall sind alle Symbole mit >NAME beschriftet. Im zweiten Fall ist das Symbol des ersten Gates mit >PART beschriftet, die restlichen drei mit >GATE.

8.10 Mehr zum Parameter Addlevel

Der Addlevel der in das Device geholten Gates entscheidet darüber, auf welche Weise dieses Gate in die Schaltung geholt wird und unter welchen Bedingungen es wieder aus der Schaltung gelöscht werden kann.

Übersicht

Next: Für alle Gates, die der Reihe nach geholt werden sollen (z. B. die NAND-Gatter eines 7400). Auch für Devices mit einem einzigen Gate sinnvoll. Der ADD-Befehl nimmt zuerst unbenutzte *Next*-Gates von Bausteinen, die sich auf der aktuellen Seite befinden, bevor er einen neuen Baustein beginnt.

Must: Für Gates, die vorhanden sein müssen, wenn irgendein anderes Gate des Bausteins vorhanden ist. Typisches Beispiel: die Spule eines Relais. *Must*-Gates lassen sich nicht löschen, bevor alle anderen Gates dieses Bausteins gelöscht sind.

Can: Für Gates, die nur bei Bedarf platziert werden. Bei einem Relais könnten die Kontakte mit Addlevel *Can* definiert werden. In diesem Fall lässt sich jeder einzelne Kontakt gezielt mit INVOKE holen und mit DELETE wieder löschen.

Always: Für Gates, die sich normalerweise auf jeden Fall in der Schaltung befinden, sobald der Baustein verwendet wird. Beispiel: Kontakte eines Relais mit vielen Kontakten, bei dem manchmal einige wenige nicht benutzt werden. Diese Kontakte lassen sich mit DELETE löschen, falls sie mit Addlevel *Always* definiert wurden.

Request: Für Versorgungs-Gates von Bausteinen.
Unterschied zu *Can*: Besteht das Device aus genau einem *Next*-Gate und einem *Request*-Gate, wird das *Next*-Gate im Schaltplan nur mit *Prefix+Nummer* versehen, also zum Beispiel *IC1*. Der Gate-Name erscheint nicht. Das *Request*-Gate wird zusätzlich mit dem Gate-Namen versehen, zum Beispiel *IC1P*.

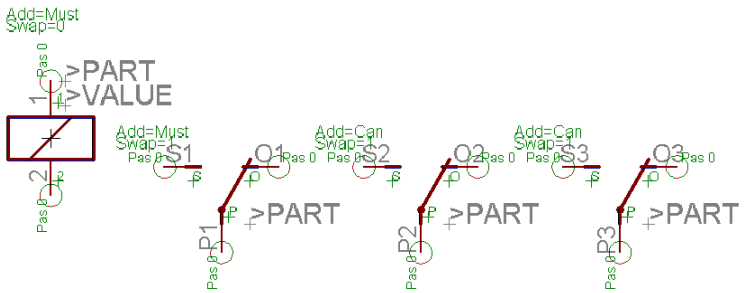
Relais: Spule und erster Kontakt werden platziert

Es soll ein Relais mit drei Kontakten entworfen werden, bei dem typischerweise nur der erste Kontakt verwendet wird.

Definieren Sie die Spule und einen Kontakt als eigene Symbole.

Im Device geben Sie der Spule und dem ersten Kontakt den Addlevel *Must*. Die beiden restlichen Kontakte erhalten den Addlevel *Can*.

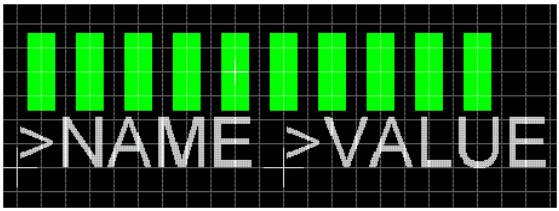
Wenn Sie das Relais mit ADD in die Schaltung holen, werden die Spule und der erste Kontakt platziert. Falls einer der weiteren Kontakte platziert werden soll, kann das mit dem INVOKE-Befehl geschehen. Die Spule kann nicht allein gelöscht werden. Sie verschwindet erst dann, wenn alle Kontakte gelöscht sind (zuerst die mit *Can* definierten).



➢ ***Relais mit einer Spule und drei Kontakten***

Stecker: Einzelne Anschlussflächen sollen entfallen können

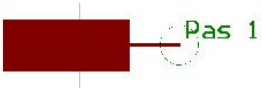
Es soll ein Leiterplattenstecker entworfen werden, bei dem normalerweise alle Kontaktflächen vorhanden sind. Im Einzelfall kann es erforderlich sein, dass bestimmte Kontaktflächen entfallen.



➢ ***Package eines Leiterplattensteckers***

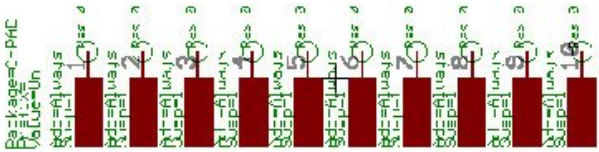
Definieren Sie ein Package mit zehn SMDs als Kontaktflächen, und geben Sie den SMDs die Namen 1 bis 10.

Nun definieren Sie ein Symbol, das eine Kontaktfläche darstellt. Stellen Sie Visible *Pad* ein, damit im Schaltplan die im Package definierten Namen 1 bis 10 dargestellt werden.



➢ ***Steckersymbol für den Schaltplan***

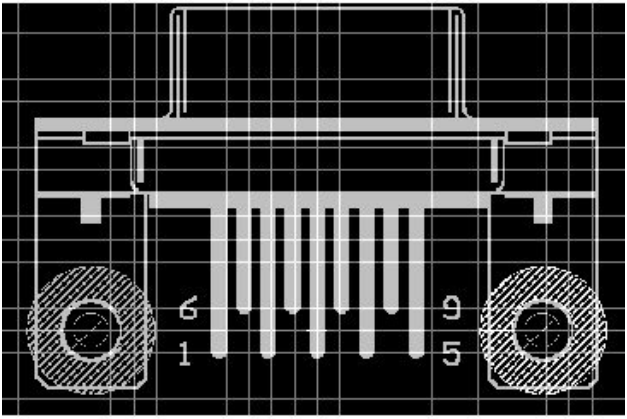
Holen Sie dann das Symbol zehn Mal in ein neu angelegtes Device, stellen Sie als Addlevel jeweils *Always* ein, und stellen Sie mit dem CONNECT-Befehl die Verbindungen zwischen den SMDs und den Pins her. Wenn Sie dieses Device in einen Schaltplan holen, erscheinen nach dem Platzieren alle Anschlüsse. Mit DELETE können einzelne Anschlüsse gelöscht werden.



➢ ***Nach ADD sind alle Anschlüsse im Schaltplan sichtbar***

Stecker mit Befestigungsloch und Sperrfläche

Es soll ein Stecker mit Befestigungslöchern definiert werden, um die herum der Autorouter in einem bestimmten Abstand keine Leitungen auf der Lötseite (Bottom) verlegen darf.



➢ ***Befestigungsbohrungen mit Sperrflächen***

Beim Package werden mit dem HOLE-Befehl die Bohrungen mit dem gewünschten Durchmesser platziert. Der Bohrdurchmesser lässt sich mit CHANGE DRILL nachträglich ändern.

Die Sperrfläche für den Autorouter/Follow-me-Router wird durch einen Kreis (CIRCLE-Befehl) im Layer 42 *bRestrict* definiert. Der Kreis ist hier aus Gründen der Übersichtlichkeit mit einer bestimmten Strichstärke (*Width*) ausgeführt. Kreise mit *Width* = 0 werden gefüllt. Für den Autorouter spielt das an dieser Stelle keine Rolle, weil er in beiden Fällen nicht in das Kreisinnere routen kann. Diese Sperrflächen werden auch von einem Polygon im Layer 16 *Bottom* berücksichtigt.

8.11 Bauteile mit Kontaktspiegel im Elektro-Schaltplan

Wenn Sie ein Bauteil für einen Elektro-Schaltplan anlegen wollen, das aus mehreren Gattern besteht, zum Beispiel ein elektromechanisches Relais mit einer Spule und mehreren Kontakten, gibt es die Möglichkeit, in den Kontakt-Symbolen einen Platzhalter für Bauteil-Querverweise zu definieren. Diese Querverweise werden dann im Kontaktspiegel des Elektro-Schaltplans dargestellt.

Damit der Kontaktspiegel sauber dargestellt werden kann, sollten Sie folgende Kriterien bei der Symbol-, Device- und auch bei der Package-Definition beachten.

Symbol anlegen

Für einen elektromechanischen Schalter (Schütz) brauchen Sie ein Symbol für die Spule und ein oder mehrere Symbole für die Kontakte.

Bei den **Kontakt-Symbolen** sollten Sie das Folgende beachten:

- Die Mitte des Kontakt-Symbols liegt am Koordinatennullpunkt (0 0)
- Ordnen Sie die Pins so an, dass sie senkrecht stehen, also nach oben oder nach unten zeigen
- Platzieren Sie den Platzhaltertext *>XREF* mit dem TEXT-Befehl, damit ein Bauteil-Querverweis erzeugt werden kann. Der Text wird, genauso wie *>NAME* oder *>PART*, im Layer 95 *Names* angelegt.

Für das **Spulen-Symbol** sind keine besonderen Maßnahmen notwendig. Hier wird der Platzhalter >XREF nicht benötigt.

Device anlegen

Das Schütz-Device besteht aus mehreren Symbolen: Dem Spulen-Symbol und mehreren Kontakt-Symbolen. Beim Anordnen der einzelnen Gates im Device-Editor müssen Sie einige Punkte beachten, damit die Darstellung des Kontaktspiegels im Schaltplan optimal ist.

- Das erste Kontakt-Gate sollte mit dem Aufhängepunkt an der x-Koordinate 0 platziert werden. Der untere Pin soll vollständig im positiven Koordinatenbereich liegen. Typischerweise ergibt sich dann eine y-Koordinate von 0.1 inch.
- Jedes weitere Kontakt-Gate wird rechts vom ersten Gate an derselben y-Koordinate (also auf gleicher Höhe) platziert.
  Der Abstand zwischen den Kontakt-Gates im Device bestimmt den Abstand zwischen den Gattern, die im Kontaktspiegel um 90 Grad gedreht und senkrecht untereinander angeordnet werden.
- Das Spulen-Gate dürfen Sie an beliebiger Stelle absetzen. Es muss jedoch der Addlevel *Must* zugeordnet werden.

Der Kontaktspiegel zeigt alle Gatter, die den Text *>XREF* enthalten. Die Querverweise, bestehend aus Seitennummer und Zeichnungsrahmen-Koordinaten, werden rechts neben den Gattern dargestellt, wenn Sie auf den Schaltplanseiten mit dem FRAME-Befehl einen entsprechenden Rahmen definiert haben. In einer der Elektro-Bibliotheken sind schon entsprechende Zeichnungsrahmen vordefiniert.
Andere Texte, die im Symbol definiert wurden, sind im Kontaktspiegel nicht sichtbar.

Package anlegen

Aufgrund der Bibliotheksstruktur in EAGLE und zur Vermeidung von Fehlermeldungen, ist es notwendig, auch Packages anzulegen. Es kann sich dabei um einfache Dummy-Packages handeln, die der Anzahl der im Device verwendeten Pins entsprechend viele Pads enthalten.

Fügen Sie im Device über die Schaltfläche *Neu* ein passendes Package ein und führen Sie den CONNECT-Befehl aus, um jedem Pin ein Pad zuzuordnen.

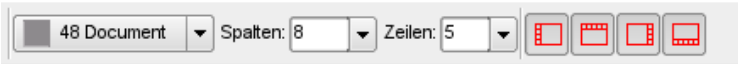
Zum Thema Elektro-Schaltpläne ist eine separate Dokumentation verfügbar: elektro-tutorial.pdf im eagle\doc-Verzeichnis.. Außerdem gibt es nützliche User-Language-Programme rund um das Thema Elektro-Schaltpläne.

8.12 Zeichnungsrahmen

Zeichnungsrahmen sind zwar keine Bauelemente, sie lassen sich aber für Schaltpläne als Devices ohne Package und ohne Pins definieren. In der EAGLE-Bibliothek *frames.lbr* enthalten solche Devices ein Symbol, das lediglich einen Rahmen in der passenden Größe enthält, und ein Dokumentationsfeld, das ebenfalls als Symbol definiert wurde. Außerdem gibt es Zeichnungsrahmen, speziell für Elektro-Schaltpläne, in den Elektro-Bibliotheken (*e-*.lbr*).

Der Rahmen wird mit dem FRAME-Befehl definiert. Diesen finden Sie im Menü *Zeichnen/Frame*.

In der Parameterleiste des FRAME-Befehls gibt es Einstellmöglichkeiten zur Beschriftung des Rahmens. Definieren Sie, in wie viele Spalten und Zeilen die Zeichnung eingeteilt werden soll. Ein positiver Wert für Spalten beschriftet den Rahmen von links nach rechts, beginnend mit *1*, für Reihen von oben nach unten, beginnend mit *A*. Negative Werte drehen die Zählrichtung um. Mit den vier Icons in der Parameterleiste wählen Sie, an welchen Seiten des Rahmens die Beschriftung gezeigt werden soll.



➢ ***Parameterleiste des FRAME-Befehls***

Die Position des Zeichnungsrahmens bestimmen Sie über zwei Mausklicks. Alternativ kann man die beiden Eckpunkte auch als Koordinaten in der Kommandozeile angeben.
Der Aufhängepunkt des Rahmens, also der Koordinatennullpunkt im Symbol-Editor, sollte links unten liegen, damit innerhalb der Zeichenfläche nicht versehentlich der Rahmen selektiert wird.

Spalten und Reihen können benutzt werden, um die Position von Bauteilen und Netzen in der Zeichnung zu bestimmen (zum Beispiel mit Hilfe eines ULPs) oder um automatisch Querverweise berechnen zu lassen (siehe LABEL-Befehl).

Aufgrund der besonderen Bedeutung der Rahmenbeschriftung kann ein Zeichnungsrahmen nicht gedreht werden!

Der FRAME-Befehl kann auch in Schaltplan oder Board ausgeführt werden. Üblich ist es jedoch, den Zeichnungsrahmen in der Bibliothek zu definieren.

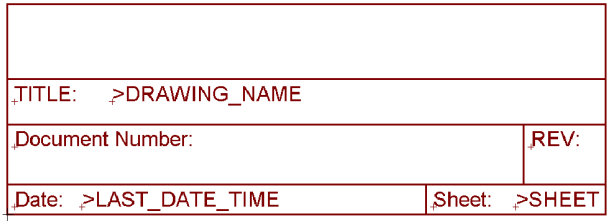
Die Bibliothek *frames.lbr* enthält auch Schriftfelder, die man zusammen mit einem Rahmen verwenden kann. Sie können sich auch ein Schriftfeld nach eigenen Gesichtspunkten zeichnen.

Neben festen Texten sind im Dokumentationsfeld die Textvariablen *>DRAWING_NAME*, *>LAST_DATE_TIME* und *>SHEET* enthalten. Im Schaltplan erscheinen an diesen Stellen der Dateiname der Zeichnung, Datum und Uhrzeit der letzten Änderung sowie die Blattnummer (z. B. *2/3* = Blatt 2 von 3).

Zusätzlich stehen noch weitere Variablen zur Verfügung:
>PLOT_DATE_TIME zeigt Datum und Uhrzeit des letzten Ausdrucks,
>SHEETS zeigt die Gesamtzahl der Schaltplanseiten,
>SHEETNR zeigt die Nummer der aktuellen Seite.

All diese Textvariablen lassen sich auch direkt im Schaltplan und (mit Ausnahme von *>SHEET/S/NR*) im Board einsetzen.

Im Device ist der Rahmen mit Addlevel *Next* definiert und das Dokumentationsfeld mit Addlevel *Must*. Damit kann das Dokumentationsfeld nicht gelöscht werden, solange der Rahmen vorhanden ist.



➢ ***Platzhaltertexte im Schriftfeld***

Außerdem gibt es Zeichnungsrahmen, die als Package für den Layout-Editor angelegt wurden. Diese Rahmen können auch bei konsistentem Schaltplan/Layout-Paar platziert werden, da sie keine elektrische Bedeutung haben, also ohne Pads bzw. SMDs angelegt wurden.

Der Platzhalter *>CONTACT_XREF* hat für Elektro-Schaltpläne eine besondere Bedeutung. Die Position dieses Textes (die y-Koordinate) bestimmt den Bereich, der für den Kontaktspiegel reserviert werden soll. Der Platzhaltertext selbst ist nicht sichtbar, nur sein Aufhängepunkt wird angezeigt.
Näheres dazu finden Sie in der Hilfe zum Thema *Kontaktspiegel*.

8.13 Bauteile auf der Lötseite

SMD-Bauelemente (aber auch bedrahtete) können auf der Ober- (Top) oder Unterseite (Bottom) einer Platine platziert werden. EAGLE stellt deshalb einen Satz von vordefinierten Layern zur Verfügung, die sich auf die Oberseite (*Top*, *tPlace*, *tOrigins*, *tNames*, *tValues* usw.) beziehen und einen weiteren Satz von Layern, die sich auf die Unterseite (*Bottom*, *bPlace* usw.) beziehen.

Definiert werden Bauteile grundsätzlich in den Layern für die Top-Seite.

In der Platine bringt man ein solches Bauteil mit dem MIRROR-Befehl auf die jeweils andere Seite. Klicken Sie dazu das Bauteil an oder geben Sie in der Kommandozeile den Bauteilenamen an. Dabei werden die Objekte des Top-Layers in den Bottom-Layer gespiegelt, und alle Objekte in den *t*..-Layern werden in die entsprechenden *b*..-Layer gespiegelt.
Ist der Befehl ADD, COPY, MOVE oder PASTE aktiv, kann man das Bauteil auch mit einem Klick der mittleren Maustaste spiegeln.

8.14 Bauteile mit Langlöchern

Langlöcher werden bei der Platinenfertigung gefräst. Die Fräskontur eines Langlochs zeichnen Sie am besten in einem eigenen Layer. Dazu vorgesehen ist der Layer 46, *Milling*.

Die Fräskontur für ein Bauteil mit länglichen Anschlussbeinchen zeichnen Sie im Package-Editor mit dem LINE-Befehl (evtl. auch ARC) und einer sehr feinen Strichstärke, beziehungsweise mit Strichstärke 0. Als Grundlage nehmen Sie ein normales Pad, dessen Bohrung in der Ausfräsung verschwindet, oder SMDs auf denen Sie die Kontur zeichnen.

Bei Multilayer-Platinen sollten Sie in den verwendeten Innenlagen, direkt im Layout-Editor, an der Stelle, an der das Langloch ist, einen LINE mit passender Breite und Länge zeichnen.

Teilen Sie dem Leiterplattenhersteller mit, dass er die Konturen in diesem Layer berücksichtigen muss. Außerdem sollten Sie ihm mitteilen, ob diese metallisiert werden sollen oder nicht.

Beliebige Ausfräsungen in der Platine werden genauso gezeichnet:
Verwenden Sie einen separaten Layer, typischerweise Layer 46 Milling, und informieren Sie den Leiterplattenhersteller, dass Fräskonturen zu beachten sind.

8.15 Beliebige Padformen

Wenn die Standard-Padformen nicht ausreichen um die entsprechende Form der Lötfläche zu zeichnen, können Sie mit einem Polygon oder mit zusätzlichen Wires erweitert werden. Sobald der Mittelpunkt eines Pads oder SMDs innerhalb der Polygonfläche liegt bzw. einer der Wires, die Sie zum

Zeichnen der Padform verwenden, im Mittelpunkt des Pads/SMDs beginnt, wird dieser als zum Pad/SMD zugehörig betrachtet.

Die typische Vorgehensweise sieht so aus:

- Platzieren Sie ein PAD oder SMD
- Zeichnen Sie mit POLYGON die endgültige Form der Fläche
  - Bei SMDs ist das typischerweise im Top-Layer
  - Bei PADs müssen Sie in allen benötigten Signallayern die entsprechende Form zeichnen (Top, Bottom, Innenlayer...)

  Der Pad/SMD-Mittelpunkt muss innerhalb der Polygonfläche liegen. Verwenden Sie für das Polygon eine sinnvolle Strichstärke, die den Design-Regeln entspricht.
- Alternative zu POLYGON ist LINE
  Beginnen Sie den Wire(zug) im Mittelpunkt des Pads/SMDs. Diese Fläche muss in allen Signallayern, die benötigt werden, entsprechend gezeichnet werden. Verwenden Sie eine Strichstärke, die den Design-Regeln genügt.
- Prüfen Sie die Lötstopmaske
  Es wird nur für das Pad bzw. SMD eine Lötstopmaske generiert. Aktivieren Sie die Layer 29, tStop und 30, bStop. Falls der lötstoplackfreie Bereich geändert werden soll, zeichnen Sie die Maske von Hand in den Lötstoplayern.
- Prüfen Sie die Lotpastenmaske für das SMD
  Dazu aktivieren Sie die Layer 31, tCream und 32, bCream. Da wir Bauteile in den Bibliotheken immer auf der Oberseite definieren, ist bei SMD-Bauteilen nur der Layer 31, tCream zu bearbeiten. Es wird nur für das SMD eine Maske generiert. Sollte das nicht Ihren Vorgaben entsprechen, zeichnen Sie die Lotpastenmaske von Hand. Denken Sie daran, dass Sie für das SMD das automatische Erzeugen der Lotpastenmaske auch in den SMD-Eigenschaften abschalten können (Cream ein/aus.

Weitere Bedingung, die für das Zeichnen von beliebigen Padformen gelten, finden Sie in der Hilfe-Funktion zu den Befehlen Pad und SMD.

Wenn ein Pad mit beliebiger Form mit keinem Signal verbunden ist, meldet der DRC einen Clearance-Fehler, da das Polygon bzw. die Wires keinem Signal zugeordnet werden können.

8.16 Anlegen einer neuen Package-Variante

Die meisten Bauteile werden in unterschiedlichen Gehäuseformen gefertigt. Sollten Sie für ein Device in Ihren Bibliotheken keine passende Package-Variante finden, ist es einfach möglich eine neue zu erstellen.

Um den Vorgang anschaulich zu erklären, greifen wir auf das Beispiel-Device 541032A aus dem Abschnitt 8.2 zurück.
Bitte beachten Sie auch die Ausführungen zu diesem Thema insbesondere wenn sie das gewünschte Package schon in der aktuellen Bibliothek befindet ab Seite 305.

Die dritte Package-Variante dient nur als Übungsbeispiel und entspricht nicht den Spezifikationen des Herstellers!

Passendes Package aus einer anderen Bibliothek

Im günstigsten Fall kann man auf ein vorhandenes Package aus einer anderen Bibliothek zugreifen.

Klicken Sie im Inhaltsverzeichnis (dem Übersichtsmodus) der geöffneten Bibliothek auf die Schaltfläche *Add Package* unterhalb der mittleren Spalte, und dann im Dialog auf *Import…* . Es öffnet sich der *Import Package*-Dialog, der dem ADD-Fenster gleicht. Suchen Sie von hier aus nach einem geeigneten Package oder, falls Sie bereits ein passendes Package kennen, wählen Sie dieses hier aus. Über *Manage Libraries* kann man weitere Bibliotheken laden oder auch aus der Liste zur besseren Übersicht entfernen.

Ist bereits ein gleichnamiges Package in dieser Bibliothek vorhanden, wird es durch die neue Definition aktualisiert.

Öffnen Sie nun die Bibliothek (hier: *my_lib.lbr* aus Abschnitt 8.2), die das Device enthält, für das die neue Package-Variante erstellt werden soll. Beispielsweise über das Menü *Datei/Öffnen/Library* im Control Panel.

Klicken Sie auf das *Device*-Icon und wählen Sie aus dem geöffneten Menü das Device *54*1032A* aus. Der Device-Editor öffnet sich.

Package-Variante definieren

Die neue Package-Variante soll den Namen *Test* erhalten. Das Package muss mindestens 14 Anschlüsse haben, da die beiden Gates zusammen ebenfalls 14 Pins haben. Als Beispiel wählen wir das Package *SO14* aus der Bibliothek *smd-ipc.lbr*.

Das Einfügen in die aktuelle Bibliothek erfolgt, wie vorher beschrieben aus der Inhaltsübersicht aus mit *Add package* und *Import*.

Alternativen dazu:

Sind Control Panel und Bibliotheks-Fenster nebeneinander angeordnet, selektieren Sie das *SO14*-Package und ziehen es mit Drag&Drop direkt in das geöffnete Device-Editor-Fenster. Beim Loslassen der Maustaste werden Sie nach dem neuen Package-Varianten-Namen gefragt. Geben Sie diesen an und bestätigen Sie die Eingabe mit einem Klick auf *OK*. Die neue Variante erscheint nun in der Package-Liste.

Es ist auch möglich, die Package-Variante direkt im Device-Editor über den PACKAGE-Befehl anzulegen.

Tippen Sie in die Kommandozeile:

PACKAGE SO14@smd-ipc.lbr TEST

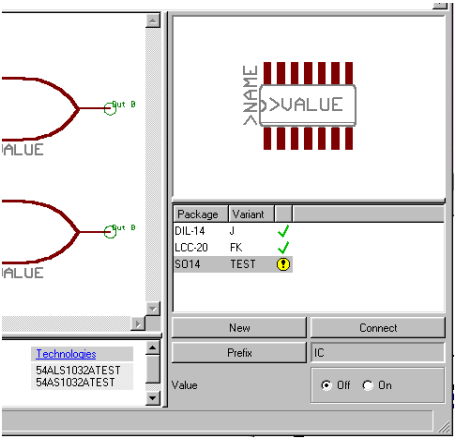
Oder beispielsweise mit Pfadangabe (wenn notwendig):

PAC SO14@d:\eagle\lbr\smd-ipc.lbr TEST

Befindet sich im Pfad oder Namen ein Leerzeichen, setzt man die Angabe in einfache Hochkommas, zum Beispiel:

PAC 'SO14@\Mit Leerzeichen\smd-ipc.lbr' TEST

Jetzt erscheint rechts unten im Device-Editor ein neuer Eintrag mit dem Package *SO14* und dem Varianten-Namen *TEST*.
Links davon sehen Sie ein Ausrufezeichen auf gelbem Kreis, welches darauf hinweist, dass noch keine Verbindungen zwischen Pins und Pads definiert wurden.



➢ ***Device-Editor: Teilansicht Package-Varianten***

> *Der PACKAGE-Befehl kopiert die vollständige Gehäusedefinition zunächst in die aktuelle Bibliothek und stellt dann die neue Variante unter dem angegebenen Namen im Device bereit.*
>
> *Sollten Sie eine angelegte Variante wieder löschen wollen, können Sie das über UNDO (sofern noch möglich) oder über das Kontextmenü des Package-Eintrags (rechter Mausklick, Eintrag Löschen) tun.*

Connect-Befehl

Klicken Sie auf die Schaltfläche *Connect*. Jetzt öffnet sich das Connect-Fenster. Verbinden Sie die Pins mit den Pads durch Anklicken der zusammengehörigen Pins und Pads, wie in Abschnitt 8.2 beschrieben.
Man kann auch die Pin/Pad-Zuordnung von einer vorhandenen Package-Variante übernehmen. In unserem Beispiel unterscheidet sich die Pin/Pad-

Zuordnung nicht von der des DIL-14-Packages. Wählen Sie also aus der Combo-Box *Übernehmen von:* den Eintrag *DIL-14*.
Mit Klick auf *OK* wird der CONNECT-Befehl abgeschlossen.

Technologien definieren

Das Device 54*1032A ist in zwei Technologien verfügbar (ALS und AS). Diese müssen noch für die neue Package-Variante angelegt werden.

Selektieren Sie die Package-Variante *Test* in der Liste rechts im Device-Editor-Fenster. Ein Klick auf *Technologies* im Beschreibungsfeld öffnet ein Fenster. Darin definieren Sie unter *Neu* die Technologien *ALS* mit anschließendem Klick auf *OK* und *AS* mit anschließendem Klick auf *OK*. Beide Einträge werden jetzt mit einem Häkchen angezeigt. Ein weiter Klick auf *OK* schließt das Fenster wieder.

Speichern

Die Definition der neuen Package-Variante ist somit abgeschlossen. Speichern Sie spätestens jetzt die Bibliothek.

Verändertes Package aus einer anderen Bibliothek verwenden

Sollte kein exakt passendes, aber ein ähnliches Package in einer anderen Bibliothek enthalten sein, kann man es zunächst in die aktuelle Bibliothek importieren beziehungsweise kopieren, dann editieren, und anschließend im Device als neue Variante verwenden.

Package importieren

Es soll das Package mit dem Namen *SOP14* aus der *smd-ipc.lbr* verwendet werden. In der *my_lib.lbr* soll dieses Package einen neuen Namen erhalten, nämlich *MYSOP14*.

Add Package und Import

Öffnen Sie die Bibliothek und klicken Sie auf Add Package… in der Inhaltsübersicht. Anschließend wählen Sie Import… und wählen das Package *SOP14* aus *smd-ipc.lbr* in der Bibliotheksliste.

Aus dem Control Panel kopieren

Eine alternative Möglichkeit zum Import:

Öffnen Sie zunächst ein Bibliotheks-Editor-Fenster mit der Bibliothek, die das neue Package enthalten soll (*Datei/Öffnen/Library*). Es ist nicht notwendig einen bestimmten Editier-Modus zu wählen. Wechseln Sie nun in das Control Panel (z. B. über das *Window*-Menü) und klappen Sie den *Bibliotheken*-Zweig in der Baum-Ansicht auf. Wählen Sie die Bibliothek, in der das gewünschte Package enthalten ist und selektieren Sie es. In der rechten Hälfte des Control Panels ist jetzt die Voransicht des Packages zu sehen.

Sind Control Panel und Bibliotheks-Editor-Fenster so angeordnet, dass beide gleichzeitig sichtbar sind, kann man mit gedrückter linker Maustaste das Package in das Editor-Fenster ziehen (Drag&Drop). Nach dem Loslassen befinden Sie sich im Package-Editier-Modus im Bibliotheks-Editor. Das kopierte Package wird angezeigt.

Alternativ dazu können Sie mit der rechten Maustaste auf den Package-Eintrag klicken. Es öffnet sich ein Kontextmenü. Wählen Sie den Punkt *In Bibliothek kopieren*. Dabei ist es nicht notwendig, dass das Bibliotheks-Editor-Fenster wie vorher auf dem Desktop sichtbar ist.

Jetzt können Sie das Package beliebig editieren. Der Name des Packages wird von der ursprünglichen Bibliothek übernommen. Wollen Sie den Namen ändern, verwenden Sie den RENAME-Befehl.

Mit dem COPY-Befehl

Für die Freunde der Kommandozeile:

Tippen Sie in der Kommandozeile des Bibliotheks-Editor-Fensters (egal in welchem Editiermodus Sie sich befinden) Folgendes ein:

```
COPY SOP14@smd-ipc.lbr MYSOP14
```

Oder beispielsweise mit Pfadangabe:

```
COPY SOP14@d:\eagle\lbr\smd-ipc.lbr MYSOP14
```

Befindet sich im Pfad oder Namen ein Leerzeichen, setzt man die Angabe in einfache Hochkommas, zum Beispiel:

```
COPY 'SOP14@\P F A D\smd-ipc.lbr' MYSOP14
```

Das Package-Editor-Fenster öffnet sich. Die gewünschten Modifikationen können jetzt durchgeführt werden.

Vergessen Sie nicht die Bibliothek zu speichern.

Variante anlegen

Es soll noch eine weitere Package-Variante für das Beispiel-Device angelegt werden. Wechseln Sie in den Device-Editor-Modus, zum Beispiel über das Menü *Bibliothek/Device* des Bibliotheks-Editor-Fensters. Das *Edit*-Fenster öffnet sich. Wählen Sie den Eintrag *54*1032A*. Ein Klick auf *OK* öffnet den Device-Editor.

Über die Schaltfläche *Neu* erstellen Sie eine neue Variante. Wählen Sie im Auswahlfenster das Package MYSOP14 aus und geben Sie als *Variantenname* beispielsweise *TEST2* an. Nach Klick auf *OK* erscheint ein neuer Eintrag in der Package-Liste.

Um die Definition zu vervollständigen, führen Sie jetzt den CONNECT-Befehl und die Definition der Technologien aus (wie im vorigen Abschnitt beschrieben).

8.17 Packages in beliebigen Winkeln anlegen

Im Package-Editor kann man Bauteile in beliebigen Winkeln mit einer Auflösung von 0,1 Grad anlegen. Dazu definiert man das Package erst in der Normallage und dreht es dann als Gesamtes in die gewünschte Position. Die Definition von Packages ist in diesem Kapitel weiter vorne schon erklärt worden. Hier soll nur noch auf das Rotieren eingegangen werden.

> *Packages lassen sich in beliebigen Winkeln gedreht angelegen, Schaltplan-Symbole nur in 90-Grad-Schritten!*

Gesamtes Package drehen

Um bei unserem Beispiel aus diesem Kapitel zu bleiben, öffnen Sie die Bibliothek *my_lib.lbr*. Editieren Sie das Package *LCC-20*.

Blenden Sie über DISPLAY alle Layer ein (`DISPLAY ALL`). Nur so kann man sicher sein, dass alle Objekte rotiert werden. Mit `GROUP ALL` selektieren Sie alles.

Mit ROTATE wird die Gruppe jetzt gedreht:
Klicken Sie mit der linken Maustaste in das *Winkel*-Feld der Parameterleiste und geben Sie den gewünschten Winkel ein. Anschließend drücken Sie die *Ctrl*-Taste und klicken mit der rechten Maustaste in die Gruppe und legen den Drehpunkt fest. Das Bauteil wird jetzt rotiert dargestellt.

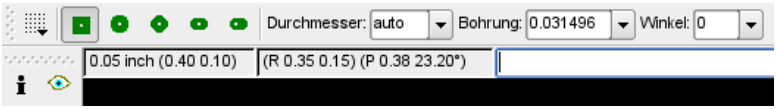
Alternativ kann man direkt mit der Kommandozeile arbeiten:

```
ROTATE R22.5 (> 0 0)
```

dreht beispielsweise die vorher selektierte Gruppe um den Punkt (0 0) um 22.5 Grad weiter. Das >-Zeichen in der Klammer bewirkt, dass die ganze Gruppe gedreht wird (entspricht einem Rechtsklick auf den Punkt (0 0)).

Packages mit radialer Pad-Anordnung

Zum Platzieren von Pads oder auch SMDs in radialer Anordnung kann man mit Polarkoordinaten arbeiten. Setzen Sie dazu zuerst mit MARK einen Referenzpunkt an der gewünschten Stelle, zum Beispiel im Bauteilmittelpunkt. In der Kommandozeile erscheinen jetzt zusätzliche Angaben zur Position des Mauszeigers.



➢ ***Package-Editor: Relativ- und Polar-Koordinatenanzeige***

Bei den mit `R` markierten Werten handelt es sich um relative Koordinaten zum vorher mit MARK gesetzten Nullpunkt. Das vorangestellte `P` bezeichnet die Polarkoordinaten bezüglich des Referenzpunkts.

Beispiel:
Es sollen 3 Pads in einer 120-Grad-Teilung auf einem Kreis mit Radius 50 mm platziert werden. Bauteilmittelpunkt liegt an der Koordinate (0 0).

```
GRID MM;
MARK (0 0);
PAD '1' (P 50 0);
PAD '2' (P 50 120);
PAD '3' (P 50 240);
```

Je nachdem, welche Padform Sie verwenden, kann es sinnvoll sein, auch die Lötpunkte gedreht zu platzieren (beispielsweise bei Long-Pads oder auch bei SMD-Anschlüssen).

Beim PAD- oder SMD-Befehl kann man direkt den Drehwinkel in der Parameterleiste oder in der Kommandozeile angeben.

Beispiel:

```
GRID MM ;
MARK (0 0);
PAD '2' LONG R120 (P 50 120) ;
```

8.18 Bibliotheken und Bauteile verwalten

Kopieren von Bauteilen

Innerhalb einer Bibliothek

Am schnellsten geht das im Übersichtsmodus der Bibliothek. Hier gibt es für jedes Objekt im Kontextmenü die Option Kopie erzeugen. Sie werden dann nach einem neuen Namen für das neue Device/Symbol/Package gefragt.

Alternative Möglichkeiten:

Soll für eine Device-Definition ein **Symbol** oder ein **Package** verwendet werden, das in ähnlicher Form schon besteht, kann man es innerhalb der Bibliothek mit Hilfe der Befehle GROUP, COPY und PASTE kopieren. Anschließend kann es beliebig modifiziert werden.

Im Folgenden sollen die einzelnen Schritte anhand eines Beispiel-Packages aus der *linear.lbr* erläutert werden.

Bibliothek öffnen

Öffnen Sie die Bibliothek *linear.lbr* über das Menü *Datei/Öffnen/Library* im Control Panel oder wählen Sie den Eintrag *Öffnen* aus dem Kontextmenü des *linear.lbr*-Eintrags im aufgeklappten *Bibliotheken*-Zweig der Baum-Ansicht. Das Bibliotheks-Editor-Fenster öffnet sich.

Vorhandenes Element laden

Öffnen Sie jetzt im Bibliotheks-Editor über *Bibliothek/Package* das *Edit*-Fenster und wählen Sie aus der Liste das Package *DIL08*. Nach Klick auf *OK* erscheint es im Package-Editor-Fenster.

Mit DISPLAY blenden Sie alle Layer ein.

Legen Sie mit GROUP einen Rahmen um alle Elemente, die kopiert werden sollen, oder tippen Sie `GROUP ALL` in der Kommandozeile.

Klicken Sie nun auf das COPY-Icon. Die Gruppe wird dadurch in die Zwischenablage gelegt.

Neues Element anlegen

Klicken Sie auf das *Package*-Icon in der Aktionsleiste. Tippen Sie im Feld *Neu* den Namen *DIL08-TEST* ein und bestätigen Sie mit einem Klick auf *OK*.

Klicken Sie das PASTE-Icon an und anschließend auf den Zeichnungsnullpunkt. Das Package wird abgesetzt.

So haben Sie das Element kopiert und können es nach Ihren Wünschen weiter editieren.

Man kann bei den Befehlen COPY und PASTE auch eine Koordinatenangabe machen. Damit kann man die Gruppe um einen definierten Betrag im Koordinatensystem verschieben. Das kann beispielsweise bei Objekten, die nicht im richtigen Raster gezeichnet wurden, interessant sein. Syntax:

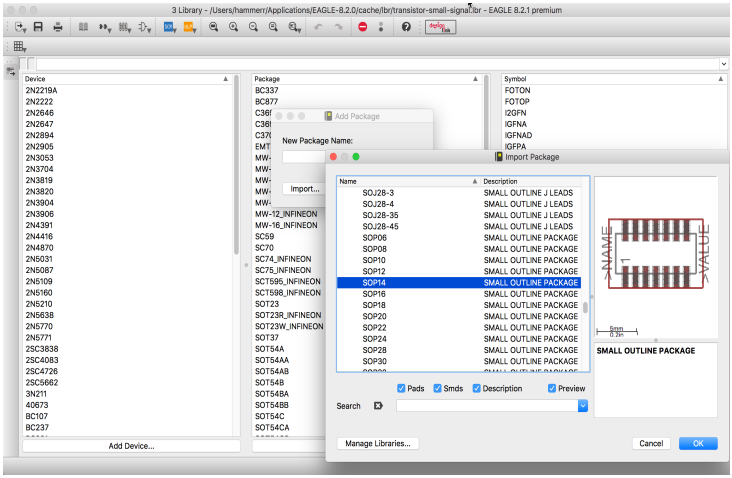
```
COPY (0 0) ;
PASTE (10 0) ;
```

Die Gruppe wird jetzt um einen Wert von 10 in x-Richtung verschoben.

Die beschriebene Vorgehensweise funktioniert genauso mit Symbolen!

Von einer Bibliothek in eine andere

Am einfachsten ist es, wenn Sie sich im Inhaltsverzeichnis der Bibliothek befinden. Klicken Sie einfach auf die Schaltfläche *Add Device…*, *Add Package…* oder *Add Symbol…* und dann im folgenden Fenster auf *Import*.



➢ ***Import Package aus dem Inhaltsverzeichnis der Bibliothek***

Weitere Möglichkeiten, Devices, Packages oder Symbole zu importieren:

Devices

Befindet sich in einer Bibliothek ein passendes Device-Set, das Sie in Ihre aktuelle Bibliothek übernehmen wollen, kann man es auf verschiedene Weisen importieren.

Im Control Panel:

Ziehen Sie das gewünschte Device-Set einfach aus der Baum-Ansicht im Control Panel mittels Drag&Drop in das geöffnete Bibliotheks-Editor-Fenster. Das vollständige Device-Set mit zugehörigen Symbol(en) und Package(s) wird kopiert und neu angelegt.

Alternativ dazu kann man auch *In Bibliothek kopieren* im Kontextmenü des Device-Eintrags verwenden.

Mit dem COPY-Befehl:

Geben Sie beispielsweise

```
COPY 75130@751xx.lbr
```

oder mit Pfadangabe

```
COPY 75130@d:\eagle\lbr\751xx.lbr
```

in der Kommandozeile an, wird das Device-Set *75130* aus der Bibliothek *751xx.lbr* in die aktuell geöffnete Bibliothek übernommen.

Enthält die Pfadangabe Leerzeichen, ist diese in einfache Hochkommas zu setzen.

```
COPY '75130@d:\P F A D\751xx.lbr'
```

Soll das Device unter einem anderen Namen abgelegt werden, kann man den neuen Device-Namen direkt angeben.

```
COPY 75130@751xx.lbr 75130NEU
```

Symbole

Symbole werden von einer Bibliothek in eine andere genauso kopiert, wie Devices. Entweder mit Drag&Drop vom Control Panel in das geöffnete Bibliothekseditor-Fenster oder über den Kontextmenüeintrag *In Bibliothek kopieren*.

Sie können auch den COPY-Befehl dafür verwenden:

```
COPY diode.sym@npn.lbr diode-neu
```

Packages

Die Vorgehensweise zum Kopieren von Packages entspricht weitgehend dem Kopieren von Device-Sets.

Ziehen Sie entweder das gewünschte Package aus der Baum-Ansicht im Control Panel mittels Drag&Drop in das geöffnete Bibliotheks-Editor-Fenster. Dabei wird das vollständige Package kopiert und in der aktuellen Bibliothek neu angelegt. Alternativ dazu kann man auch den Eintrag *In Bibliothek kopieren* im Kontextmenü des Package-Eintrags verwenden.

Oder nehmen Sie den COPY-Befehl. Tippen Sie beispielsweise

```
COPY DIL16@751xx.lbr
```

in die Kommandozeile, wird das Package *DIL16* aus der Bibliothek *751xx.lbr* in die aktuell geöffnete Bibliothek übernommen. Falls die Bibliothek nicht im aktuellen Arbeitsverzeichnis liegt, muss man den Pfad angeben, also zum Beispiel:

```
COPY DIL16@\eagle\mylbr\751xx.lbr
```

Enthält die Pfadangabe Leerzeichen, ist das Ganze in einfache Hochkommas zu setzen:

```
COPY 'DIL16@D:\P F A D\mylbr\751xx.lbr'
```

Soll das Package unter einem anderen Namen abgelegt werden, kann man den neuen Package-Namen direkt angeben:

```
COPY DIL16@\eagle\mylbr\751xx.lbr DIL16NEU
```

Das Package wird unter dem Namen *DIL16NEU* angelegt.

Wollen Sie beispielsweise ein Package kopieren, das in der Ziel-Bibliothek schon unter diesem Namen existiert, wird es einfach durch das neue Package ersetzt.

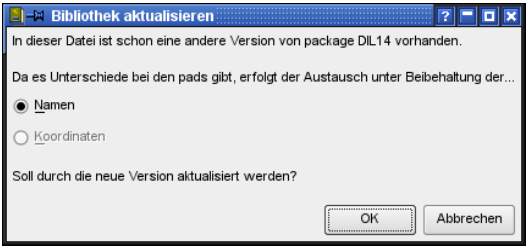
Wird das Package bereits in einem Device verwendet und ändert sich entweder die Position oder der Name eines oder mehrerer Pads bzw. SMDs, kommt es zu einem Hinweis, in welcher Weise die Lötflächen ersetzt werden. Dieser Vorgang kann auch abgebrochen werden. In diesem Fall bleibt das Package unverändert.

Sind die Nummerierung und die Position der Lötflächen gleich, aber die Reihenfolge verändert, werden Sie gefragt, wie ersetzt werden soll. Je nach Modus ändert sich die Verbindung zwischen Pins und Pads des Devices (CONNECT-Befehl).

Zusammenstellen eigener Bibliotheken

Durch die vorher angesprochenen Methoden, Bibliothekselemente zu kopieren, ist es sehr einfach, eigene Bibliotheken mit ausgesuchten Inhalten zusammenzustellen.

Ordnet man Control Panel und Bibliotheks-Editor-Fenster nebeneinander an, kann man einfach beim Durchsehen der Bibliotheksinhalte im Control Panel einzelne Elemente mit Drag&Drop oder über das Kontextmenü (*In Bibliothek kopieren*) des jeweiligen Device- bzw. Package-Eintrags eine eigene Bibliothek zusammen stellen.



➢ ***Abfrage des Update-Modus***

Bibliothekselemente löschen und umbenennen

> *Am einfachsten ist es, im Inhaltsverzeichnis der Bibliothek Objekte umzubenennen oder zu löschen. Mit einem Rechtsklick auf ein Objekt öffnet sich das Kontextmenü in dem Sie den entsprechenden Eintrag wählen.*

Devices, Symbole und Packages lassen sich mit dem REMOVE-Befehl aus der Bibliothek entfernen. Das Anlegen eines neuen Bibliothekselements kann nicht mit UNDO rückgängig gemacht werden.

Beispiel:
Sie wollen das Package mit dem Namen DIL16 löschen.
Gehen Sie in das Menü *Bibliothek/Löschen...*. Es öffnet sich ein Dialogfeld in das Sie den Namen des zu löschenden Objekts eingeben.

Das geht auch direkt in der Kommandozeile:

```
REMOVE DIL16
```

Packages und Symbole können nur gelöscht werden, wenn sie nicht in einem Device verwendet werden. Ansonsten gibt EAGLE die Meldung *Das Package wird verwendet!* bzw. *Das Symbol wird verwendet!* aus. Das entsprechende De-

vice muss vorher gelöscht werden beziehungsweise das entsprechende Package oder Symbol aus dem Device(-Set) entfernt werden.

Wollen Sie ein Bibliothekselement umbenennen, verwenden Sie den Befehl RENAME. Öffnen Sie zunächst das Editor-Fenster mit dem entsprechenden Element , das umbenannt werden soll. Wählen Sie den Befehl über das Menü *Bibliothek/Umbenennen* und geben Sie den neuen Namen in das geöffnete Dialogfeld ein.

Das geht zum Beispiel auch direkt in der Kommandozeile:

```
RENAME DIL16 DIL-16
```

Das Package DIL16 erhält den neuen Namen DIL-16.

Der Device-, Symbol- und Package-Name darf auch mit Extension (*.dev*, *.sym*, *.pac*) angegeben werden, zum Beispiel:

```
REMOVE DIL16.PAC
```

In diesem Fall ist es nicht notwendig, vorher in den entsprechenden Editiermodus zu wechseln.

Packages in Bibliotheken aktualisieren

Wie schon vorher im Abschnitt *Kopieren von Bauteilen* erwähnt, kann man Packages von einer Bibliothek in eine andere kopieren. Dabei wird ein schon vorhandenes Package durch das andere ersetzt.
Jede Bibliothek enthält Packages, die man zur Device-Definition benötigt. In vielen Bibliotheken findet man immer wieder dieselben Bauformen. Um alle in den verschiedenen Bibliotheken einheitlich zu halten, ist es möglich mit Hilfe des UPDATE-Befehls alle Packages in einer Bibliothek durch die einer anderen zu ersetzen. Existiert ein Bauteil mit passendem Namen, wird es durch die aktuelle Definition ersetzt.

Wenn Sie besondere Anforderungen an Packages haben, können Sie diese beispielsweise in eigenen Package- oder SMD-Bibliotheken definieren. Mit dem UPDATE-Befehl kann man sie einfach auf andere Bibliotheken übertragen.

Öffnen Sie dazu die Bibliothek, die aktualisiert werden soll, und wählen Sie den Menüpunkt *Bibliothek/Aktualisieren...*. Selektieren Sie die Bibliothek aus der die Packages übernommen werden sollen.

Nach Beenden des Vorgangs meldet EAGLE in der Statuszeile des Bibliotheks-Editor *Update: beendet - Bibliothek verändert!*
Wurde nichts ersetzt, meldet EAGLE: *Update: beendet - nichts zu tun.*

Alternativ kann man den Befehl auch in der Kommandozeile eingeben. Enthält beispielsweise die Bibliothek *ref-packages.lbr* Packages, die übernommen werden sollen, tippen Sie:

```
UPDATE ref-packages.lbr
```

Sollen aus verschiedenen Bibliotheken Packages übernommen werden, kann man diese hintereinander angeben:

```
UPDATE ref-package.lbr rcl.lbr smd-special.lbr
```

Möchten Sie nur ein einzelnes Package aktualisieren, geben Sie direkt den Packagenamen an:

```
UPDATE SO14@ref-packages
```

Die Dateierweiterung *.lbr* muss nicht angegeben werden. Es kann auch der vollständige Pfad zur Bibliothek angegeben werden. Siehe dazu die Hinweise zum COPY-Befehl auf Seite 335.

Kapitel 9
Erstellen der Fertigungsunterlagen

9.1 Welche Daten braucht man zur Platinenfertigung?

Übersicht

Gerberdaten

Der Leiterplattenhersteller braucht beim Fertigungsprozess der Platine für jeden Arbeitsschritt eine spezielle Datei mit Plot- oder Bohrinformationen. Beispielsweise je eine Datei für die Kupferlagen, für den Bestückungsdruck, die Lötstopmaske, die Lotpastenmaske, für eine Veredelungsschicht (z. B. Goldkontakte), möglicherweise eine Klebemaske für SMD-Bauteile oder Fräsdaten für Ausbrüche in der Platine.
Bei zweiseitig bestückten Platinen braucht er den Bestückungsdruck, oder bei SMD-Bauteilen die Lotpastenmaske oder eine Klebemaske jeweils für oben und unten.

Bohrdaten

Zusätzlich benötigt er eine separate Datei mit Bohrdaten.

Fräsdaten

Will man eine Prototyp-Platine fräsen, müssen die Fräskonturen zuerst berechnet und dann für die Maschine geeignet ausgegeben werden.

Bestückungsdaten

Soll die Platine automatisch bestückt oder getestet werden, benötigt man weitere Daten in geeigneten Formaten.

Stückliste

Die Stückliste enthälte alle Komponenten, die für das Board notwendig sind.

Bohr-Legende

Eine Legende mit der Zuordnung von Bohrsymbol zu Bohrdurchmesser kann beim Handbohren sehr nützlich sein.

Gerber-Plotdaten

Alle Leiterplatten-Hersteller verwenden Gerberformat.

Der CAM-Prozessor unterstützt Gerber X2.

Das Standard-Ausgabeformat ist das Extended-Gerber-Format, Gerber RS-274X, verwenden. Im CAM-Prozessor finden Sie es unter der Bezeichnung GERBER RS-274X.

Es kann vorkommen, dass ein Leiterplattenhersteller oder ein Plotgerät mit der älteren Gerber-Option RS-274D arbeitet. Dies erfordert die Erzeugung von Daten mit den Geräten GERBERAUTO und GERBER, die im Abschnitt *Legacy* des CAM-Prozessors unterstützt werden.

Gerberdaten (RS-274D) bestehen grundsätzlich aus zwei Teilen:

Die sogenannte Aperture-Datei oder Wheel-Datei, eine spezielle Werkzeugtabelle und die Plotdaten, die Koordinaten und Zeicheninformationen für den Gerber-Plotter enthalten.

GERBER X2

Dieses Datenformat enthält neben der Gerber-Plot-Information und Aperture-Konfiguration noch einige Details zur Dateifunktion, Layer-Informationen, Polarität und einigen weiteren Details. Diese helfen dem Leiterplattenhersteller zu erkennen, was zu tun ist.

Auflösung und Einheiten der Gerber-Datei können direkt im CAM-Prozessor-Fenster eingestellt werden. Das Standardformat ist 3,4 metrisch, was zu einer Auflösung von 0,0001 mm führt.

GERBER_RS274X

Dieser Treiber erzeugt das Extended-Gerber-Format (RS-274X) und vereinigt Blendentabelle und zugehörige Plotdaten in einer gemeinsamen Datei. Mit dem Treiber *GERBER_RS274X* erzeugt man einfach die einzelnen Gerber-Dateien und gibt diese an den Platinenhersteller weiter. Das ist die für Sie derzeit einfachste Methode, Gerberdaten zu erstellen.

Die Genauigkeit und die Einheit der Ausgabe kann im CAM-przessor direkt eingestellt werden.

Bohrdaten

Die Erstellung von Bohrdaten entspricht in vielem der Ausgabe von Plotdaten. Als Ausgabetreiber wird im CAM-Prozessor das Format *Excellon* verwendet.
Sieb&Meyer 1000 bzw. *3000* wird nur noch von Legacy-CAM-Jobs unterstützt.

Im einfachsten Fall werden alle Bohrungen der Platine gemeinsam in eine Datei ausgegeben.
Will man durchkontaktierte von nicht-durchkontaktierten Bohrungen unterscheiden, muss man zwei Bohrdateien erzeugen. EAGLE unterscheidet die durchkontaktierten Bohrungen von Pads und Vias im Layer 44, *Drills,* von den nicht-durchkontaktierten im Layer 45, *Holes*, die man mit dem Befehl HOLE platziert hat.

Wenn man eine Multilayer-Platine mit Blind- und/oder Buried-Vias und den daraus resultierenden unterschiedlichen Bohrlängen hat, kümmert sich der CAM-Prozessor automatisch um die verschiedenen Bohrlängen. Für jede Bohrlänge wird eine eigene Datei mit den relevanten Bohrdaten erzeugt. Weitere Informationen dazu finden Sie im Kapitel 9.5 ab Seite 352.

EXCELLON

Mit diesem Treiber erzeugt der CAM-Prozessor eine Datei, die Bohrertabelle und Bohrkoordinaten gemeinsam enthält. Das ist der übliche und schnellste Weg, Bohrdaten zu erzeugen.
Die Auflösung des Treibers und die Einheit wird direkt im CAM-Prozessor eingestellt (Standardformat: 3.3 in mm). Es werden keine führenden Nullen ausgegeben.

SM1000 und SM3000

Nur für Legacy-Jobs aus älteren Versionen!

Diese Treiber erzeugen Bohrdaten im Format Sieb&Meyer 1000 bzw. 3000. *SM1000* hat eine Auflösung von 1/100 mm, *SM 3000* von 1/1000 mm.

Zuerst erzeugt man mit *drillcfg.ulp* eine Bohrertabelle, anschließend mit dem CAM-Prozessor unter Angabe der Bohrertabelle die Bohrdaten.

Prototypenfertigung mit einer Fräsmaschine

Zur Herstellung eines Prototypen gibt es verschiedene User-Language-Programme, die Konturdaten für eine Fräsmaschine oder einen Fräs-Bohr-Plotter erzeugen können.

mill-outlines.ulp

Ein weiteres User-Language-Programm zum Erzeugen von Kontur- und Bohrdaten mit der Möglichkeit, verschiedene Parameter und Optionen zu wählen, ist *mill-outlines.ulp*. Starten Sie es einfach über den RUN-Befehl im Layout-Editor. Das ULP bietet eine direkte Hilfe-Funktion.

Auch bei diesem Programm kann man zum Beispiel direkt CNC- oder HPGL-Daten ausgeben oder eine Script-Datei erzeugen lassen, die man mit Hilfe des SCRIPT-Befehls ins Layout einlesen kann. Die Fräsdaten können bei Bedarf modifiziert und dann über den CAM-Prozessor generiert werden.

Folienerstellung über einen Drucker

Für die Fertigung von einfachere Platinen kann man mit einem Laser- oder Tintenstrahldrucker eine Folie bedrucken. Diese Methode wird in vielen Fällen von Hobbyanwendern zur schnellen und kostengünstigen Herstellung einer Musterplatine angewandt. Man druckt dabei mit dem PRINT-Befehl.

Die Layer, die im Layout-Editor zum Zeitpunkt des Ausdrucks sichtbar sind, werden gedruckt. Für Folien sollten die beiden Optionen *Schwarz* und *Gefüllt* aktiviert sein.

Die Bohrlöcher von Pads und Vias sind im Ausdruck sichtbar. So erkennt man beim Bohren der Löcher von Hand die Position. Um eine gute Zentrierung des Bohrers zu erhalten, sollte die Öffnung des Pads oder Vias nicht zu groß sein. Man kann sich hier mit dem User-Language-Programm *drill-aid.ulp* behelfen. Vor dem Ausdrucken gestartet, zeichnet es in einem eigenen Layer einen Ring innerhalb des Bohrloches der einen vorgegebenen Durchmesser, üblicherweise 0,3 bis 0,4 mm, offen hält. Dieser Layer muss beim Ausdruck zusätzlich eingeschaltet sein.

Daten für Bestückungs- und Testautomaten

EAGLE bringt einige ULPs mit, die es ermöglichen, Daten für verschiedene Bestückungsautomaten und In-Circuit-Testautomaten zu erzeugen. Im ULP-Verzeichnis finden Sie verschiedene Programme.

Die Beschreibung eines ULPs sehen Sie direkt im EAGLE-Control-Panel, indem Sie in der Baum-Ansicht den Zweig *User-Language-Programme* aufklappen und das gewünschte ULP mit der Maus anwählen. Rechts erscheint die Beschreibung. Man kann die ULP-Datei auch mit einem Texteditor öffnen. Üblicherweise findet man am Anfang der Datei die zugehörige Beschreibung.

ULPs für Bestückungsautomaten (Auswahl):

mount.ulp	Erzeugt eine Datei mit Mittelpunktskoordinaten aller Bauteile
mountsmd.ulp	Mittelpunktskoordinaten für SMD-Bauteile, je eine Datei für Ober- und Unterseite

ULPs für Testautomaten (Auswahl):

dif40.ulp	DIF-4.0-Format von Digitaltest
fabmaster.ulp	Fabmaster-Format FATF REV 11.1
gencad.ulp	GenCAD-Format für Teradyne/GenRad In-Circuit-Tester
unidat.ulp	UNIDAT-Format

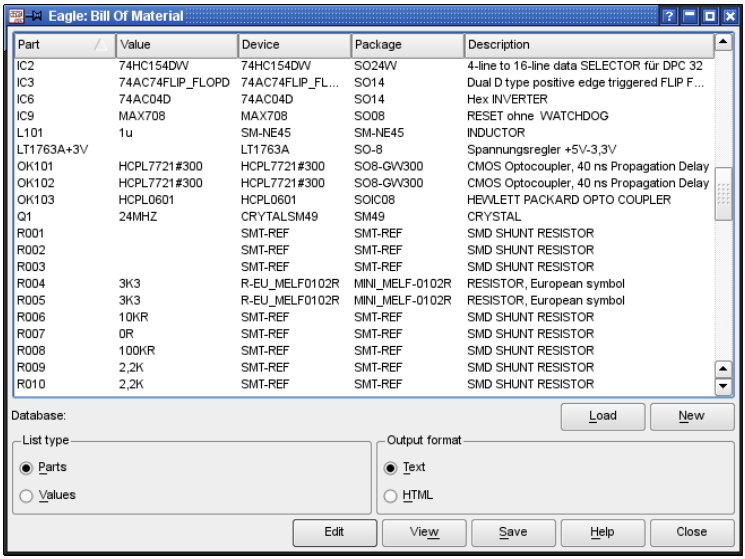
Führen Sie den RUN-Befehl im Layout-Editor-Fenster aus, um eines dieser User-Language-Programme zu starten.

Dokumentationsunterlagen

Viele Unterlagen können mit Hilfe von User-Language-Programmen erzeugt werden. Beachten Sie auch die zahlreichen Programme, die im Download-Bereich auf unserem Web-Server zur Verfügung gestellt werden. Gerade das *bom.ulp* zur Stücklistenerzeugung wurde von vielen Anwendern als Basis für Weiterentwicklungen genommen.

Stückliste

Die Stückliste wird über das *bom.ulp* erzeugt. Starten Sie es im Schaltplan-Editor über den RUN-Befehl. Es öffnet sich das Fenster *EAGLE Stückliste* mit der Bauteile-Übersicht.



➢ ***bom.ulp: Dialog-Fenster***

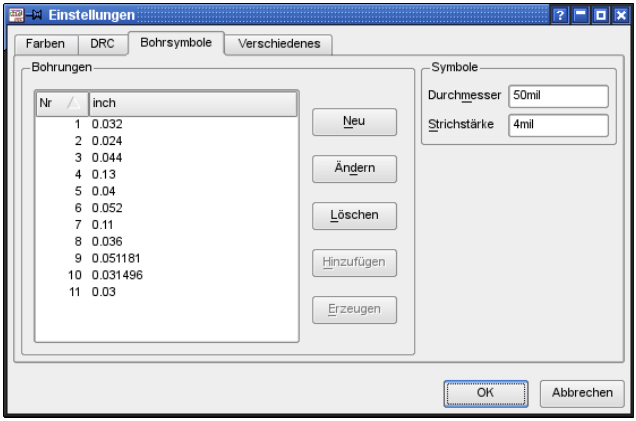
Es ist möglich, zusätzliche Informationen aus einer Datenbankdatei in die Stückliste zu importieren (*Laden*) oder eine neue Datenbank mit eigenen Eigenschaften (z. B. Hersteller, Lagernummer, Materialnummer, Preis) zu erzeugen (*Neu*). Weitere Details zur aktuellen Version des ULPs erfahren Sie über die *Hilfe*-Schaltfläche.

Eine einfache Stückliste für den Schaltplan, sowie auch für eine Platine ohne Schaltplan, kann man über den EXPORT-Befehl, Option *Partlist* erzeugen.

Bohrplan

Zur optischen Kontrolle der Bohrungen kann man einen Bohrplan ausdrucken oder davon eine PDF-Datei erstellen, der für unterschiedliche Bohrdurchmesser unterschiedliche Symbole enthält. EAGLE kennt 19 verschiedene Symbole. Davon sind 18 bestimmten Durchmessern zugeordnet. Eines, das Durchmesserzeichen (Ø), erscheint bei Bohrdurchmessern, für die kein eigenes Symbol definiert ist. Die Symbole erscheinen in den Layern 44 *Drills* und 45 *Holes* an den Stellen, an denen sich Pads oder Vias bzw. Holes befinden.

Die Zuordnung der Symbole zu den Bohrdurchmessern definiert man im *Optionen/Einstellungen/Bohrsymbole*-Dialog des Layout-Editors.



➢ ***Dialog zur Konfiguration der Bohrsymbole***

Über die Schaltflächen *Neu*, *Ändern*, *Löschen* und *Hinzufügen* kann man eine neue Tabelle erstellen, einzelne Einträge modifizieren, löschen oder neue hinzufügen.
Mit *Erzeugen* extrahiert man aus dem Layout alle Bohrdurchmesser und ordnet sie automatisch einer Bohrsymbolnummer zu. *Durchmesser* und *Strichstärke* bestimmen das Aussehen des Bohrsymbols am Bildschirm und beim Ausdruck.

Oben im Bild ist beispielsweise das Bohrsymbol *1* einer Bohrung mit dem Durchmesser 0.01 inch zugeordnet. In der folgenden Abbildung sehen Sie, wie das zugehörige Bohrsymbol im Layer 44 *Drills* bzw. 45 *Holes* im Layout-Editor dargestellt wird. Das Bohrsymbol 1 sieht aus wie ein Plus-Zeichen (+).

➢ ***Zuordnung der Bohrsymbole***

Die Zuordnung der Bohrsymbole wird in der benutzerspezifischen Datei *eaglerc*.

Bohrerlegende

Um Bohrsymbolzuordnung zu dokumentieren, gibt es ein praktisches User-Language-Programm, das es erlaubt eine Bohrerlegende zu erzeugen.
Dazu ist das *drill-legend.ulp* geeignet.

Zuerst lässt man über das Menü *Optionen/Einstellungen/Bohrsymbole* mit der Schaltfläche *Erzeugen* automatisch die Zuordnung der Bohrsymbole zu den im Layout verwendeten Bohrdurchmessern generieren.

Anschließend starten Sie das *drill-legend.ulp*. Dieses erzeugt im neu kreierten Layer 144 eine Tabelle und zeichnet an den entsprechenden Positionen die Bohrsymbole. Für einen Ausdruck blendet man den Layer 144 und evtl. auch Layer 20 *Dimension* ein.

Will man die generierten Symbole und die Tabelle wieder entfernen, kann man das ganz einfach mit GROUP und DELETE im Layer 144.

Projekte mit Bestückungsvarianten

Der CAM-Prozessor erzeugt grundsätzlich Daten für die Bestückungsvariante mit der die Boarddatei gespeichert wurde. Unten im CAM-Prozessor-Fenster wird neben dem Dateinamen der Boarddatei auch die gewählte Bestückungsvariante angezeigt.
Möchten Sie für eine andere Bestückungsvariante Daten erzeugen, sollten Sie zunächst im Schaltplan des Projekts die gewünschte Variante auswählen und Schaltplan- und Boarddatei speichern. Starten Sie dann den CAM-Prozessor erneut.

Wenn Sie den CAM-Prozessor über die Kommandozeile (Eingabeaufforderung, Terminal-Fenster...) starten *(eagle -X)* brauchen Sie die Option *-A* um die Bestückungsvariante anzugeben. Mehr Informationen zu den Kommandozeilenoptionen finden Sie im Anhang ab Seite 359.

9.2 Regeln, die Zeit und Geld sparen

- Jeder Layer sollte unbedingt eindeutig gekennzeichnet sein (z. B. BS für Bestückungsseite, LS für Lötseite).
- Es kann sinnvoll sein, Passermarken, die z. B. im Layer 49 *Reference* definiert werden, zu verwenden. Beim Erstellen der Fertigungsdaten werden diese zusammen mit den Signallayern ausgegeben. Fragen Sie hierzu Ihren Leiterplattenhersteller. Passermarken finden Sie in *marks.lbr*. Für eine genaue Fixierung der einzelnen Lagen beim Fertigungsprozess sind im Board drei Passermarken üblich.
- Aus Kostengründen sollten Sie Engstellen unter 0,15 mm vermeiden.
- Üblicherweise wird im Layer 20 *Dimension* eine geschlossene Platinenkontur gezeichnet, die als Maß für die Platine verwendet wird.

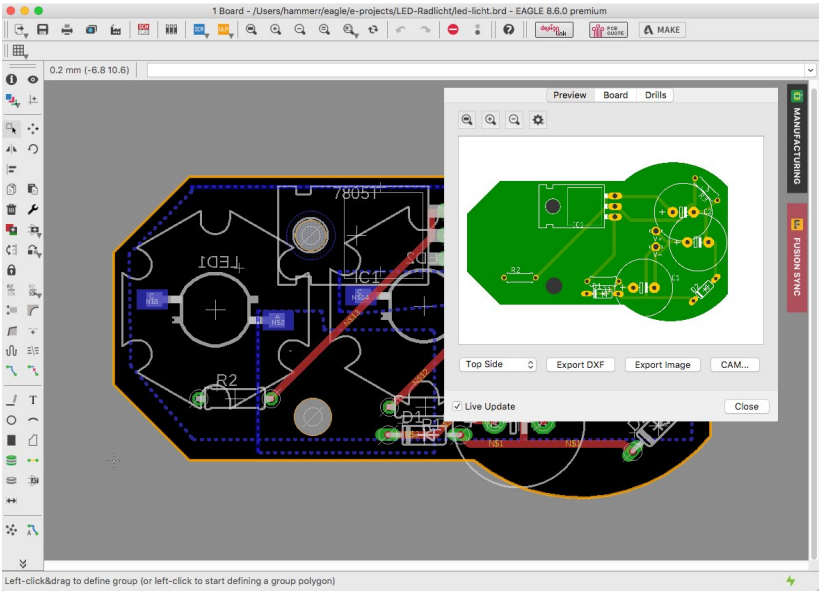
- Wenn Ihre Platine Ausfräsungen hat, klären Sie bitte mit dem Leiterplattenhersteller, in welchem Layer diese gezeichnet werden sollen. Siehe auch Seite 351.
- Grundsätzlich sollten Sie mindestens einen 1 mm breiten Rand der Platine von Kupfer freihalten. So vermeiden Sie bei Multilayer-Platinen auch mögliche Kurzschlüsse zwischen Innenlagen, die über die Außenkante der Platine entstehen können.
- Achten Sie darauf, dass die Strichstärke für Polygone nicht zu klein gewählt oder gar auf 0 gesetzt ist. Das führt zu riesigen Datenmengen und zu Problemen beim Fertigen der Leiterplatte.
- Wie schon beim TEXT-Befehl erwähnt, sollten Texte in Kupferlayern immer mit Vektor-Font geschrieben werden. Nur so ist sichergestellt, dass die Texte auf der Platine genauso aussehen, wie sie im Layout-Editor dargestellt werden.
  Um ganz sicher zu gehen, können Sie die Optionen *Immer Vektor-Schrift* und *In diese Zeichnung einprägen* im Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* aktivieren bevor Sie die Boarddatei an den Leiterplattenhersteller weitergeben.
- Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass bei Multilayer-Platinen mit Blind-, Buried- oder Micro-Vias alle Fragen bezüglich Layer-Aufbau, Schichtdicken und Bohrdurchmesser vorher zu klären sind.
- Geben Sie dem Platinenhersteller eine Textdatei mit Hinweisen zu eventuellen Besonderheiten der Platine mit. Beispielsweise Informationen über die verwendeten Layer, eventuelle Fräskonturen usw. Das spart Zeit und möglichen Ärger.

9.3 Wichtiger Hinweis zum CAM-Prozessor und zum CAM-Exporter seit V8.6

Autodesk EAGLE 8.6.0 kommt mit einem überarbeiteten CAM-Prozessor.

Dieser Abschnitt wurde eingefügt, um Sie darauf aufmerksam zu machen, dass die folgenden Abschnitte grundsätzlich zwar richtig sind, aber viele Details, die erwähnt werden, nicht mehr auf dem neuesten Stand sind. Die Hauptunterschiede findet man in der Bedienung des CAM-Prozessors und beim CAM-Exporter.

Der MANUFACTURING-Befehl, der mit Version 8.6.0 eingeführt wird, öffnet ein Fenster, das es erlaubt, eine Vorschau auf die Fertigungsdaten zu sehen. Man blickt sozusagen durch das Auge des Herstellers.



➢ ***Manufacturing-Flyout mit Live Board Preview***

In der Abbildung oben sieht man rechts oben in der Zeichenfläche das Manufacturing-Flyout und die Live-Board-Voransicht, das CAM-Exporter-Fenster. Mit den Tabs in diesem Fenster kann man zwischen *Preview* (Voransicht), *Drills* (Bohrtabelle) und *Board*-Eigenschaften umschalten.

Von hier aus kann man auch Daten im DXF-Format, als Multi-Layer-Datei, oder ein Bild im JPG- oder SVG-Format ausgeben.

Klickt man auf die Schaltfläche *CAM*, startet man den CAM-Prozessor. Das geht auch über das aus vorherigen Versionen bekannte CAM-Prozessor-Icon in der Aktionsleiste. Mit dem Icon rechts daneben kann man ebenfalls das Manufacturing-Flyout starten.

Das Aussehen des CAM-Prozessors hat sich in Version 8.6.0 geändert.

Der CAM-Prozessor gibt Fertigungsdaten standardmäßig im GERBER RS274X Format aus; Bohrdaten im EXCELLON-Format. Genauigkeit und Einheit kann man direkt im CAM-Prozessor-Fenster einstellen. Klickt man auf einen der Einträge in der *Output Files* Liste, ändert sich entsprechend die Vorschau und auch die Einstellungsmöglichkeiten.

Für die üblichen Lagenaufbauten wählt EAGLE die richtige CAM-Job-Vorlage (Template).

Aktivieren Sie die Option *Export as ZIP* um alle Dateien automatisch in ein komprimiertes Archiv zu exportieren. Damit erhalten Sie eine Archivdatei, die alle Daten für den Leiterplatten-Hersteller enthält. Sie brauchen dann nur diese eine Archivdatei .zip weitergeben.

Mit der Option *Negative Polarity* kann man die Ausgabe der Gerberdatei invertieren. Das ist zum Beispiel bei der Ausgabe der Dateien für die Lötstoppmaske standardmäßig der Fall.

Alle CAM-Jobs, die in Vorgänger-Versionen verwendet wurden, können auch hier verwendet werden. Mit einem Rechtsklick auf den Eintrag *Legacy* findet man im Kontextmenü entsprechende Möglichkeiten.
Auch das Löschen eines Jobs (also das entfernen aus der Liste) ist so möglich.

Process Job erzeugt dann alle Daten, die in der *Output Files* Liste vorhanden sind.

Es gibt einige kurze Trainings-Videos auf dem Autodesk EAGLE Youtube-Kanal. Bitte sehen Sie sich diese Videos an. So erhalten Sie eine ausführliche Einführung in die neuen Funktionen des CAM-Prozessors.

Allgemeine Hinweise zur Erstellung von Fertigungsdaten:

Die Datenausgabe für die Platinenherstellung erfolgt über den CAM-Prozessor. Der Leiterplattenhersteller verwendet zur Fertigung der Platine üblicherweise Bohrdaten im *Excellon*-Format und Plotdaten im *Gerber*-Format. Wie diese Daten erzeugt werden und welche Daten Sie an den Leiterplattenhersteller weitergeben müssen, erfahren Sie in diesem Kapitel.

Viele Leiterplattenhersteller erzeugen die Plotdaten mit EAGLE selbst, so dass Sie dann nur die Boarddatei weitergeben und sich nicht um das Erstellen der Fertigungsdaten kümmern müssen. Eine Auswahl solcher Unternehmen finden Sie zum Beispiel auf unseren Internet-Seiten.

Mit Hilfe von *pcb-service.ulp* können Sie sich über *element14.com* ein Angebot von Partnern von Farnell/Newark zur Leiterplattenfertigung erstellen lassen. Basierend auf Ihr Layout und den Design-Regeln werden Kenngrößen zur Fertigung der Leiterplatte ermittelt, wie zum Beispiel Platinengröße, kleinster Bohrdurchmesser usw.
Ihr Design sollte möglichst vollständig und ein erfolgreicher DRC durchgeführt worden sein. Durch Klicken auf den Link unten im ULP-Fenster gelangen Sie zur Angebotsseite von *element14*, wo diese Parameter übernommen werden (Login erforderlich). Mit wenigen Schritten erhalten Sie so ein Angebot zur Fertigung Ihres Boards.

Wenn Ihr Platinenhersteller nicht darauf eingerichtet ist, EAGLE-Board-Dateien direkt zu verarbeiten, erfahren Sie in den nächsten Abschnitten, wie die Ausgabe funktioniert und auf was Sie dabei achten sollten.

Im Internet und in Ihrer EAGLE-Installation gibt es viele User-Language-Programme, die beim Erstellen von Fertigungsdaten aller Art nützlich sein können, etwa zur Ausgabe von Daten für Klebemasken, zur Berechnung von Fräskonturen oder zum Ausgeben von Bestückungsdaten.

9.4 Welche Dateien brauche ich für meine Platine?

Im bisherigen Kapitel haben Sie etwas über die Grundlagen der Datenausgabe und über die Vorgehensweise mit Hilfe von vordefinierten Jobs für Standardplatinen erfahren. In diesem Abschnitt finden Sie eine Übersicht der üblichen Dateien die für eine Platine erstellt werden müssen.

Dateiliste

Die einzelnen Ausgabedateien in den CAM-Jobs werden üblicherweise durch die Dateiendungen unterschieden. Sie dürfen aber jeden beliebigen Dateinamen verwenden.

Im CAM-Prozessor hat man die Möglichkeit, verschiedene Platzhalter für die Gestaltung der Outputdateien zu verwenden. Üblicherweise wird der Name der Boarddatei mit einer besonderen Endung verwendet. Für den Dateinamen der Boarddatei ohne Dateierweiterung wird *%N* verwendet. Man schreibt zum Beispiel im Feld *Datei* unter *Ausgabe: %N.cmp*. Der resultierende Dateiname setzt sich dann zusammen aus dem Namen der Boarddatei plus der angegebenen Endung (also *boardname.cmp*). Auch in der Tabelle steht *%N* für den Namen der geladenen Boarddatei, für die Fertigungsdaten erzeugt werden sollen.

	Dateiname	***Ausgewählte Layer***	***Bezeichnung***
Signallagen			
❑	*%N.**cmp***	***1 Top, 17 Pads, 18 Vias***	Bestückungsseite
❑	*%N.**sol***	***16 Bottom, 17 Pads, 18Vias***	***Lötseite***
Innenlagen			
❑	*%N.**ly2***	***2 Route2, 17 Pads, 18 Vias***	***Innenlage 2***

❑	*%N.ly3*	*3 Route3, 17 Pads, 18 Vias*	*Innenlage 3*
	.....	.....	.....
❑	*%N.l15*	*15 Route15, 17 Pads, 18 Vias*	*Innenlage 15*
Bestückungsdruck			
❑	*%N.plc*	*21 tPlace, 25 tNames, evtl. 20 Dimension (*)*	*Bestückungsdruck oben*
❑	*%N.pls*	*22 bPlace, 26 bNames evtl. 20 Dimension (*)*	*Bestückungsdruck unten*
Lötstopmaske			
❑	*%N.stc*	*29 tStop*	*Lötstopmaske oben*
❑	*%N.sts*	*30 bStop*	*Lötstopmaske unten*
Lotpastenmaske (bei SMD-Bestückung)			
❑	*%N.crc*	*31 tCream*	*Lotpastenmaske oben*
❑	*%N.crs*	*32 bCream*	*Lotpastenmaske unten*
Fräskonturen für Ausbrüche, Langlöcher			
❑	*%N.mill*	*46 Milling (**)*	*Metallisierte Fräskonturen*
❑	*%N.dim*	*20 Dimension (**)*	*Nicht metallisierte Fräskonturen*
Veredelungsmasken (z.B. Vergoldung)			
❑	*%N.fic*	*33 tFinish*	*Veredelung oben*
❑	*%N.fis*	*34 bFinish*	*Veredelung unten*
Klebepunkte (für große SMD-Bauteile)			
❑	*%N.glc*	*35 tGlue*	*Klebemaske oben*

❑	*%N.gls*	*36 bGlue*	*Klebemaske unten*
Bohrdaten			
❑	*%N.drd*	*44 Drills, 45 Holes*	*Alle Bohrungen*
Bei Unterscheidung von durchkontaktiert und nicht-durchkontaktiert			
❑	*%N.drd*	*44 Drills*	*Durchkontaktierte Bohrungen*
❑	*%N.hol*	*45 Holes*	*Nicht durchkontaktierte Bohrungen*

(*) Bitte klären Sie mit dem Leiterplattenhersteller, ob Sie den Platinenumriss separat im Layer 20 ausgeben sollen oder ob dieser Layer gemeinsam mit dem Bestückungsdruck ausgegeben werden kann.
(**) Wenn zusätzliche Ausfräsungen in der Platine sind, sollten Sie mit dem LP-Hersteller klären, in welchem Layer (20 Dimension, 46 Milling, oder in beiden) diese gezeichnet werden sollen!

Platzhalter für die Namensgestaltung für Ausgabedateien

%D{xxx}	*xxx steht für eine Zeichenfolge, die nur im Namen der Datendatei eingesetzt wird*
%E	*Dateierweiterung der geladenen Datei, ohne den '.'*
%H	*Home-Verzeichnis des Benutzers*
%I{xxx}	*xxx steht für eine Zeichenfolge, die nur im Namen der Infodatei eingesetzt wird*
%L	*Layer-Nummern für Blind- & Buried Vias*
%N	*Name der geladenen Datei (ohne Pfad und Dateiendung)*
%P	*der Verzeichnis-Pfad der geladenen Schaltplan- oder Board-Datei*
%%	*das Zeichen '%'*

Die Platzhalter werden nur in Großbuchstaben erkannt!

Hinweis zur Gestaltung der Dateiendungen

cmp steht für Component side, also die Oberseite, und *sol* für Solder side, die Unter-(Löt-)seite der Platine. Oft ist es sinnvoll, die ersten beiden Buchstaben an die aktiven Layernamen anzulehnen. Der dritte steht mit *c* oder *s* für zur Oberseite oder zur Unterseite gehörend.

Sie dürfen selbstverständlich auch beliebige andere Namen verwenden.

> *Bitte achten Sie darauf, dass sich die Erweiterungen der Ausgabedateien eines Jobs eindeutig voneinander unterscheiden.*

9.5 Besonderheiten bei Multilayer-Platinen

Bei Platinen mit Innenlagen muss man für die Erzeugung von Fertigungsdaten wissen, wie die Innenlagen definiert sind. Handelt es sich um eine Innenlage, in der, genauso wie im Layer *Top* oder *Bottom*, Leiterbahnen und Polygone verwendet werden? Oder ist eine Versorgungslage definiert, die man am $-Zeichen zu Beginn des Layernamens erkennen kann?

Innenlagen

Innenlagen werden genauso behandelt wie die äußeren Signallagen. Gemeinsam mit dem Signallayer werden die Layer *Pads* und *Vias* aktiviert.

Bei Vias mit verschiedenen Längen (Blind-, Buried-Vias) werden mit dem Innenlayer nur die Vias ausgegeben, die auch tatsächlich in diesem Layer vorhanden sind. Aktiviert man den Layer *Vias* bei der Datenausgabe ohne einen Signallayer, werden alle Vias unabhängig von Ihrer Länge gemeinsam ausgegeben!

Bohrdaten für Multilayer-Platinen mit Blind- und Buried-Vias

Werden in der Platine Blind- oder Buried-Vias verwendet, erzeugt der CAM-Prozessor für jede Via-Länge automatisch eine eigene Bohrdatei.

Die Dateiendung *.drd* wird um die Angabe der Via-Länge erweitert. Gibt es beispielsweise Vias von Layer 1 nach 2, erhält die Ausgabedatei standardmäßig die Endung *.drd.0102*.

Man kann die Layerangabe durch die Verwendung des Platzhalters *%L* auch an anderer Stelle anordnen. Schreiben Sie beispielsweise im CAM-Prozessor-Fenster unter *Datei* den Eintrag *%N.%L.drd*, erhält die Ausgabedatei den Namen *boardname.0102.drd*.

Pads und durchgehende Vias werden in die Bohrdatei mit der Endung *.drd.0116* ausgegeben. Wurden Befestigungsbohrungen (Holes) verwendet und der *Holes*-Layer bei der Ausgabe aktiviert, schreibt der CAM-Prozessor diese Daten ebenfalls in die Datei mit der Endung *.drd.0116*.

Geben Sie alle diese Dateien an den Leiterplattenhersteller weiter.

Sofern Sie nicht den EXCELLON-Treiber verwenden, bekommt der Leiterplattenhersteller zusätzlich die Bohrertabelle *name.drl*, die über *drillcfg.ulp* erzeugt wurde.

9.6 Legacy CAM-Jobs

Der CAM-Prozessor stellt einen Job-Mechanismus zur Verfügung, mit dessen Hilfe die gesamte Erstellung der Ausgabedaten für eine Platine automatisiert werden kann. Es ist möglich, mit einem einzigen Mausklick sämtliche Fertigungsdaten erzeugen zu lassen.

In der Baum-Ansicht des Control Panels (Eintrag *CAM-Jobs*) finden Sie eine Übersicht mit kurzer Beschreibung der vorhandenen Jobs.

Die vordefinierten Jobs gerb274x.cam und gerber.cam gehen von einer einfachen Zweilagen-Platine aus, die einseitig bestückt wird. Es werden die Signallagen, der Bestückungsdruck und die Lötstopmaske für oben und unten erstellt.

Job gerb274x.cam

DieserJob kann zum Erzeugen von Fertigungsdaten im Extended-Gerber-Format (RS274X) verwendet werden. Folgende Dateien werden erzeugt:

%N.cmp	***Bestückungsseite***
%N.sol	***Lötseite***
%N.plc	***Bestückungsdruck***
%N.stc	***Lötstoplack Bestückungsseite***
%N.sts	***Lötstoplack Lötseite***
%N.gpi	***Infodatei, hier nicht relevant***

%N steht als Platzhalter für den Namen der Platinendatei ohne Dateiendung

Job excellon.cam

Dieser Job erzeugt Bohrdaten. Bei der Ausgabe werden die Layer *Drills* und *Holes* nicht unterschieden, sondern gemeinsam ausgegeben. Üblicherweise werden dann alle Bohrungen metallisiert, wo es möglich ist. Folgende Dateien werden erzeugt:

%N.drd	***Bohrdaten***
%N.dri	***Infodatei, kann auf Wunsch an den LP-Hersteller weitergegeben werden***

Excellon.cam ist auch für Multilayer-Platinen, auch mit Blind-, Buried- und Micro-Vias geeignet. Es werden in diesem Falle mehrere Bohrdateien erzeugt. Mehr Informationen dazu finden Sie im Abschnitt 9.5.

Standardmäßig werden Bohrdurchmesser in Inch angegeben. Soll die Bohrertabelle in Millimeter erzeugt werden, kann man die Treiberdefinition in der Datei *eagle.def* ändern. Wie das funktioniert, erfahren Sie im Abschnitt *Maßeinheit für die Blenden-/Bohrertabelle* ab Seite 355.

Treiberdefinition in der Datei eagle.def

Die Treiber für die Ausgabegeräte von Legacy-Jobs sind in der Textdatei *eagle.def* definiert. Dort finden Sie alle Angaben, die zur Erstellung eines eigenen Treibers erforderlich sind. Am besten, Sie kopieren den Block für ein Ausgabegerät der gleichen Kategorie und ändern dann die Parameter, wo es erforderlich ist.

Die Datei eagle.def finden Sie im Verzeichnis eagle/bin.

Erstellen eines eigenen Device-Treibers

Verwenden Sie bitte einen Texteditor, der keine Steuerzeichen in die Datei einfügt, zum Beispiel den EAGLE-Texteditor.

Beispiel 1: Gerber(auto)-Treiber, Ausgabe in mm

```
[GERBER_MM33]
Type = PhotoPlotter
Long = "Gerber photoplotter"
Init = "G01*\nX000000Y000000D02*\n"
Reset = "X000000Y000000D02*\nM02*\n"
ResX = 25400
ResY = 25400
Wheel = ""
Move = "X%06dY%06dD02*\n" ; (x, y)
Draw = "X%06dY%06dD01*\n" ; (x, y)
Flash = "X%06dY%06dD03*\n" ; (x, y)
Units = mm
Decimals = 4
Aperture = "%s*\n" ; (Aperture code)
Info = "Plotfile Info:\n"\
"\n"\
"Coordinate Format : 3.3\n"\
```

```
"Coordinate Units : 1/1000mm\n"\
"Data Mode : Absolute\n"\
"Zero Suppression : None\n"\
"End Of Block : *\n"\
"\n"

[GERBERAUTO_MM33]
@GERBER_MM33
Long = "With automatic wheel file generation"
Wheel = "" ; avoids message!
AutoAperture = "D%d" ; (Aperture number)
FirstAperture = 10
MaxApertureSize = 2.0
```

Beispiel 2: EXCELLON-Treiber, Ausgabe mit führenden Nullen

```
[EXCELLON-LZ]
Type      = DrillStation
Long      = "Excellon drill station"
Init      = "%%\nM48\nM72\n"
Reset     = "M30\n"
ResX      = 10000
ResY      = 10000
;Rack      = ""
DrillSize  = "%sC%0.4f\n" ; (Tool code, tool size)
AutoDrill  = "T%02d"      ; (Tool number)
FirstDrill = 1
BeginData  = "%%\n"
Units     = Inch
Decimals = 0
Select    = "%s\n"         ; (Drill code)
Drill     = "X%06.0fY%06.0f\n"      ; (x, y)
Info      = "Drill File Info:\n"\
            "\n"\
            " Data Mode         : Absolute\n"\
            " Units             : 1/10000 Inch\n"\
            "\n"
```

Maßeinheit in der Blenden-/Bohrertabelle

Die Blendentabelle wird bei der automatischen Erstellung mit dem Treiber *GERBERAUTO* einheitlich in Inch-Werten definiert.
Das ist auch für die Bohrertabelle der Fall, die automatisch bei der Erstellung von Bohrdaten mit dem Treiber *EXCELLON* in die Ausgabedatei geschrieben wird.
Falls Ihr Leiterplattenhersteller die Einheiten der Blendengrößen oder der Bohrdurchmesser in Millimeter-Werten wünscht, können Sie das durch Ändern des Treibers *GERBER* und *GERBERAUTO* beziehungsweise *EXCELLON* erreichen.

Editieren Sie dazu mit einem Texteditor, der keine Steuerzeichen hinzufügt, die Datei *eagle.def*. Suchen Sie nach der Zeile

```
[GERBER]
```

bzw.

```
[GERBERAUTO]
```

und fügen Sie am Ende des jeweiligen Abschnittes die Zeilen

```
Units =
Decimals =
```

ein.

Beispiel:

```
Units = mm
Decimals = 4
```

Um Probleme mit Rundungsfehlern bei der Umrechnung zu vermeiden, sollten Sie bei der Ausgabe der Gerberdaten im CAM-Prozessor Toleranzen von ± 1% für Fahr- und Blitz-Blenden zulassen.

Für die Bohrertabelle suchen Sie nach der Zeile

```
[EXCELLON]
```

und ändern die Zeile

```
Units = Inch
```

in

```
Units = mm
```

Kapitel 10
Anhang

10.1 Layer und Ihre Verwendung

Im Layout- und Package-Editor

1 Top	Leiterbahnen oben
2 Route2	Innenlage
3 Route3	Innenlage
4 Route4	Innenlage
5 Route5	Innenlage
6 Route6	Innenlage
7 Route7	Innenlage
8 Route8	Innenlage
9 Route9	Innenlage
10 Route10	Innenlage
11 Route11	Innenlage
12 Route12	Innenlage
13 Route13	Innenlage
14 Route14	Innenlage
15 Route15	Innenlage
16 Bottom	Leiterbahnen unten
17 Pads	Pads (bedrahtete Bauteile)
18 Vias	Vias (durchgehend)
19 Unrouted	Luftlinien (direkte Signalverbindungen)
20 Dimension	Platinen-Umrisse (und Kreise für Holes) *)
21 tPlace	Bestückungsdruck oben
22 bPlace	Bestückungsdruck unten
23 tOrigins	Aufhängepunkt oben (automatisch generiert)
24 bOrigins	Aufhängepunkt oben (automatisch generiert)
25 tNames	Servicedruck oben (Bauteile-Name NAME)
26 bNames	Servicedruck unten (Bauteile-Name NAME)
27 tValues	Bauteile-Werte oben (VALUE)
28 bValues	Bauteile-Werte unten (VALUE)
29 tStop	Lötstopmaske oben (für Pads, Vias und SMDs automat. generiert)
30 bStop	Lötstopmaske unten (siehe tStop)
31 tCream	Lotpaste oben (für SMDs autom. generiert)
32 bCream	Lotpaste unten (für SMDs autom. generiert)
33 tFinish	Veredelung oben (z.B. Goldbeschichtung)
34 bFinish	Veredelung unten (z.B. Goldbeschichtung)
35 tGlue	Klebemaske oben (für SMDs)
36 bGlue	Klebemaske unten (für SMDs)
37 tTest	Test- und Abgleichinformationen oben
38 bTest	Test- und Abgleichinformationen unten
39 tKeepout	Sperrflächen für Bauteile oben
40 bKeepout	Sperrflächen für Bauteile unten
41 tRestrict	Sperrflächen für Leiterbahnen oben
42 bRestrict	Sperrflächen für Leiterbahnen unten
43 vRestrict	Sperrflächen für Vias

44 Drills	Durchkontaktierte Bohrungen (in Pads und Vias)
45 Holes	Nicht durchkontaktierte Bohrungen (Holes)
46 Milling	CNC-Fräs-Daten (Konturen hier zeichnen)
47 Measures	Bemaßungen
48 Document	Dokumentation
49 Reference	Passermarken (kann mit jeder Lage ausgegeben werden)
51 tDocu	Detaillierter Bestückungsdruck oben
52 bDocu	Detaillierter Bestückungsdruck unten

Im Schaltplan-, Symbol- und Device-Editor

90 Modules	Rahmen einer Modul-Instanz und Ports
91 Nets	Netze (elektrische Verbindungen)
92 Busses	Busse
93 Pins	Anschlusspunkt für Schaltplansymbole mit Zusatzinformationen
94 Symbols	Umrisse der Schaltplansymbole
95 Names	Namen der Schaltplansymbole
96 Values	Werte/Typenbezeichnung bei Schaltplan-symbolen
97 Info	Allgemeine Dokumentation/Hinweise
98 Guide	Hilfslinien zur Anordnung von Bauteilen in (Elektro-)Schaltplänen

*) Holes erzeugen automatisch Kreise in diesem Layer.
Sie dienen zur Begrenzung des Autorouters.

Layer können immer mit dem Namen oder der Nummer angegeben werden. Die Namen der Layer lassen sich über den LAYER-Befehl oder im DISPLAY-Menü verändern. Die Funktion der Speziallayer bleibt erhalten.

Wollen Sie eigene Layer definieren, verwenden Sie bitte die Layernummern über 100. Das Anlegen von Layern funktioniert über das DISPLAY-Menü (Neu) oder oder direkt über den LAYER-Befehl. Tippen Sie beispielsweise in der Kommandozeile zum Anlegen des Layers 200 mit dem Namen *Bemerkung* Folgendes:

```
LAYER 200 Bemerkung
```

Über das DISPLAY-Menü kann man dann Farbe und Füllmuster des Layers festlegen.

10.2 EAGLE-Dateien

Folgende Dateiarten werden von EAGLE verwendet:

Name	Dateiart
*.brd	Platine
*.sch	Schaltplan
*.lbr	Bibliothek
*.ulp	User-Language-Programm
*.scr	Script-Datei
*.txt	Textdateien (auch beliebig andere Endungen)
*.dru	Design-Rules
*.ctl	Steuerparameter für Autorouter
*.pro	Protokoll des Autorouters
*.job	Autorouter-Job
*.b$$	Sicherungskopie des BRDs nach Ende des Autorouters
*.mdl	SPICE-Modell
*.cam	Job-Datei des CAM-Prozessors
*.b#x	Sicherungskopien von BRD (x = 1..9)
*.s#x	Sicherungskopien von SCH (x = 1..9)
*.l#x	Sicherungskopien von LBR (x = 1..9)
*.b##	Automatische Sicherungsdatei von BRD
*.s##	Automatische Sicherungsdatei von SCH
*.l##	Automatische Sicherungsdatei von LBR

EAGLE für Linux erzeugt und erkennt Dateiendungen nur in Kleinbuchstaben!

10.3 EAGLE-Optionen auf einen Blick

EAGLE lässt sich zum Beispiel für die Ausgabe von Fertigungsdaten mit dem CAM-Prozessor direkt aus einem Terminal-Fenster unter Linux oder Mac bzw. einem DOS-Eingabefenster unter MS Windows starten.

Da Windows-Programme Ihre Verbindung zur Konsole, von der sie gestartet wurden verlieren, benötigen Sie die Datei *eaglecon.exe* (zu finden im *eagle\bin*-Verzeichnis Ihrer Installation) um den CAM-Prozessor mit einer Batch-Datei zu verwenden.
Diese Version ist identisch mit der *eagle.exe*, mit dem Unterschied, dass sie die Verbindung zur Konsole nicht aufgibt und daher eventuelle Meldungen des Programms an der Konsole ausgegeben werden können.
Geben Sie *eaglecon -?* ein, um die Optionen des CAM-Prozessor anzuzeigen.

Folgende Optionen sind möglich:

-A	Assembly variant
-C	execute a given EAGLE Command
-Dxxx	Draw tolerance (0.1 = 10 %)
-Exxx	Drill tolerance (0.1 = 10 %)
-Fxxx	Flash tolerance (0.1 = 10 %)
-N+	Suppress message prompts
-O+	Optimize pen movement
-Pxxx	plotter Pen (layer=pen)
-Rxxx	drill Rack file
-Sxxx	Scriptfile

-Uxxx	eaglerc-Datei
-Wxxx	aperture Wheel file
-X-	eXecute CAM Processor
-c+	positive Coordinates
-dxxx	Device (-d? for list) or CAMJOB
-e-	Emulate apertures
-f+	Fill pads
-hxxx	page Height (inch)
-jxxx	CAM Job file path (when *-dCAMJOB* is used)
-m-	Mirror output
-oxxx	Output filename/directory path/channel
-pxxx	Pen diameter (mm)
-q-	Quick plot
-r-	Rotate output 90 degrees
-sxxx	Scale factor
-vxxx	pen Velocity
-u-	rotate output 180 degrees
-wxxx	page Width (inch)
-xxxx	offset X (inch)
-yxxx	offset Y (inch)

Hierbei bedeuten:

xxx weitere Daten, wie z. B. ein Dateiname bei -W
oder eine Dezimalzahl bei -s.
Beispiele:
-W/home/user/eagle/project/aperture.whl
-s1.25

- Option ist standardmäßig ausgeschaltet

+ Option ist standardmäßig eingeschaltet
Beispiel:
-e schaltet Emulation ein
-e+ dto.
-e- schaltet Emulation aus

Flag-Optionen dürfen ohne Wiederholung des Zeichens **-** aneinander angereiht werden:

-em schaltet die Emulation ein und spiegelt die Ausgabe

Wertangabe bei Toleranzen:

Ohne Vorzeichen gilt der Wert in beide Richtungen,

+	bedeutet positive Toleranz,
-	negative Toleranz.
-D0.10	stellt die Draw-Toleranz auf ±10 % ein
-D+0.1 -D-0.05	setzt die Toleranz auf +10 % und -5 % ein

Hinweise zu den einzelnen Optionen:

-A **Bestückungsvariante**

Bei der Datenausgabe mit dem CAM-Prozessor (-X), muss die entsprechende Bestückungsvariante gewählt werden. Wird -A nicht angegeben, werden Daten für die Standard-Variante erzeugt.

-C **Befehl ausführen**
Diese Option führt nach dem Öffnen einer Datei einen Befehl in der Kommandozeile des Editor-Fensters aus. Siehe auch Hilfe-Funktion, *Kommandozeilen-Optionen*.

-D **Toleranz für Draw-Blenden (0.1 = 10 %):**
Default: 0

-E **Toleranz für Bohrer (0.1 = 10 %):**
Default: 0

-F **Toleranz für Blitzblenden (0.1 = 10 %):**
Default: 0

-N **Unterdrückung von Meldungen in der Kommandozeile**
Diese Option schaltet Hinweise und Warnungen in der Kommandozeile aus, so dass ein vollautomatischer Ablauf eines CAM-Jobs gewährleistet wird.
Default: aus

-O **Wegoptimierung:**
Mit dieser Option schalten Sie die Wegoptimierung für die Plotterausgabe ein oder aus.
Default: ein

-P **Plotter Pen (layer=pen):**
Definiert bei Stiftplottern welcher Layer in welcher Farbe (Stiftnummer) ausgegeben wird.
Example: -P1=0 -P15=1

-R **Bohrer-Konfigurations-Datei**
Mit dieser Option geben Sie die Datei mit der Bohrerkonfiguration an.

-S **Script-File:**
EAGLE führt beim Öffnen eines Editor-Fensters die Datei *eagle.scr* aus. Mit dieser Option kann man einen anderen Namen oder Verzeichnis für das Script-File wählen.
Die Script-Datei wird vom CAM-Prozessor nicht gelesen.

-U **Benutzerspezifische Datei:**
Diese Option gibt die zu ladende Datei *eaglerc* an, in der EAGLE benutzerspezifische Einstellungen speichert. Die Datei kann jeden beliebigen Namen haben. Falls Sie mit EAGLE-Beta-Versionen arbeiten und Sie die Einstellungen getrennt von den offiziellen Releases halten wollen, sollten Sie EAGLE mit dieser Option starten.

-W **Blenden-Konfigurations-Datei**
Mit dieser Option geben Sie die Blenden-Konfigurations-Datei an.

-X **Kommandozeilen-Version des CAM-Prozessors starten**

-c **Positive Koordinaten**
Normalerweise erstellt der CAM-Prozessor Dateien so, dass keine negativen Koordinaten vorkommen und die Werte in der Nähe der Koordinaten-Achsen liegen. Mit der Option -c- kann man diese Funktion abschalten. Bitte seien Sie vorsichtig mit dieser Option, insbesondere bei gespiegelten oder rotierten Ausgaben, da negative Koordinaten im allgemeinen zu Problemen führen können!
Default: ein

-d **Device:**
Diese Option bestimmt den Ausgabetreiber oder mit CAMJOB eine CAM-Job-Datei im JSON-Format, die vollständig abgearbeitet wird (siehe Option -j).
Eine Liste der in der Datei *eagle.def* definierten Treiber erhalten Sie mit `eagle –d?`

-e **Emulate Apertures:**
Wenn diese Option gewählt ist, werden nicht vorhandene Blenden mit einer kleineren Blende emuliert. Default: aus

-f **Fill Pads:**
Pads gefüllt ausgeben. Diese Option kann bei bestimmten Treibern (Typ: *Generic*, z.B. PostScript) ausgeschaltet werden. Die Bohrlöcher von Pads und Vias sind dann sichtbar. Default: ein, für alle Devices

-h **Blattlänge:**
Bedruckbarer Bereich in y-Richtung (in Inch). Y-Richtung ist dabei die Richtung, in die das Papier transportiert wird. Siehe auch -w.

-j **Name der CAM-Job-Datei:**
Pfad zur CAM-Job-Datei im JSON-Format, wenn die Option -dCAMJOB angegeben wurde.

-m **Ausgabe spiegeln:**
Default: aus.

-o **Ausgabe-Datei oder Verzeichnis-Pfad:**
Name der Ausgabe-Datei oder des Verzeichnisses, in das mehrere Dateien geschrieben werden, falls die Optionen -dCAMJOB und -j verwendet werden.

-p **Stift-Durchmesser in mm:**
Wird beim Füllen von Flächen zur Berechnung der notwendigen Anzahl der Linien benutzt. Default: 0

-q **Quick Plot:**
Beschleunigte Ausgabe, bei der nur die Umrisse der Objekte erscheinen. Default: aus

-r **Ausgabe drehen:**
Die Ausgabe wird um 90 Grad gedreht. Default: aus

-s **Skalierungsfaktor:**
Bei Treibern, bei denen sich im CAM-Prozessor kein Skalierungsfaktor einstellen lässt, wird automatisch der Faktor 1 verwendet. Default: 1

-u **Ausgabe um 180 Grad drehen:**
In Kombination mit -r+ kann man eine Drehung um 270 Grad erreichen. Default: aus

-v **Stiftgeschwindigkeit in cm/s:**
Für Stiftplotter, die verschiedene Stiftgeschwindigkeiten unterstützen. Die Plotter-Default-Geschwindigkeit wählt man mit dem Wert 0. Default: 0

-w **Blattbreite:**
Bedruckbarer Bereich in x-Richtung. Siehe auch -h.

-x **Offset in x-Richtung (Inch):**
Kann verwendet werden, um die Zeichnung um einen bestimmten Betrag zu verschieben. Default: 0

-y **Offset in y-Richtung (Inch):** Default: 0

Beispiele für den Aufruf von eaglecon.exe

Gerberdaten für Unterseite eines Boards:
eaglecon.exe **-X -d**GERBER_RS274X **-o**platine.cmp boardname.brd 1 17 18

Gerberdaten für Oberseite eines Boards:
eaglecon.exe **-X -d**GERBER_RS274X **-o**platine.sol boardname.brd 16 17 18

Gerberdaten für Bestückungsdruck oben:
eaglecon.exe **-X -d**GERBER_RS274X **-o**platine.plc boardname.brd 20 21

Gerberdaten für Lötstoppmaske oben:
eaglecon.exe **-X -d**GERBER_RS274X **-o**platine.stc boardname.brd 29

Gerberdaten für Lötstoppmaske unten:
eaglecon.exe **-X -d**GERBER_RS274X **-o**platine.sts boardname.brd 30

Gerberdaten für Lotpaste oben:
eaglecon.exe **-X -d**GERBER_RS274X **-o**platine.crc boardname.brd 31

Bohrdaten im Excellon-Format:
eaglecon.exe **-X -d**EXCELLON -**o**platine.drl boardname.brd 44 45

Ausführen der vollständigen JSON-Format CAM-Job-Datei:
eaglecon.exe **-X -d**CAMJOB **-j**CAMfile.cam -**o**directorypath boardname.brd

Gerberdaten mit älterem Gerbertreiber und separater Blendendefinitionsdatei für die Unterseite. Die Toleranz der Draw-Blenden darf -10 % betragen:
eaglecon.exe **-X -d**gerber **-W**blenden.whl **-o**boardname.sol
-D-0.1 platine.brd pad via bottom

Werte sind mit Dezimalpunkt einzugeben!
Alle Parameter müssen in einer Zeile angegeben werden!

Pfade, die Leerzeichen enthalten, müssen in Anführungszeichen gesetzt werden!

10.4 Konfiguration des Textmenüs

Mit Hilfe einer Script-Datei (wie zum Beispiel mit *menu.scr*) lässt sich das Textmenü frei gestalten.

```
# Command Menu Setup
MENU '[designlink22.png] Search and order {\
      General : Run designlink-order.ulp -general; |\
      Schematic : Run designlink-order.ulp; \
    }' \
    'Grid {\
                        Metric {\
                                Fine : Grid mm 0.1; |\
                                Coarse : Grid mm 1;\
                            } | \
                        Imperial {\
                                Fine : Grid inch 0.001; |\
                                Coarse : Grid inch 0.1;\
                            } | \
                        On : Grid On; | \
                        Off : Grid Off;\
                    }' \
    'Display {\
                        Top : Display None Top Pads Vias Dim; |\
                        Bottom : Display None Bot Pads Vias Dim; |\
                        Placeplan {\
                            Top : Display None tPlace Dim; |\
                            Bottom : Display None bPlace Dim;\
                             }\
                        }'\
'---'\
'Fit : Window Fit;'\
Add Delete Move ';' Edit Quit\
;
```

Der Backslash\ am Zeilenende zeigt an, dass ein Befehl in der nächsten Zeilen fortgesetzt wird. Hier geht der MENU-Befehl von der ersten Zeile nach dem Kommentar bis zur letzten Zeile. Der senkrechte Strich | wird benötigt, wenn einem Kommando innerhalb einer Klammer { } ein weiteres folgt.
Der MENU-Befehl kann mit kleinen Grafikdateien umgehen, wie oben im Beispiel mit *designlink22.png* gezeigt. Die Grafikdateien werden standardmäßig im Verzeichnis *eagle/bin* gesucht. Man kann beim MENU-Befehl aber auch direkt den Pfad angeben.

10.5 Platzhaltertexte

Platzhalter	Bedeutung
>NAME	Bauteilname (Prefix+Nummer+ evtl. Gate-Name) 1)
>VALUE	Bauteilwert 1)
>PART	Bauteilname 2)
>GATE	Gate-Name 2)
>MODULE	Modulname (nur auf Modulseiten)
>SHEET	Blattnummer eines Schaltplans in der Form z.B. 1/3 3)

>SHEET_HEADLINE	Erste Zeile der Seitenbeschreibung
>SHEET_TOTAL	Blattnummer im hierarchischen Schaltplans inkl. Modulseiten in der Form >SHEETNR_TOTAL/>SHEETS_TOTAL
>SHEETS	Anzahl aller Seiten im Schaltplan 3)
>SHEETS_TOTAL	Anzahl aller Seiten im hierarchischen Schaltplans inklusive der Modulseiten
>SHEETNR	Aktuelle Seitennummer 3)
>SHEETNR_TOTAL	Aktuelle Seitennummer im hierarchischen Schaltplan inklusive Modulseiten
>ASSEMBLY_VARIANT	Name der Bestückungsvariante
>DRAWING_NAME	Zeichnungsname
>LAST_DATE_TIME	Datum/Zeit der letzten Änderung
>PLOT_DATE_TIME	Zeitpunkt des letzten Ausdrucks

1) Nur im Package und Symbol
2) Nur im Symbol
3) Nur im Symbol oder Schaltplan

Alle Texte, die mit dem Zeichen > beginnen, werden als Platzhaltertexte für Attribute interpretiert. Siehe ATTRIBUTE-Befehl.

10.6 Optionen für Experten in eaglerc

Die benutzerspezifische Datei *eaglerc* speichert verschiedenste Einstellungen, die man während des Arbeitens mit EAGLE festlegt. Es befinden sich auch einige Experten-Einstellungen darunter, die man nur direkt in dieser Datei machen kann. Die wichtigsten davon sind hier genannt.

Seit Version 5.2 können diese Optionen auch über den SET-Befehl in der Kommandozeile eines Editor-Fensters geändert werden. Siehe auch die Hilfefunktion zum SET-Befehl.

Benennung von Netzen, Bussen, Signalen und Polygonen

Besteht ein Netz aus mehreren Segmenten, so wirkt der NAME-Befehl standardmäßig nur auf das selektierte Segment. Damit das gesamte Netz umbenannt wird, setzen Sie:

```
Cmd.Name.RenameEntireNetByDefault = '1'
```

Dieser Parameter wirkt auch für Busse.

Enthält ein Signal ein Polygon, und der NAME-Befehl wird auf dieses Polygon angewendet, so wird standardmäßig nur das Polygon umbenannt. Setzen Sie

```
Cmd.Name.RenameEntireSignalByDefault = '1'
```

so wird standardmäßig das gesamte Signal umbenannt.

CAM-Prozessor Drills/Holes-Warnung abschalten

Falls die Warnung, dass Drills und Holes im CAM Prozessor gleichzeitig ausgegeben werden sollen, deaktivieren möchten, fügen Sie die Zeile

```
Warning.Cam.DrillsAndHolesConcurrent = "0"
```

in die eaglerc-Datei ein.

Ctrl für Radiusmodus deaktivieren

Falls Sie die spezielle Funktion beim Zeichnen eines Wires, mit der man durch Drücken von *Ctrl* den Radius eines Arcs definieren kann, nicht haben wollen, so können Sie die Zeile

```
Cmd.Wire.IgnoreCtrlForRadiusMode = "1"
```

zur Datei hinzufügen. Dadurch wird dieses Feature für alle Befehle, die Wires zeichnen, abgeschaltet.

Device-Name als Value für alle Bauteile

Wenn Sie immer den Device-Namen als Bauteilwert verwenden wollen, selbst wenn das Bauteil einen benutzerdefinierten Wert bräuchte, fügen Sie am Ende der Datei folgende Zeile ein:

```
Sch.Cmd.Add.AlwaysUseDeviceNameAsValue = "1"
```

Einheiten in Dialogen

Die automatische Wahl der Einheiten in Dialog-Eingabefeldern kann jetzt durch Hinzufügen der Zeile

```
Interface.PreferredUnit = "x"
```

ans Ende der Datei kontrolliert werden, wobei `"x"` den Wert `"0"` für automatische Wahl der Einheiten (default), `"1"` für zöllige Einheiten und `"2"` für metrische Einheiten annehmen kann.

Gruppe selektieren

Da die Kontextmenü-Funktion über die rechte Maustaste im Konflikt mit der Selektion einer Gruppe steht, wird eine Gruppe jetzt mit *Ctrl* plus rechte Maustaste selektiert. Falls Sie die bisherige Art der Gruppenselektierung wieder haben wollen, so können Sie die Zeile

```
Option.ToggleCtrlForGroupSelectionAndContextMenu = "1"
```

ans Ende der Datei anfügen. Damit können Gruppen wieder mit der rechten Maustaste allein selektiert werden und Kontextmenüs werden mit *Ctrl* plus rechte Maustaste geöffnet.

Knicke in Wires löschen

Der DELETE-Befehl vereinigt zwei Wires zu einem Wire wenn er, mit gedrückter Ctrl-Taste, auf deren Verbindungspunkt angewendet wird. Falls Sie diese Funktionalität haben wollen ohne die *Ctrl*-Taste zu drücken, können Sie die Zeile

```
Cmd.Delete.WireJointsWithoutCtrl = "1"
```

ans Ende der Datei anfügen.

Konsistenz-Check

Um Schaltpläne/Layouts bearbeiten zu können, die nur geringfügige Inkonsistenzen aufweisen, kann der Benutzer einen Dialog aktivieren der es ihm erlaubt den Editor dazu zu zwingen, die Forward-/Backannotation durchzuführen, selbst wenn der ERC die Dateien als inkonsistent erkannt hat. Dies kann durch Hinzufügen der Zeile

```
Erc.AllowUserOverrideConsistencyCheck = "1"
```

ans Ende der Datei erfolgen.

> *BEACHTEN SIE BITTE, DASS SIE DIES AUF EIGENES RISIKO MACHEN!! Sollten die Dateien danach zerstört werden, kann sie womöglich niemand mehr wiederherstellen. Schließlich hat der ERC ja gemeldet, dass die Dateien inkonsistent sind!*

Mauszeiger neu positionieren

Normalerweise verändert EAGLE die Position des Mauszeigers nicht von sich aus. Wenn Sie jedoch bevorzugen, dass der Mauszeiger wieder auf den Punkt positioniert wird, an dem er war, bevor ein Kontext-Menü geöffnet wurde, fügen Sie folgende Zeile ein:

```
SET Option.RepositionMouseCursorAfterContextMenu = "1"
```

Polygonkanten als durchgezogene Linie

Falls Ihnen die Art, wie die Kanten von nicht berechneten Polygonen dargestellt werden (als gepunktete Linien), nicht zusagt, fügen Sie folgende Zeile ein:

```
Option.DrawUnprocessedPolygonEdgesContinuous = "1"
```

Die Kanten werden dann mit durchgezogener Linie dargestellt.

Projekt öffnen

Das automatische Öffnen des Projekt-Verzeichnisses beim Programmstart (bzw. wenn ein Projekt durch Klicken auf seinen grauen Button aktiviert wird) kann jetzt durch Hinzufügen der Zeile

```
ControlPanel.View.AutoOpenProjectFolder = "0"
```

ans Ende der Datei unterdrückt werden.

Warnung beim Ändern des Values

Einige Anwender wollen die Warnung bezüglich Bauteilen, die keinen vom Benutzer zu vergebenden Wert haben, nicht. Diese Warnung kann jetzt durch Hinzufügen der Zeile

```
Warning.PartHasNoUserDefinableValue = "0"
```

ans Ende der Datei unterdrückt werden.

Zeichnungsausschnitt verschieben

Das Verschieben des Zeichnungsausschnitts erfolgt durch Click&Drag mit der mittleren Maustaste (nicht mehr durch Drücken der *Ctrl*-Taste). Falls Sie die alte Verhaltensweise wiederhaben wollen, können Sie dies erreichen, indem Sie die Zeile

```
Interface.UseCtrlForPanning = "1"
```

zu Ihrer Datei hinzufügen. Beachten Sie aber bitte, dass die Ctrl-Taste jetzt für spezielle Funktionen einiger Befehle benutzt wird (zum Beispiel zum Selektieren von Objekten an ihrem Aufhängepunkt bei MOVE), so dass Sie,

bei Benutzung dieser speziellen Funktionen, dann unter Umständen das Zeichenfenster unbeabsichtigt verschieben können.

Zusammengehörende Dateien automatisch laden

Falls Sie ein Board- und Schaltplan-Fenster geladen haben und ein anderes Board (bzw. einen anderen Schaltplan) laden und es für diese andere Zeichnung einen zugehörigen Schaltplan (bzw. ein zugehöriges Board) gibt, so fragt EAGLE, ob diese andere Zeichnung ebenfalls geladen werden soll. Indem Sie

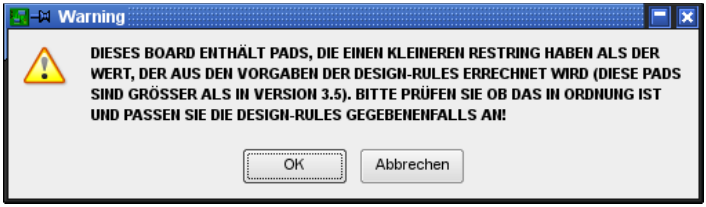
```
Option.AutoLoadMatchingDrawingFile = '1'
```

setzen, kann diese Frage unterdrückt werden. EAGLE lädt die andere Datei dann immer automatisch mit.

10.7 Fehlermeldungen

Beim Laden einer Datei

Restring größer als in älterer Version



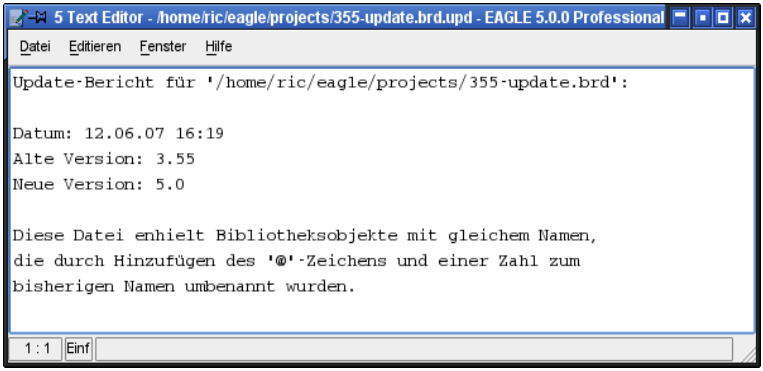
➢ *Paddurchmesser verändert*

In EAGLE-Versionen vor 4.0 wurde der Pad-Durchmesser in der Bibliothek fest definiert. Durch die jetzt gültigen Design-Regeln wurde beim Lesen der alten Datei ein anderer Wert errechnet und verwendet als ursprünglich vorgegeben.

Bitte prüfen und korrigieren Sie gegebenenfalls die ‚Annular Ring'-Einstellungen. Starten Sie in jedem Fall DRC um eventuelle Abstandsverletzungen zu erkennen.

Bibliotheksobjekte mit gleichen Namen

Der Texteditor zeigt diese Meldung, wenn Sie versuchen eine (ältere) Datei (BRD oder SCH) zu laden, die verschiedene Versionen eines Bibliotheks-elements enthält. In diesem Fall werden die Bauteile zur Kennzeichnung mit einem Namenszusatz @1, @2 usw. versehen.



➢ *Update-Bericht: Objekte mit gleichem Namen*

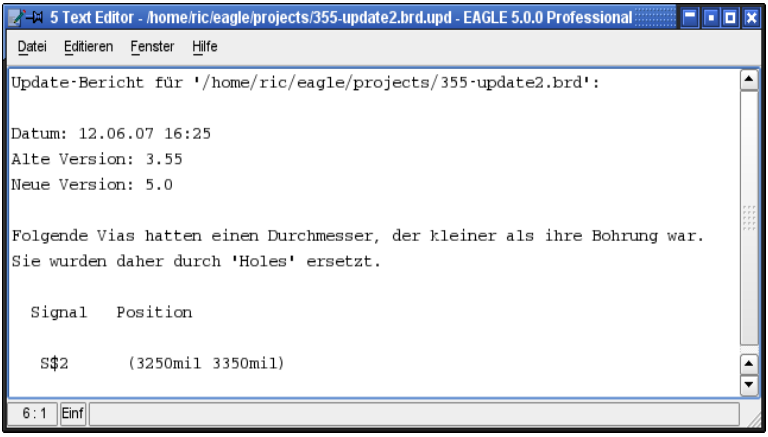
Die Meldung kann auch beim Einfügen einer Schaltung oder eines Layouts über COPY und PASTE erfolgen.

Pads, Vias werden durch Holes ersetzt

In älteren EAGLE-Versionen konnte man Pads definieren, bei denen der Bohrdurchmesser größer als der Pad-Durchmesser war. Das ist jetzt nicht mehr erlaubt.

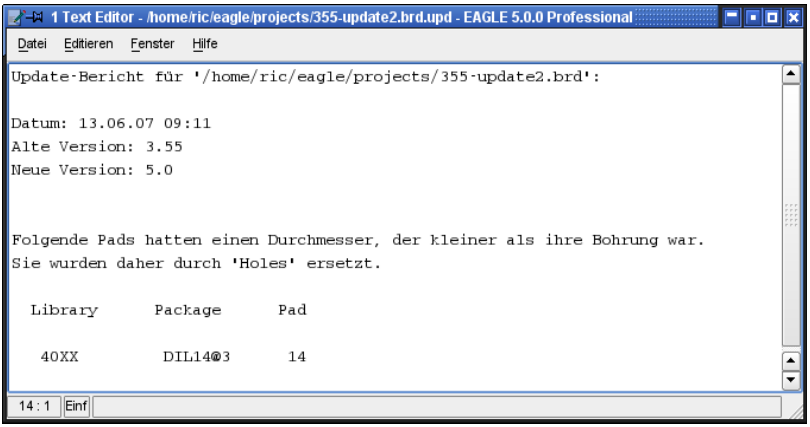
Versuchen Sie eine Board-Datei zu laden, die mit einer Vorgängerversion erstellt wurde und ein solches Pad enthält, erscheint folgende Meldung:

Das Pad oder Via wird automatisch in ein Hole verwandelt, sofern es nicht in einem Device der Bibliothek mit einem Pin über CONNECT verbunden wurde.



➢ *Update Bericht: Via durch Hole ersetzt*

Ist eine Verbindung zu einem Pin vorhanden, also ein Pad in der Bibliothek mit größerem Bohrdurchmesser als Außendurchmesser definiert, erscheint folgende Meldung:



➢ ***Update-Bericht: Pad durch Hole ersetzt***

Die Bibliotheksdatei muss in diesem Fall bearbeitet und das Pad korrigiert werden. Anschließend kann man das Layout mit der neuen Bibliotheksdefinition aktualisieren.

Ungeeignete Objekte wurden nicht berücksichtigt

Erscheint beim Laden einer Datei oder bei COPY und PASTE von einer Datei in eine andere die Meldung *Für diesen Zeichnungstyp* ungeeignete Objekte wurden nicht berücksichtigt, sind in der Datenstruktur Objekte enthalten, die nicht zu diesem Zeichnungstyp gehören und auch nicht angezeigt werden können. Beispielsweise Texte oder Rechtecke, die in einem nicht-orthogonalen Winkel im Layout-Editor in einem benutzerdefinierten Layer (über 100) platziert wurden und in einen Schaltplan übertragen werden sollen. Im Schaltplan-Editor können Objekte nur in 90°-Schritten gedreht werden, daher können sie nicht dargestellt werden.

Die Meldung kann auch erscheinen, wenn die Datei aus einer der ersten EAGLE-Versionen stammt. Die Datei kann aber problemlos weiter bearbeitet werden. Die Datenstruktur wird beim Laden automatisch bereinigt.

Update nicht möglich

Grundsätzlich kann man alle alten Dateien bis zur Version 2.60 zurück in der aktuellen Version laden und weiter bearbeiten. Erscheint die Meldung *Update von Datei ... nicht möglich* beim Laden einer EAGLE-Datei, die mit einer Version vor 2.60 erstellt wurde, muss man die Datei zuerst konvertieren.

➢ *Update-Meldung: Datei älter als Version 2.6*

Dazu verwenden Sie das Programm *update26.exe*, das sich im Verzeichnis *eagle/bin* befindet.

Kopieren Sie die zu konvertierenden Daten in das Verzeichnis in dem sich *update26.exe* und auch die Datei *layers.new* befinden. Öffnen Sie dann ein DOS-Fenster unter Windows und wechseln Sie in das entsprechende Verzeichnis. Tippen Sie ein:

```
update26 dateiname.ext
```

Die Datei wird konvertiert und kann anschließend in den neuen EAGLE eingelesen werden. Die Meldung in der DOS-Box nach erfolgter Konvertierung lautet: *ok...*

Sollte die Meldung *Please define replacment for layer xxx in layers.new* kommen, haben Sie im Layout/Schaltplan/Bibliothek eigene Layer definiert. Aufgrund der neuen Layerstruktur seit Version 2.6 muss eine neue Layernummer (über 100) vergeben werden.

Dazu editieren Sie die Datei *layers.new* mit einem einfachen Texteditor und fügen z. B. als letzte Zeile in der Datei eine neue Layernummer ein.

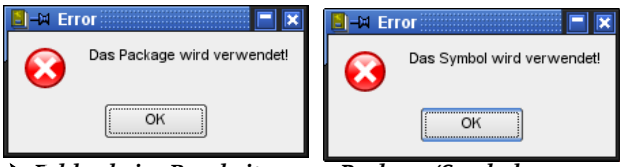
Sie haben z. B. den Layer 55 verwendet und wollen diesem die Nummer 105 geben:

```
55 105
```

In einer Bibliothek

Package/Symbol wird verwendet

Wird ein Package oder ein Symbol in der Bibliothek bereits in einem Device verwendet, dürfen keine Pads beziehungsweise Pins gelöscht werden, die über den CONECT-Befehl schon einem Pin bzw. Pad zugeordnet sind. Versuchen Sie es trotzdem, erscheinen folgende Meldungen:



➢ *Fehler beim Bearbeiten von Package/Symbol*

Das Verändern von Pads/Pins über CHANGE oder NAME ist jedoch erlaubt. Ebenso das Hinzufügen von neuen Pins oder Pads/SMDs und das Löschen von nicht referenzierten Pins/Pads/SMDs, also solchen, die nicht mit CONNECT zugeordnet wurden.

Diese Meldung erscheint auch, wenn man versucht das ganze Package/Symbol mit dem REMOVE-Befehl aus der Bibliothek zu löschen. Man muss vorher das Device löschen bzw. die Package-Variante oder das Symbol aus dem Device entfernen.

Im CAM-Prozessor

Polygon verursacht extrem große Plotdaten

Diese Meldung wird immer dann ausgegeben, wenn Sie in der Layerauswahl des CAM-Prozessors einen Signallayer aktiviert haben in dem ein Polygon gezeichnet wurde, dessen Strichstärke unter der Auflösung des ausgewählten Ausgabetreibers (*Device*) liegt.

Um unnötig große Plotdateien zu vermeiden, sollten Sie dem Polygon einen höheren Wert für die Strichstärke zuordnen (CHANGE width).

In der Free- oder Standard-Edition

Kann die gewünschte Aktion nicht ausführen

Diese Meldung wird gezeigt, wenn die Beschränkungen der kleineren Editionen überschritten werden. Wenn also zum Beispiel Bauteile außerhalb der erlaubten Layoutgrenzen abgesetzt oder der Autorouter gestartet, beziehungsweise Einstellungen für den Router gemacht werden sollen, obwohl Bauteile außerhalb der Layoutgrenzen liegen, oder eine nicht frei gegebene Innenlage angelegt werden soll und so weiter.

Stichwortverzeichnis

3

3D STEP-Export **27**
3D-Board **205**
3D-Package **99, 270**
3D-Package-Support **36**

A

Addlevel **311**
Always 319, 320
Can 319
Must 319
Next 318
Request 311, 319
Airwire **41**
Aktionsleiste **69, 72**
Aktuelle Einheit **118**
Alias **120**
Löschen 121
ALIGN **37, 90**
Alt-*X* **63**
Annular Ring **184**
Attribute
Bauteil-Attr. 154
Definieren 81, 153, 314
Ext*ernal Device* 317
Globale A. 153
Suchen 141
VALUE 308
Ausrufezeichen **244**
Auswahlfilter **24**
Autorouter
Backup 261
Blind-Via 221
Bus-Router 247
Cutout-Polygon 252
Design-Regeln 248
Effort 253
Einseitige Platine 265
Info 262
Kostenfaktoren 256
Layer 251
Leiterbahnbreite 248
Menü 252
Micro-Via 261
Mindestabstände 248
Minimales Raster 245
Multilayer 251
Optimierung 247
Parameter laden/speich*ern* 254
Platzierungsraster 248
Polygons 259
Protokolldatei 263
Ripup/Retry 260
Routing-Lauf 247
Routing-Raster 249
Sicherungsdatei 261
Signal auswählen 254
Speicherbedarf 250
Sperrflächen 96, 321
Starten 98, 252
Statusanzeige 262
Steuerdatei 264
Steuerparameter 256
Steuerung 246
TopRouter 247
Unerreichb. Smd 250, 251
Unterbrechen 261
Versorgungspolygone 260
Via-Bohrdurchmesser 248
Vorzugsrichtungen 253
Wiederaufsetzen 256, 261
Zeitbedarf 249

B

Backup **65, 359**
Ball-Grid-Array **296**
Bauteile
Aktualisieren 228
Alpha-Blending 131
Anordnen 193
Attribute definieren 154
Auf Lötseite 276, 325
Aus LBR holen 77, 91
Aus mehreren Gates 143
Austauschen 77, 198
Bearbeiten 228
Beschreibung 277
Beschriftung 277
Drehen 194
Entwerfen 104
Externes B. 317
Gehäuse tauschen 196

In Bibliothek kopieren 332
*Intern*e Brücke 312
Mit Drag&Drop kopieren 334
Name 277
Ohne Package 317
Package-Editor 278
Platzierungsraster im BRD 191
Präfix festlegen 105
Querverweise 321
Suchen 141
Technology ändern 198
Value immer Device-Name 366
Verriegeln 92
Wert 277

Bauteileliste 124

Befehl
Abbrechen 74
Aktivieren 109
Ausführen 74
PASTE 160
Zurücknehmen 73

Befehle
ADD 77, 91, 104, 282
ADDMODEL 165
ALIGN 37, 90
ARC 79, 96
ASSIGN 82, 111
ATTRIBUTE 81, 97, 105
AUTO 98
AUTO BGA 98
Bemaßung 97
BOARD 72, 191
BREAKOUT 31
BUS 80, 150
BUSFROMSEL 31
CHANGE 76, 91, 105, 278
CIRCLE 79, 95, 113, 116
CLASS 82, 148
CLOSE 82
CONNECT 105, 284, 306
COPY 75, 90
CUSTOM3D 25
CUT 82
DELETE 77, 91
DESCRIPTION 102, 106
DIMENSION 81, 97
DISPLAY 74, 87, 120
DRC 98, 211
EDIT 82, 101
EDIT3D 25
EDITGROUP 23
ERC 81, 98, 156
ERRORS 98, 212
EXPORT 82, 124
EXPORTSTEP 27
FANOUT 27
FRAME 82, 323
FUSIONSYNC 205
FUSIONTEAM 25
GATESWAP 77, 283
GRID 71
GROUP 76, 89
HELP 70
HOLE 97, 110, 321
INFO 74, 86, 184
INVOKE 79, 143
IPROBE 35
JUNCTION 80, 145
LABEL 80, 146
LAUNCH 30
LAYER 82, 358
LINE 79, 95
LOCK 24, 92
MAKESPICE 35
MANUFACTURING 33
MAPTOMODEL 35
MARK 75, 88
MEANDER 93, 231
MENU 83, 128
MIRROR 75, 89, 110, 196
MITER 78, 93
MODULE 81
MOVE 75, 89, 110
NAME 78, 92, 105
NET 80, 145
NEWGROUP 22
OPEN 83
OPTIMIZE 93
PACKAGE 83, 105, 327
PAD 102, 275
PADARRAY 26
PAINTROLLER 26
PASTE 76, 90
PATTERN 26
PIN 103, 118, 279
PINARRAY 26
PINBREAKOUT 31
PINSWAP 77, 92
PINTOBUS 31
POLYGON 80, 96, 203, 218
POLYGONIZE 28
PORT 81
PREFIX 105
PRINT 83, 236
QUIT 83
RATSNEST 97
RECT 80, 96
REDO 73
REMOVE 84, 336
REMOVE), 101
REMOVEOVERRIDE 25
RENAME 337
RENAME) 101

REPLACE 77, 92, 198
REROUTE 24
RIPUP 30, 94, 201
ROTATE 76, 90, 194
ROUTE 94, 199
RUN 72
SCRIPT 72
SET 84, 128, 365
SHOW 74, 87
SIGNAL 96
SIM 35
SIMOPTOGGLE 35
SIMULATION 168
SLICE 78, 93
SMASH 78, 92
SMD 102, 275, 295
SMDARRAY 26
SOURCESETUP 35
SPLIT 78, 93
TECHNOLOGY 84, 105
TEXT 79, 95, 277
UNDO 73
UNGROUP 22
UPDATE 84, 228, 337
USE 286
VALUE 78, 92, 105, 285, 308
VARIANT 84
VIA 96, 110, 226
VPPROBE 35
VPROBE 35
WINDOW 72
WRITE 84

Befehls-Parameter 71

Befehlseingabe
Funktionstasten 111
History-Funktion 110
Koordinaten 116

Befehlsmenü 69

Bemaßung 97

Benutzerführung 68, 70

Benutzeroberfläche 66, 128

Beschriftung
Schaltplan-Symbol 318
Verschieben 78, 92

Bestückungsautomaten 342

Bestückungsplan
Zeichnen 276

Bestückungsvarianten 233

Bewegen
Objekte 75, 89

BGA-Autorouter 98

Bibliothek
Alte Dateien updaten 48
Attribute definieren 314
Baut*eil ohne Packag*e 317
Bauteile suchen 141
Beschreibung 286
Device anlegen 282
Eigene erzeugen 336
Element löschen 336
Element umbenennen 337
Elemente kopieren 332
Erstellen 269
Exportieren 126
Extrahieren 228
Inhaltsverzeichnis 100
Kopieren mit Drag&Drop 334
Laden (use) 59, 72
Migration zu verwaltet 270
My Managed Libraries 273
Neu anlegen 289
Öffnen 83
Package anlegen 275
Package-Variante 305
Packages aktualisieren 337
Script-Datei erzeugen 124
Symbol anlegen 278
Übersicht 58
URN 271
Verwaltete Bibliothek 269
Verwaltete Ordner 22
Wichtige Hinweise 41

Bibliotheks-Editor 99

Bildausschnitt
Alias definieren 121
Letzten anzeigen 73
Verschieben 72

Bildschirm
Auffrischen 72

Bill Of Material 343

Blendentabelle 355

Blind-Via 41, 220, 227

Blind-Via-Ratio 184

BMP-Daten 125

Board 42

Bogen 79, 96
CAP, Bogenende 96

Bohrdaten 340
Blind/Buried Vias 352
EXCELLON 341
Führende Nullen 355
Maßeinheit Bohrertabelle 355
Multilayer-Platine 352
SM1000 341
SM3000 341

Bohrer-Konfigurations-Datei 44

Bohrerlegende **345**
Bohrplan **343**
Bohrsymbole **344**
Bohrung **43, 97**
Befestigungsloch 321
Durchkontaktiert 340
Mindestdurchmesser 183
Nicht durchkontaktiert 340
Von Hand bohren 342
bRestrict **251**
Buried-Via **42, 220**
Bus
Breakout 31
Umbenennen 365

C

CAM-Job
excellon.cam 354
gerb274x.cam 353
CAM-Prozessor **106**
Bestückungsdruck 350
Bestückungsseite 349
Bestückungsvarianten 345
Blind-, Buried Vias 352
Bohrdaten 340, 351
Dateiendungen 352
Device-Treiber 354
Extrem große Plotdaten 372
Fräskonturen 350
HPGL 126
Innenlage 349
Job laden 107
Klebemaske 350
Lotpastenmaske 350
Lötstopmaske 350
Platzhalter 351
Starten 72, 106
Templates 107
Tipps 345
Treiber definieren 354
Über Batchdatei starten 359
Veredelung 350
Cmd-Taste **113**
Control Panel **57**
Ansicht aktualisieren 64
Erweiterter Modus 64
Suchfunktion 64
Core **42, 220**
Cream **189**
Ctrl-Taste **42, 113**
Cutout-Polygon **218**

D

Datei
Aus älterer Version 370
Drucken 72
Importieren 160
Laden 82
Löschen 84
Neu anlegen 62
Öffnen 63, 72
Speichern 72, 84
Dateisperre **66**
Default **42**
Design Block **161**
Einfügen 77
Design Blocks **60**
Design Manager **29**
Design Rule Check **42, 211**
Bedeutung d. Fehler 214
Fehler anzeigen 98, 213
Fehler billigen 214
Linienart 217
Live DRC 35
Prüfungen ein-/ausschalten 190
Sperrflächen 190
SPICE Simulation 35
Design-Regeln **60**
Annular Ring 184
Clear*ance, Dist*ance 183
Definieren 180
Einheiten in Dialogen 366
Layer-Setup 182
Optionen 181
Designlink-Schnittstelle **144**
Device **42**
Attribute 314
Austauschen 77
Description 285
Device-Set anlegen 303
Entwerfen 103, 282
Externes D. 317
Gate-Name 283
Kopieren 334
Löschen 100
Öffnen/Editieren 228
Package zuordnen 283
Platzhalter im Namen 304
Präfix 285

Technology 307
Umbenennen 100
Value on/off 105
Device-Set **42, 303**
Differential-Pair-Signale **229**
Dokumentation **58**
Doku-Druck 276
Drag&Drop **57**
DRC
Siehe Design Rule Check 211
Drehen **76, 90**
Drill -- siehe Bohrung **42**
Drucken **83, 236**
Bildunterschrif*t* 238
PDF-Datei 239
Reihenfolge d. Layer 239
Durchkontaktierung -- siehe Via **96**
DXF-Format **126**

E

eagle.def **354**
eagle.epf **138**
eagle.scr **135**
eaglecon.exe **359**
eaglerc **137, 361, 365**
ECAD/MCAD
Synchronisieren 205
Edition **52**
Free 55
Standard 55
Eigenschaften übertragen **26**
Einheiten in Dialogen **366**
Electrcal Rule Check
Billigen 157
Electrical Rule Check **42, 81, 156**
Elektro-Schaltplan **147, 321**
Elongation **187**
Experten-Optionen **365**
Exportieren **123**
Bibliotheken 126
Grafikdaten 125
STEP-Datei 27
STEP-Modell 126

F

Fadenkreuz **68**
Fang-Funktion **79**
Fangradius **135**
Farb-Einstellungen **131**
Fehlermeldung
Beim Datei laden 368
DRC - Bedeutung 214
Im CAM-Prozessor 372
In Bibliothek 371
Ungeeignete Objekte 370
Fenster
In d. Vordergrund hole*n* 112
Menü 68
Nummer 68
Schließen 82
Filp Layout-Ansicht **35**
Filter **23**
First-Flag **187**
Foliendruck **341**
Follow-me-Router **42**
Font-Check **190, 216**
Footprint **42**
Forward&Back-Annotation **43, 127**
Indikator 244
Konsistenzkriterien 242
Konsistenzverlust 240
Fräskontur **325**
Fräskonturen **193**
Fräsmaschine **341**
Free-Edition **55**
Funk*tionsta*sten **82, 111, 128**
Fusion **206**
Fusion Team **25**
FUSIONSYNC **205**

G

Gate **43, 304**
Holen 79
Versteckte Versorgungspins 143
Vertauschen 77
Gateswap **151**
Gehäuse -- siehe Package **92**

Gerber-Ausgabe
Blenden-/Bohrertabelle 355
Negative Polarität 27
Gesten-Steuerung **67**
GND-Symbol **312**
Grafik
Import 127
Grafikdaten erze*ugen* **125**
Grid -- siehe Raster **43**
Gruppe
Auf andere Seite 75
Bewegen 75
Definieren 76, 89
Drehen 331
Selektieren mit Ctrl 366
Standard Mausaktion 135
Verschieben 193

H

Hierarchie
Bauteilnamen im Layout 177
Offset für Bauteilnamen 177
Hierarchischer Schaltplan **172**
Hilfe-Funktion **68**
Hilfefunktion **70**
History-Funktion **110**
Hole -- siehe Bohrung **43**
Hyperlink
In Descriptions 285

I

Icongröße **68**
Import **123**
Importieren
ACCEL-ASC*II* 124
EAGLE-Zeichnung 159
Innenlagen **218**
Installation **47**
Invalid Polygon **215**

J

Junction **43**
Automatisch setzen 134

K

Keepout **215, 277**
Knick einfügen **78, 93**
Knickmodus **202**
Kommandosprache **113**
Kommandozeile **69, 109**
Konfigurieren
EAGLE konf. 128
eagle.scr 135
eaglerc 137
eaglerc, eaglerc.usr 365
Konsistenzindikator **244**
Konsistenzprüfung **98, 127**
Konsistenzverlust **240**
Kontaktspiegel
>CONTACT_XREF 147
>XREF 321
Kontextmenü **61, 110**
Konfigurieren 129
Konturerkennung **192**
Koordinatenangaben
Anzeige 69, 75, 331
Kommandozeile 110
Modifier 117
Polar 116, 331
Rechter Mausklick 117
Relativ 116, 331
Textuell 116
Kopieren
SCH/BRD 159
Kreis **79, 95**
Gefüllt 321
Kupferfläche **203**

L

Längenausgleich **231**
Langloch **325**

Layer **43**
Alias definieren 120
Anzahl d. Signallayer 182
Dicke 183, 222
Ein-/Ausblenden 74, 87
Neu definieren 82
Setup 182, 219, 221
Single Layer Modus 201
Sperrflächen 251
Stack 43, 220
Verwendung 357
Wählen 82
4.3 Layout-Editor **85**
Ansicht von unten 35
Description 191
Design Block einfügen 91
Leiterbahn
Alle löschen 91
Auflösen 201
Breite autom. einstellen 134
Länge messen 233
Routing-Richtung 36
Signalnamen anzeigen 134
Verlauf glätten 202
Verlegen 199
Library
siehe Bibliothek 43
Linie **45**
Fang-Funktion 95
Knickpunkt lö*sch*en 91
Zeichnen 79, 95
Linienart **95**
Lock-Datei **66**
Logo importieren **127**
Löschen **77, 91**
Bibliothekselement 100
Datei 84
Schaltplanblatt 84
Lötauge **44**
Lotpastenmaske **189**
Lötstopmaske **189**
Luftlinie **41**
Berechnen 97
Ein-/Ausblenden 97, 195

M

Mäander **231**
Magnetische Pads **201**
Managed Libraries **269**
MANUFACTURING **33**
Manufacturing-Flyout **33**
Masse-Symbol **312**
Mausklick **115**
Maustasten **84**
Mauszeiger-Darstellung **68**
Mehrkanal-Layout **161**
Menü
Inhalt Parametermenü 129
Textmenü definieren 364
Menüleiste **69**
Micro-Via **43, 221, 227**
Annular Ring, Durchmesse*r* 184
In Smd setzen 227
Miter **43**
Modul **43**
Anlegen 82
Bestückungsvarianten 178
Prefix *für Instanz* 174
Seite anlegen, löschen 72
Modul-Instanz **43**
Port 175
Modulseiten
Reihenfolge 175
Montagebohrung **321**
Multilayer-Platine
4-Lagen 221
6-Lagen 223
8-Lagen 225
Blind-/Buried-Vias 219
Definition 217
Durchgehende Vias 219
Schichtdicken 222
Via-Darstellung 221

N

Name
Automatisch vergeben 122
Länge 122
Verbotene Zeichen 122
Net **43**
Netscript **124**
Netz **43**
Anknüpfungspunkt 281
Beschriftung 80
Querverweis 80, 146
Umbenennen 365
Verbindungspunkt 80

Zeichnen 80
Netzklassen 148
Netzliste
Exportieren 82, 124
NGSPICE 164
Nutzen erstellen 239

O

Object inspector 24
Objekt
kopieren und anordnen 26
Selektieren 85
Objekt-Eigenschaften 74, 86
Ändern 76, 91, 278
Anzeigen 68
Voreinstellen 128
Obstacle Avoidance 44
Offset 177
ONLINE Status 58
Optimierungslauf 245
Optionen-Menü 64

P

Package 44
Auf Unterseite 276
Aufhängepunkt 275
Austauschen 92, 197
Beliebige Padform 325
Beschreibung 277
Definieren 275
Editieren/Öffnen 228
Gedreht anlegen 331
importieren 329
In Bibliothek aktualisieren 335
In Bibliothek löschen 336
Kopieren 332
Löschen 100
Neu entwerfen 102
P. wird verwendet 371
Pad-Durchmesser 275
Radiale Pad-Anordnung 331
Umbenennen 100
Variante löschen 328
Variante neu anlegen 326
Variante umbenennen 305
Variante wählen 305
Zuordnen 283
Package Creator 30
Pad 44
Beliebige Form 325
Bohrlöcher anzeigen 134
Darstellung im Editor 188
*Durchmes*ser in Innenlagen 186
Durchmesser, Annular Ring 184
Erweiterte Form 325
First-Flag 187, 291
Form 187, 290
Form ändern 278
Layerfarbe 188
Lötstopsymbol 291
Magnetische Pads 201
mit Langloch 325
Name 276
Name im Layout zeigen 134, 291
Offset-Pad 187
Radiale Anordnung 331
Seitenverhältnis 187
Signalnamen anzeigen 134
Stop-Flag 190, 291
Thermals-Flag 189, 291
Palette 131
Parameterleiste 69, 71
Partlist 124
Passermarken 345
PASTE DBL 77, 91
PBM-Daten 125
PDF-Ausgabe 239
Pfadangabe 65
PGM-Daten 125
Pick-and-Place-Daten 342
Pick&Place-Daten 23
Pin 44
Anschlusspunkt 145
Direction 280
Function 279
Gleichnamige P. 311
Length 280
Mehrfachverbindungen 311
Name 281
Negiertes Signal 300
Orientation 279
Parameter 279
Swaplevel 281
Übereinanderliegend 159
Versorgungs-Pin 309
Vertauschen 77, 92
Visible 280
Pin-Liste 158

Pin/Pad-Liste **124**
Pin/Pad-Zuordnung **284, 306**
Pinlist **124**
Pinswap **151**
Platine
Angebot 348
Attribute, global 196
Ausfräsungen 193, 325
Bauteile anordnen 193
Bauteile verriegeln 92
Beidseitig bestückt 196
Design-Regeln 180
Erstellen 191
Konturerkennung 192
Layer-Aufbau 182
Leiterbahnen verlegen 199
Platzierungsraster 191
Prüfen 211
Umriss festlegen 192
Vorüberlegungen 179
Platinenaufdr*uck* **276**
Platinenfertigung **339**
Platzhalter
Für Attribute 317
>CONTACT_XREF 147, 324
>DRAWING_NAME 324
>GATE 318
>LAST_DATE_TIME 324
>MODULE 364
>NAME 281, 318
>PART 318
>PLOT_DATE_TIME 324
>SHEET 324
>SHEET_HEADLINE 365
>SHEET_TOTAL 365
>SHEETNR 324
>SHEETNR_TOTAL 365
>SHEETS 324
>SHEETS_TOTAL 365
>VALUE 281
>XREF 322
Platzhaltertexte **364**
PNG-Daten **125**
Polygon
Berechnen ein/aus 134
Breite d. Thermalanschlüsse 204
Cutout 96
Isolate 204
Orphans 205
Pour 204
Rank 204, 218
Spacing 204
Sperrfläche 218
Thermals 204, 218
Umbenennen 365
Umrissdarst. nach Ratsnest 205
Ungültiges P. 205
Zeichnen 203
Port **44**
Bus exportieren 175
Dire*ction* 175
Eigenschaften ändern 177
Port definieren **175**
PPM-Daten **125**
Präfix **285**
Premium-Edition **52**
Prepreg **44, 220**
Programm
Beenden 63, 83
Projekt
Anlegen 61, 138
Beschreibung 62
Datei, eagle.epf 138
Design Block einfügen 162
Schließen 63
Ver*walten* 61
Verzeichnis 64
Zuletzt geöffnete 63
Projektdatei **138**
Überschreiben 63
Prototypenfertigung **341**
Prüfen
Konsistenz 81
Layout 98
Publizieren in Fusion Team **25**

Q

Querverweise
Format festlegen 147
Für Bauteile/Kontakte 147, 321
Für Netze 80, 146
Quick Route Modus **29**

R

Rack **44**
Rädchenmaus **67**
Raster
Alias definieren 120
Altern*ativ*es R. 119

Einstellen 118
Im Package einstellen 275
Min. sichtbare Größe 135
Ratsnest 44
Rechteck 80, 96
Relais 319
Restring 44
RGB-Wert 131

S

Sackloch 41
Schaltplan
Attribute, global 153
Beachtenswertes 159
Beschreibung 140
Editor 53
Entwerfen 139
Fehlerprüfung 156
Hierarchischer Schaltplan 172
Mit mehreren Seiten 158
Netze verlegen 145
Raster 140
Seite anlegen 140
Seite löschen 140
Seiten sortieren 158
Seitenvor. ein*/ausschalten* 158
Seitenvorschau 69
Simulation 35
Stromversorgung 152
Supply-Symbole 152
Teile duplizieren 159
Verschiedene kombinieren 159
Versorgungsspannung 152
Zeichnungsrahmen 140
Schaltplanblatt
Anlegen 140
Anzahl max. 51
Beschreibung 140
Laden 72
Löschen 84
Sortieren 69, 158
Schematic 44
Schriftart
Ändern 79
In Zeichnung einprägen 67
No vector font 216
Prüfen 190, 216
Vektor 67, 190
Schriftfeld 324
Script-Dateien 112, 123
defaultcolors.scr 133
Kommentar-Zeichen 124
Syntax 113
Selection Filter 24
Selektionsfaktor 135
Sheet -- siehe Schaltplanblatt 44
Sicherungskopie 65, 359
Signal 44
Alle löschen 124
Differential Pair 229
Länge messen 233
Längenausgleich 231
Signallinie ein-/ausblenden 97
Signalname anzeigen 200
Simulation
Aus Netzliste 171
Ausführen 168
Digital 26
Modell in LBR zuordnen 168
Modell zuordnen 165
Typen 169
Single Layer Modus 201
Single-Layer-Modus 130
SLICE 78
Smd
Automatische Namensverg. 122
Beliebige Form 325
Benennen 276
Cream-Flag 296
Größe festlegen 295
Lotpastenmaske 189
Lötstopmaske 190
Platzieren 295
Roundness 187
Runde Fläche 296
Stop-Flag 296
Thermals-Flag 189, 296
SMD 44
Sonderzeichen 122
Speichern
Datei 84
Sperrfläche 199, 251, 321
Für Bauteile 277
Innenlayer 218
SPICE-Simulation 30, 164
Spiegeln 75, 89
Spin-Flag 194
Sprache einstellen 49
Standard-Edition 55
Statuszeile 69

Stromversorgung **152**
Stückliste **343**
Supply
Symbol 44, 152, 312
Swaplevel **77, 92, 151, 283, 311**
Symbol **44**
Beschreibung 282
Beschriftung 318
Entwerfen 102, 278
Kopieren 332
Löschen 100
Öffnen/Editieren 228
S. wird verwendet 371
Umbenennen 100
Versorgungs-S. 312
Zeichnen 281

T

Tastenbelegung **111**
Technology
Ändern 198
Terminal-Fenster **359**
Testautomaten **342**
Text
Ausrichtung 79
Drehen m. Spin-Flag 195
Editor 108
Externer Edit*or* 67
Höhe 79
HTML-Text 277
In Kupferlayern 346
Invertiert in Kupferlayer 95
Kopfüber darstellen 292
Menü 83, 128, 364
Min. sichtbare Höhe 135
Schriftart 79
Sonderzeichen 122
Strichstärke 79
Überstrichener Text 122
Variable 324
Vertikaler T. 68
Vom Bauteil lösen 195
Zeilenabstand 95
Thermal-Symbol **188, 218**
Thermals-Flag **189**
TIF-Daten **125**
Titelzeile **69**
tRestrict **251**

U

Undo
Ein/Ausschalten 134
Liste 73
Update
Datei älter 2.6 370
URN **270**
User Language **45, 126**
User-Language-Programm
Ausführen 72
bom.ulp 343
designlink-lbr.ulp 145
designlink-ord*er.ulp* 144
dif40.ulp 342
drill-aid.ulp 342
drill-legend.ulp 345
drillcfg.ulp 353
dxf.ulp 126
fabmaster.ulp 342
g*encad.ulp* 342
mill-outlines.ulp 341
m*ount_smd.ulp* 342
panelize.*ulp* 239
pcb-service.ul*p* 348
Übersicht aller 61
u*nidat.ulp* 342

V

Value
Im Device 308
Platzhalter *f. Pack*age 292
Platzhalter *f. Sym*bol 301
V. ist immer Device-Name 366
Warnung 367
Variable
$EAGLEDIR 65
$HOME 65
Variante **305**
Löschen 328
Neu anlegen 326
Veränderte verwenden 329
Vektor-Font **67**
In Zeichnung einprägen 67
Neue Vektor-Schrift 67
Prüfung *190*
Verbindungspunkt **80**
Versorgungs-Gate **143, 319**

Versorgungslage
Autorouten 260
Versorgungsspannungen **152**
Vertauschen
Gates 77
Pins 77, 92
Verwaltete Bibliothek **269**
Verwaltete Ordner **22**
Verzeichnisse **64**
Via **45**
Annular Ring, Durchmesser 184
Blind/Buried 220
Darstellung im Editor 188
Durchmesser bei INFO 184
Durchmesser in Innenlagen 186
Form in Innenlagen 187
Länge anzeigen 134
Länge, Tiefe 226
Layerfarbe 188
Lötstopmaske 190
Stop-Flag 190
Thermal-S*ymbol* 188
vRestrict **199, 251**

W

Wert
Bauteil-Wert 78, 92
Fest/änderbar 105, 285
Wheel **45**
Wiederholungspunkte **115**
Wire **45**
Bend-Modus 202
Knicke löschen 366
Radiusmodus deaktivieren 366
Style 95
Zusammenfassen 93

X

XBM-Daten **125**
XPM-Daten **125**
XREF-Label **147**

Z

Zeichnungsrahmen **99, 323, 324**
Zoomen **72**
Zoomlimit **67**