EAGLE

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

Handbuch

Version 5

3. Auflage

81020530

Copyright © 2008 CadSoft *Alle Rechte vorbehalten*

So können Sie uns erreichen:

Vertrieb:	+49 8635 6989-10
	vertrieb@cadsoft.de
Hotline:	+49 8635 6989-30
	hotline@cadsoft.de
Fax:	+49 8635 6989-40
Web:	http://www.cadsoft.de

Unsere Hotline steht unseren Kunden kostenlos zur Verfügung:

Mo - Do:	9:00 bis 12:00 und 13:00 bis 16:00 Uhr
Freitag:	9:00 bis 13:00 Uhr

CadSoft Computer GmbH
Hofmark 2
D-84568 Pleiskirchen

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt.

© Copyright 1988-2008 CadSoft Computer GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

Kein Teil dieser Dokumentation darf ohne Genehmigung der Firma CadSoft 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.

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.....17
1.1 Was steht im Handbuch?.....17
1.2 Begriffe und ihre Verwendung.....18

Kapitel 2
Installation.....23
2.1 Was Sie erhalten haben.....23
2.2 Neu-Installation.....23
Windows.....24
Linux.....25
Mac OS X.....26
2.3 Update von einer älteren Version.....27
Erst sichern, dann installieren.....27
Hinweise zu Bauteil-Bibliotheken.....27
Bei Änderungen in der Datenstruktur.....28
2.4 Lizenz-Änderung bzw. -Erweiterung.....28
2.5 Mehrbenutzer-Lizenzen.....29
Hinweise zur Installation im Netzwerk.....29
Besonderheiten unter Windows.....30
Pfadangaben.....30
Unterschiedliche Betriebssysteme an den Arbeitsrechnern.....30

Kapitel 3
EAGLE–Module und –Leistungsklassen.....31
3.1 EAGLE-Module.....31
Layout-Editor.....31
Schaltplan-Editor.....31
Autorouter.....32
3.2 Die verschiedenen Leistungsklassen.....32
Professional-Edition.....32
Allgemein.....32
Layout-Editor.....33
Schaltplan-Editor.....33
Autorouter-Modul.....34
Standard-Edition.....34
Light-Edition.....34

Kapitel 4
EAGLE im Überblick.....35
4.1 Das Control Panel.....35

Bibliotheksübersicht....36
Design-Regeln....38
User-Language-Programme, Script-Dateien, CAM-Jobs....38
Projekte....38
Menüleiste....40
Datei-Menü....40
Ansicht-Menü....41
Optionen-Menü....41
Fenster-Menü....45
Hilfe-Menü....45
4.2 Das Schaltplan-Editor-Fenster....46
Wie Sie detaillierte Informationen zu einem Befehl erhalten....47
Direkthilfe und Benutzerführung....47
Hilfefunktion....47
Befehls-Parameter....48
GRID....49
Die Aktionsleiste....49
USE....49
SCRIPT....50
RUN....50
WINDOW....50
UNDO/REDO: 50
Stop-Icon....50
Go-Icon....50
Das Befehlsmenü im Schaltplan-Editor....50
INFO....50
SHOW....51
DISPLAY....51
MARK....51
MOVE....51
COPY....52
MIRROR....52
ROTATE....52
GROUP....52
CHANGE....53
CUT....53
PASTE....53
DELETE....53
ADD....53
PINSWAP....54
GATESWAP....54
REPLACE....54

NAME....54
VALUE....54
SMASH....54
MITER....55
SPLIT....55
INVOKE....55
WIRE....55
TEXT....55
CIRCLE....56
ARC....56
RECT....56
POLYGON....56
BUS....56
NET....56
JUNCTION....56
LABEL....56
ATTRIBUTE....57
ERC....57
Befehle, die nicht über das Befehlsmenü erreichbar sind....57
ASSIGN....57
CLASS....57
CLOSE....57
EDIT....58
EXPORT....58
FRAME....58
LAYER....58
MENU....58
OPEN....58
PACKAGE....58
PRINT....59
QUIT....59
REMOVE....59
SET....59
TECHNOLOGY....59
UPDATE....59
WRITE....59
Maustasten....60
Selektieren von benachbarten Objekten....60
4.3 Das Layout-Editor-Fenster....60
Das Befehlsmenü im Layout-Editor....61
INFO....61
SHOW....62

DISPLAY....62
MARK....62
MOVE....62
COPY....63
MIRROR....63
ROTATE....63
GROUP....63
CHANGE....64
CUT....64
PASTE....64
DELETE....64
ADD....65
PINSWAP....65
REPLACE....65
LOCK....65
NAME....65
SMASH....66
MITER....66
SPLIT....66
OPTIMIZE....66
ROUTE....67
RIPUP....67
WIRE....67
TEXT....68
CIRCLE....68
ARC....68
RECT....68
POLYGON....68
VIA....69
SIGNAL....69
HOLE....69
ATTRIBUTE....69
RATSNEST....69
AUTO....70
ERC....70
DRC....70
ERRORS....70
4.4 Das Bibliotheks-Editor-Fenster....70
Package, Symbol, Device laden, löschen oder umbenennen....71
EDIT....71
REMOVE....72
RENAME....72

Der Package-Editier-Modus....72
Neues Package entwerfen....72
PAD....72
SMD....72
Der Symbol-Editier-Modus....73
Neues Symbol entwerfen....73
PIN....73
Der Device-Editier-Modus....74
Reale Bauteile aus Symbolen und Packages entwerfen....75
ADD....75
NAME....75
CHANGE....75
PACKAGE....75
CONNECT....75
PREFIX....76
VALUE....76
TECHNOLOGY....76
ATTRIBUTE....76
DESCRIPTION....76
4.5 Der CAM-Prozessor....76
Daten ausgeben....77
Starten des CAM-Prozessors....77
Job-Datei laden....78
Board laden....78
Ausgabe-Parameter einstellen....78
Ausgabe starten....78
Neuen Job definieren....78
4.6 Das Texteditor-Fenster....79

Kapitel 5
Grundlegendes für die Arbeit mit EAGLE....81

5.1 Möglichkeiten der Befehlseingabe....81
Befehl aktivieren und Objekt wählen....81
Kommandozeile....81
History-Funktion....82
Das Kontextmenü....82
Funktionstasten....83
Script-Dateien....84
Gemischte Eingabe....85
5.2 Die EAGLE-Kommandosprache....85
Typographische Konventionen....85
Enter-Taste und Strichpunkt....85

Fettschrift oder Großbuchstaben....86
Kleinbuchstaben....86
Unterstreichungszeichen....86
Leerzeichen....87
Alternative Parameter....87
Wiederholungspunkte....87
Mausklick....87
Koordinatenangaben in Textform....88
Relative Angaben....88
Polare Angaben....89
Rechter Mausklick....89
Modifier....89
5.3 Raster und aktuelle Einheit....90
5.4 Aliase für DISPLAY, GRID und WINDOW....92
Beispiel: DISPLAY-Alias....92
Beispiel: GRID-Alias....93
Beispiel: WINDOW-Alias....93
Editieren, Umbenennen, Löschen eines Alias....93
5.5 Namen und automatische Namensgebung....94
Länge....94
Verbotene Zeichen und Sonderzeichen....94
Automatische Namensgebung....95
5.6 Import und Export von Daten....95
Script-Dateien und Datenimport....95
Datenexport mit dem EXPORT-Befehl....96
DIRECTORY....96
NETLIST....96
NETSCRIPT....96
PARTLIST....97
PINLIST....97
SCRIPT....97
IMAGE....97
5.7 Die EAGLE-User Language....98
5.8 Forward&Back-Annotation....99
5.9 EAGLE individuell konfigurieren....100
Konfigurationsbefehle....100
Das Menü Optionen/Einstellungen (SET-Befehl)....101
Die Datei eagle.scr....106
Die Datei eaglerc....108
EAGLE-Projektdatei....108

Kapitel 6
Vom Schaltplan zur fertigen Platine.....111
6.1 Schaltplan erstellen.....111
Schaltplan öffnen.....112
Raster einstellen.....112
Bauteile platzieren.....112
Zeichnungsrahmen laden.....112
Schaltungssymbole (Gates) platzieren.....114
Versteckte Versorgungs-Gates.....115
Bauteile aus mehren Gates platzieren.....115
Verdrahten des Schaltplans.....116
Netze verlegen (NET).....116
Querverweise für Netze definieren.....117
Querverweise für Bauteile/Kontakte.....118
Netzklassen festlegen.....119
Busse einzeichnen (BUS).....121
Pinswap und Gateswap.....122
Stromversorgung.....122
Attribute festlegen.....123
Globale Attribute.....123
Attribute für Bauteile.....124
ERC – Schaltung überprüfen und korrigieren.....126
Schaltplanseiten organisieren.....128
Was noch zu beachten ist.....129
Übereinander liegende Pins.....129
Offene Pins bei MOVE.....129
Zusammenfügen von verschiedenen Schaltplänen.....129
6.2 Vorüberlegungen zur Platinenerstellung.....129
Überprüfung der Bauteile-Bibliotheken.....129
Abstimmung mit dem Platinenhersteller.....130
Festlegen der Design-Regeln.....130
Grundsätzliches.....131
Layers.....132
Clearance und Distance (Mindestabstände).....134
Sizes (Mindestgrößen).....134
Restring (Pad- und Via-Durchmesser).....134
Shapes.....137
Supply.....138
Masks.....140
Misc.....141
6.3 Platine erstellen.....142

Ohne Schaltplan-Editor....142
Platinenumriss festlegen....142
Bauteile anordnen....144
Attribute für Bauteile und globale Attribute....146
Beidseitig bestückte Platinen....146
Austauschen von Bauteilen oder Gehäuseformen....146
PACKAGE-Befehl....146
REPLACE-Befehl....148
Ändern der Technology....148
Sperrflächen definieren....149
Routen – Manuelles Verlegen von Leiterbahnen....149
Kupferflächen definieren mit POLYGON....151
6.4 DRC – Layout überprüfen und Fehler korrigieren....154
Das DRC-Fehler-Fenster....155
Bedeutung der Fehlermeldungen....157
6.5 Multilayer-Platinen....161
Innenlagen....161
Signallayer....161
Versorgungslayer mit Polygonen und mehreren Signalen....161
Versorgungslayer mit einem Signal (Supply-Layer)....162
Supply-Layer und Autorouter....164
Multilayer mit durchgehenden Vias....164
Layer-Setup....164
Multilayer mit Blind- und Buried-Vias....165
Begriffsklärung....165
Darstellung der Vias....166
Layer-Setup....166
Hinweise zum Arbeiten mit Blind-, Buried- und Micro-Vias....171
Micro-Via – ein Sonderfall des Blind-Vias....172
6.6 Bauteile aktualisieren (Bibliotheks-Update)....173
6.7 Schaltplan und Layout drucken....174
Einstellungen im Drucken-Dialog....175
6.8 Nutzen für die Datenausgabe erzeugen....177
6.9 Keine Konsistenz zwischen Schaltplan und Layout – was nun?. .178

Kapitel 7
Der Autorouter....181

7.1 Prinzipielle Möglichkeiten....181
7.2 Was man vom Autorouter erwarten kann....181
7.3 Steuerung des Autorouters....182
Bus-Router....182
Routing-Lauf....183

Optimierung....183
7.4 Was ist vor dem Routen festzulegen?....183
Design-Regeln....183
Leiterbahnbreite und Netzklassen....183
Raster....184
Platzierungsraster....184
Routing-Raster....184
Speicherbedarf....186
Layer....186
Vorzugsrichtungen....187
Sperrflächen....187
Kostenfaktoren und weitere Steuerparameter....188
7.5 Das Autorouter-Menü....188
7.6 Einfluss der Kostenfaktoren und Steuerparameter....190
Layerkosten....191
cfBase.xx: 0..20....191
Kostenfaktoren....191
cfVia: 0..99....191
cfNonPref: 0..10....191
cfChangeDir: 0..25....192
cfOrthStep, cfDiagStep....192
cfExtdStep: 0..30....192
cfBonusStep, cfMalusStep: 1..3....192
cfPadImpact, cfSmdImpact: 0..10....192
cfBusImpact: 0..10....193
cfHugging: 0..5....193
cfAvoid 0..10....193
cfPolygon 0..30....193
Maximum....193
mnVia 0..30....193
mnSegments 0..9999....193
mnExtdSteps 0..9999....193
7.7 Zahl der Ripup/Retry-Versuche....194
7.8 Routen von Mehrlagen-Platinen....195
Supply-Layer....195
Polygone als Versorgungslagen....195
7.9 Backup und Unterbrechen des Routens....196
7.10 Informationen für den Anwender....197
Statusanzeige....197
Protokolldatei....198
7.11 Parameter in einer Steuerdatei....198

7.12 Praktische Tipps....199
Allgemeine Hinweise....199
Einseitige Platine....199
SMD-Platine mit Versorgungslagen....200
Was tun, wenn nicht alles entflochten wird?....201

Kapitel 8
Bauteilentwurf an Beispielen erklärt....203

8.1 Definition eines einfachen Widerstandes....203
Widerstands-Package....204
Anlegen eines neuen Packages....204
Raster einstellen....204
Lötpunkte....204
Pad-Name....205
Bestückungsplan und Dokumentationsdruck....205
Beschriftung....206
Sperrfläche für Bauteile....206
Beschreibung....206
Hinweise....207
Widerstands-Symbol....207
Anlegen eines neuen Symbols....207
Raster einstellen....208
Pins platzieren....208
Pin-Namen....210
Schaltplansymbol....210
Widerstands-Device....211
Anlegen eines neuen Device....211
Symbol wählen, benennen und konfigurieren....211
Wahl des Packages....212
Connect – Verbindung zwischen Pins und Pads....213
Präfix wählen....213
Value....213
Description....214
Speichern....214
Bibliotheksbeschreibung....214
Bibliothek benutzen....215
8.2 Definition eines komplexen Bauteils....215
Anlegen einer neuen Bibliothek....217
Zeichnen des bedrahteten Gehäuses....217
Raster einstellen....218
Pads platzieren....218
Pad-Name....219

Bestückungsdruck zeichnen....219
Package-Name und Package-Wert....220
Sperrfläche für Bauteile....220
Beschreibung....220
Speichern....221
Definition des SMD-Packages....222
Raster einstellen....223
SMD Lötflächen platzieren....223
Name der SMDs....225
Bestückungsdruck zeichnen....225
Package-Name und Package-Wert....226
Sperrfläche für Bauteile....226
Aufhängepunkt....226
Beschreibung....226
Speichern....227
Definition des Logik-Symbols für den Schaltplan....227
Raster prüfen....228
Pins platzieren....228
Pin-Name....228
Symbol zeichnen....229
Platzhalter für NAME und VALUE....229
Speichern....230
Definition eines Versorgungsspannungssymbols....230
Raster prüfen....230
Pins platzieren....230
Pin-Name....230
Platzhalter für NAME und VALUE....230
Packages und Symbole in einem Device-Set verbinden....231
Symbole auswählen....232
Benennen der Gates....232
Festlegen des Addlevels und Swaplevels....232
Auswählen der Package-Varianten....233
Der Connect-Befehl....234
Technologien definieren....235
Präfix bestimmen....236
Value....236
Description....236
Speichern....237
8.3 Versorgungsspannungen....237
Versorgungspins von Bauelementen....237
Unsichtbare Versorgungspins....238
Pins mit gleichen Namen....239

8.4 Supply-Symbole....239
8.5 Attribute....241
Attribute definieren....241
Attribute anzeigen....244
Platzhaltertexte in Symbol und Package....244
8.6 Beschriftung von Schaltplansymbolen....245
8.7 Mehr zum Parameter Addlevel....245
Übersicht....246
Relais: Spule und erster Kontakt werden platziert....246
Stecker: Einzelne Anschlussflächen sollen entfallen können....247
Stecker mit Befestigungsloch und Sperrfläche....248
8.8 Bauteile mit Kontaktspiegel im Elektro-Schaltplan....249
Symbol anlegen....249
Device anlegen....249
Package anlegen....250
8.9 Zeichnungsrahmen....250
8.10 Bauteile auf der Lötseite....252
8.11 Bauteile mit Langlöchern....252
8.12 Anlegen einer neuen Package-Variante....253
Passendes Package aus einer anderen Bibliothek....253
Package-Variante definieren....254
Connect-Befehl....255
Technologien definieren....255
Speichern....255
Verändertes Package aus einer anderen Bibliothek verwenden....255
Package kopieren....255
Variante anlegen....256
8.13 Packages in beliebigen Winkeln anlegen....257
Gesamtes Package drehen....257
Packages mit radialer Pad-Anordnung....257
8.14 Bibliotheken und Bauteile verwalten....258
Kopieren von Bauteilen....258
Innerhalb einer Bibliothek....258
Von einer Bibliothek in eine andere....259
Zusammenstellen eigener Bibliotheken....261
Bibliothekselemente löschen und umbenennen....262
Packages in Bibliotheken aktualisieren....263

Kapitel 9
Erstellen der Fertigungsunterlagen....265

9.1 Welche Daten braucht man zur Platinenfertigung?....265
Gerber-Plotdaten....266

GERBER_RS274X....266
GERBERAUTO und GERBER....266
Bohrdaten....267
EXCELLON....267
EXCELLON_RACK....267
SM1000 und SM3000....268
Weitere Bohrdaten-Treiber....268
Prototypenfertigung mit einer Fräsmaschine....268
outlines.ulp....268
mill-outlines.ulp....268
Film-Erstellung mit PostScript-Dateien....269
Folienerstellung über einen Drucker....269
Daten für Bestückungs- und Testautomaten....270
Dokumentationsunterlagen....270
Stückliste....270
Bohrplan....271
Bohrerlegende....273
9.2 Regeln, die Zeit und Geld sparen....273
9.3 Datenausgabe im Schnelldurchgang....274
Job gerb274x.cam....274
Job excellon.cam....275
Job gerber.cam....279
9.4 Welche Dateien brauche ich für meine Platine?....280
Dateiliste....280
Platzhalter für die Namensgestaltung für Ausgabedateien....283
Hinweis zur Gestaltung der Dateiendungen....283
9.5 Besonderheiten bei Multilayer-Platinen....283
Einfache Innenlagen....284
Supply-Layer....284
Bohrdaten für Multilayer-Platinen mit Blind- und Buried-Vias....284
9.6 Ausgabe-Parameter einstellen....285
9.7 Automatisierte Ausgabe mit CAM-Prozessor-Jobs....288
Neuen CAM-Job definieren....288
Job gerber.cam für Multilayer-Platinen erweitern....289
Fehlermeldung: Blenden fehlen....291
Gerber-Infodateien....291
Bohrdatenerzeugung mit separater Bohrertabelle....292
Bohrertabelle (Rack-File) erzeugen....292
Job für Bohrdatenausgabe definieren....292
Drill-Infodatei....293
9.8 Treiberdefinition in der Datei eagle.def....293

Erstellen eines eigenen Device-Treibers.....293
Beispiel 1: Gerber(auto)-Treiber, Ausgabe in mm 293
Beispiel 2: EXCELLON-Treiber, Ausgabe mit führenden Nullen...294
Maßeinheit in der Blenden-/Bohrertabelle.....295
9.9 Gerberdateien für Fotoplotter mit festem Blendenteller.....295
Definieren einer Blendentabelle.....296
Blendenemulation.....297

Kapitel 10
Anhang.....299

10.1 Layer und Ihre Verwendung.....299
Im Layout- und Package-Editor.....299
Im Schaltplan-, Symbol- und Device-Editor.....300
10.2 EAGLE-Dateien.....301
10.3 EAGLE-Optionen auf einen Blick.....301
10.4 Konfiguration des Textmenüs.....306
10.5 Platzhaltertexte.....307
10.6 Optionen für Experten in eaglerc.....307
Ctrl für Radiusmodus deaktivieren.....307
Device-Name als Value für alle Bauteile 307
Einheiten in Dialogen.....308
Gruppe selektieren.....308
Knicke in Wires löschen.....308
Konsistenz-Check.....308
Mauszeiger neu positionieren.....309
Polygonkanten als durchgezogene Linie.....309
Projekt öffnen.....309
Warnung beim Ändern des Values.....309
Zeichnungsausschnitt verschieben.....309
10.7 Fehlermeldungen.....310
Beim Laden einer Datei.....310
Restring größer als in älterer Version.....310
Bibliotheksobjekte mit gleichen Namen.....310
Pads, Vias werden durch Holes ersetzt.....311
Ungeeignete Objekte wurden nicht berücksichtigt.....312
Update nicht möglich.....312
In einer Bibliothek.....313
Package/Symbol wird verwendet.....313
Im CAM-Prozessor.....314
Polygon verursacht extrem große Plotdaten.....314
In der Light- oder Standard-Edition.....314
Kann die gewünschte Aktion nicht ausführen.....314

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 Handbuch.

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.

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

Eine Anleitung für den schnellen Einstieg in den praktischen Umgang mit dem Programm enthält das Trainings-Handbuch. Es ist nützlich, auch das Trainingshandbuch vor der Arbeit mit EAGLE gelesen zu haben!

Alle diejenigen, die bisher mit einer Vorgängerversion gearbeitet haben, sei die Datei ***UPDATE*** unter Linux und Mac bzw. ***UPDATE.TXT*** unter Windows 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 Druck des Handbuchs noch nicht bekannt waren oder sich inzwischen geändert haben, sind ebenfalls in ***UPDATE*** bzw. ***UPDATE.TXT*** oder ggf. in einer *README*-Datei beschrieben.

Zusätzliche Informationen, die Befehlsreferenz und die ausführliche Beschreibung der EAGLE-User-Language finden Sie in den Hilfe-Seiten des Programms. Damit ist dieses Handbuch wesentlich übersichtlicher geworden, und wichtige Informationen sind dadurch aktueller als in gedruckter Form.

1.2 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).

Annulus-Symbol:
Ein Isolationsring, der bei einer Versorgungslage oder Kupferfläche in der Platine um einen signalfremden Anschlusspunkt gelegt wird.

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.

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.

Net:
Elektrische Verbindung (Netz) im Schaltplan.

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.

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.

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 Versorgungslagen oder 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
leer
gelassen.

Kapitel 2
Installation

2.1 Was Sie erhalten haben

In der EAGLE-Verpackung mit aufgedruckter Lizenzvereinbarung finden Sie die EAGLE-CD-ROM, das User License Certificate mit dem persönlichen Installationscode, ein Trainings-Handbuch und dieses Handbuch.

Sollten Sie für eine bereits vorhandene aktuelle Version ein Upgrade oder eine Lizenzerweiterung erworben haben, kann der Inhalt etwas weniger reichhaltig ausfallen. In jedem Fall liegt aber ein neues User License Certificate und ein Datenträger mit der Lizenzdatei *license.key* bei.

Falls Ihr Computer nicht über ein geeignetes Laufwerk verfügt, kann die Datei *license.key* auf ein anderes Medium kopiert oder ggf. über einen anderen Computer im Netzwerk zur Verfügung gestellt werden.

Verwahren Sie das User License Certificate mit Ihrem persönlichen Installationscode an einem sicheren Ort, der für Unbefugte nicht zugänglich ist! Geben Sie die Lizenzdatei und den Installationscode niemals an Dritte weiter! Schicken Sie Ihren Installationscode auch niemals per E-Mail an CadSoft oder an Dritte.
Die Lizenzkarte brauchen Sie als Lizenz-Nachweis für zukünftige Upgrades oder Updates.

2.2 Neu-Installation

Die EAGLE-CD-ROM enthält Installationsarchive für alle verfügbaren Plattformen und Ihre persönlichen Lizenz-Daten. Das Installationsprogramm entscheidet automatisch anhand der vom Betriebssystem verwendeten Sprache, ob das Programm in Deutsch oder in Englisch installiert wird.
Neuere oder zusätzliche Informationen zur Installation finden Sie gegebenenfalls in den *README*-Dateien in den jeweiligen Verzeichnissen auf der CD-ROM.

Windows

EAGLE für Windows ist als selbst-extrahierendes Archiv auf CD-ROM oder im Download-Bereich der CadSoft-Internetseiten verfügbar.

CD-ROM:
Zur Installation legen Sie die EAGLE-CD-ROM in das Laufwerk. Nach kurzer Zeit sollte die Installationsroutine automatisch beginnen. Falls nicht, doppelklicken Sie auf das CD-ROM-Symbol im Ordner *Arbeitsplatz* auf dem Windows-Desktop.

Download-Version:
Haben Sie das EAGLE-Archiv von der CadSoft-Webseite heruntergeladen, doppelklicken Sie einfach auf die ausführbare Datei *eagle-win-5.0.0.exe*.
Die Versionsnummer im Namen kann, je nach EAGLE-Version, abweichen.

Die Installationsroutine beginnt mit dem Entpacken der einzelnen Dateien aus dem Archiv. Klicken Sie auf *Setup* um diesen Vorgang zu starten.

Danach startet die eigentliche Installation. Folgen Sie den Anweisungen Schritt für Schritt:
Bestätigen Sie die EAGLE Lizenzvereinbarungen mit einem Klick auf *Ja,* wenn Sie damit einverstanden sind. Wenn nicht, können Sie, mit einem Klick auf *Nein,* die Installation abbrechen.
Jetzt wird das Verzeichnis festgelegt, in welches EAGLE installiert werden soll. Mit *Weiter* übernehmen Sie den Vorschlag, mit einem Klick auf *Durchsuchen,* dürfen Sie ein beliebiges anderes Verzeichnis wählen. Nach einer erneuten Bestätigung des Installationspfades beginnt der Kopiervorgang.

Zum Schluss werden Sie gefragt, wie EAGLE lizenziert werden soll:

Lizenz-CD verwenden
Das setzt voraus, dass Sie eine EAGLE-Lizenz gekauft haben. In diesem Fall müssen Sie im folgenden Dialog den Pfad zur Lizenzdatei angeben (üblicherweise auf CD-ROM) und den persönlichen Installationscode, der auf Ihrem *User License Certificate* vermerkt ist, eintippen.

Als Freeware lizenzieren
bedeutet, dass EAGLE als eingeschränkte Version, mit den Limitierungen der Light-Edition, zu Testzwecken und für nicht-kommerziellen Einsatz oder auch für die Erzeugung von Fertigungsdaten, lizenziert wird. Diese Lizenz kann jederzeit durch eine gekaufte Lizenz ohne Neu-Installation ersetzt werden.

Jetzt nicht lizenzieren
verschiebt diesen Vorgang auf den ersten EAGLE-Start.

Im Windows-Startmenü finden Sie jetzt unter *Programme* den Eintrag *EAGLE Layout Editor 5.0.0.* In der Installation enthalten sind auch das Trainingshandbuch und das Handbuch jeweils als PDF-Datei. Mit einem Doppelklick auf den Eintrag *EAGLE 5.0.0* starten Sie das Programm.

EAGLE kann über die unter Windows übliche Weise deinstalliert werden.

Linux

EAGLE für Linux gibt es als selbst-extrahierendes Shell-Skript mit Setup-Dialog auf CD-ROM und im Download-Bereich der CadSoft-Internetseiten. Sie können das Programm als *Root/Administrator* oder auch als einfacher *Benutzer* installieren.

Starten Sie den Installationsvorgang durch einen Doppelklick in einem Dateimanager auf das Shell-Skript *eagle-lin-5.0.0.run*, das sich im Verzeichnis *Linux* auf der CD-ROM befindet, oder nach dem Download aus dem Internet in einem beliebigen Verzeichnis gespeichert sein kann.

Überprüfen Sie bitte, ob die Datei nach dem Download als *ausführbar* markiert ist. Wenn nicht, ändern Sie die Datei-Eigenschaften, zum Beispiel mit dem *chmod*-Befehl in der Linux-Konsole. Sie können das Skript auch direkt von einem Terminal-Fenster aus starten:

```
/pfad_angabe/eagle-lin-5.0.0.run
```

Die Versionsnummer im Namen kann, je nach EAGLE-Version, abweichen.

Die Installationsroutine beginnt mit dem Entpacken der einzelnen Dateien aus dem Archiv.

Danach startet die eigentliche Installation. Folgen Sie den Anweisungen Schritt für Schritt:
Bestätigen Sie die EAGLE Lizenzvereinbarungen mit einem Klick auf *Ja,* wenn Sie damit einverstanden sind. Wenn nicht, können Sie, mit einem Klick auf *Nein,* die Installation abbrechen.
Jetzt wird das Verzeichnis festgelegt, in welches EAGLE installiert werden soll. Mit *Weiter* übernehmen Sie den Vorschlag, mit einem Klick auf *Durchsuchen,* dürfen Sie ein beliebiges anderes Verzeichnis wählen. Nach der erneuten Bestätigung des Installationspfades beginnt der Kopiervorgang.

Zum Schluss werden Sie gefragt, wie EAGLE lizenziert werden soll:

Lizenz-CD verwenden
Das setzt voraus, dass Sie eine EAGLE-Lizenz gekauft haben. In diesem Fall müssen Sie im folgenden Dialog den Pfad zur Lizenzdatei angeben (üblicherweise auf CD-ROM) und den persönlichen Installationscode, der auf Ihrem *User License Certificate* vermerkt ist, eintippen.

Als Freeware lizenzieren
bedeutet, dass EAGLE als eingeschränkte Version, mit den Limitierungen der Light-Edition, zu Testzwecken und für nicht-kommerziellen Einsatz oder auch für die Erzeugung von Fertigungsdaten, lizenziert wird. Diese Lizenz kann jederzeit durch eine gekaufte Lizenz ohne Neu-Installation ersetzt werden.

Jetzt nicht lizenzieren
verschiebt diesen Vorgang auf den ersten EAGLE-Start.

Um EAGLE zu starten, führen Sie im Installationsverzeichnis *bin/eagle* aus.

Das Trainingshandbuch und EAGLE-Handbuch werden jeweils als PDF-Datei im *doc*-Verzeichnis der EAGLE-Installation abgelegt.

Wollen Sie das Programm deinstallieren, löschen Sie einfach das EAGLE-Verzeichnis.

Mac OS X

EAGLE für Mac OS X wird als Universal Binary geliefert und läuft auf dem Power-PC und auf Intel-Rechnern.
Das Installationsarchiv befindet sich entweder auf CD-ROM oder, sofern Sie es sich von der CadSoft-Internetseite herunter geladen haben, direkt auf Ihrem Rechner.

CD-ROM:
Zur Installation legen Sie die EAGLE-CD-ROM in das Laufwerk. Nach kurzer Zeit sollte der *Finder* den Inhalt der CD-ROM anzeigen. Wechseln Sie in das Verzeichnis *MacOSX* und doppelklicken Sie auf das Installationsarchiv mit dem Namen *eagle-5.0.0.pkg*. Die Versionsnummer im Dateinamen kann, je nach EAGLE-Version, abweichen.

Download-Version:
Haben Sie das EAGLE-Archiv von der CadSoft-Webseite heruntergeladen, doppelklicken Sie einfach auf das Installationsarchiv mit dem Namen *eagle-mac-5.0.0.zip*. Das Installationspaket wird jetzt zuerst automatisch entpackt. Es erscheint das Icon *eagle-mac-5.0.0.pkg* auf dem Desktop. Klicken Sie auf dieses, um die Setup-Routine zu starten.
Die Versionsnummer im Namen kann, je nach EAGLE-Version, abweichen.

Folgen Sie der Installationsroutine Schritt für Schritt:

Bestätigen die die EAGLE Lizenzvereinbarungen mit einem Klick auf *Fortfahren,* wenn Sie damit einverstanden sind. Wenn nicht, können Sie, mit einem Klick auf *Zurück,* die Installation abbrechen.
Jetzt wird das Verzeichnis und gegebenenfalls das Ziel-Volume festgelegt, in welches EAGLE installiert werden soll. Mit *Fortfahren* übernehmen Sie den Vorschlag, mit einem Klick auf *Auswählen,* dürfen Sie ein beliebiges anderes Verzeichnis wählen. Nach einer erneuten Bestätigung des Installationspfades beginnt der Installationsvorgang.

Nach dem Beenden der Installation starten Sie EAGLE, indem Sie im *Finder* unter *Programme/EAGLE* auf das EAGLE-Icon klicken. Beim ersten EAGLE-Start werden Sie gefragt, wie EAGLE lizenziert werden soll:

Lizenz-CD verwenden
Das setzt voraus, dass Sie eine EAGLE-Lizenz gekauft haben. In diesem Fall müssen Sie im folgenden Dialog den Pfad zur Lizenzdatei angeben (üblicherweise auf CD-ROM) und den persönlichen Installationscode, der auf Ihrem *User License Certificate* vermerkt ist, eintippen.

Als Freeware lizenzieren
bedeutet, dass EAGLE als eingeschränkte Version, mit den Limitierungen der Light-Edition, zu Testzwecken und für nicht-kommerziellen Einsatz oder auch für die Erzeugung von Fertigungsdaten, lizenziert wird. Diese Lizenz kann jederzeit durch eine gekaufte Lizenz ohne Neu-Installation ersetzt werden.

Das Trainingshandbuch und EAGLE-Handbuch werden als PDF-Dateien im *doc*-Verzeichnis der EAGLE-Installation abgelegt.

Wollen Sie das Programm deinstallieren, löschen Sie den *EAGLE*-Eintrag unter *Programme* im *Finder*.

2.3 Update von einer älteren Version

Erst sichern, dann installieren

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

Bitte lesen Sie die Datei *update.txt*, die im Verzeichnis *EAGLE/doc* steht, um sich mit den Änderungen im neuen Programm vertraut zu machen. Zusätzliche Hinweise zur Update-Installation finden Sie ggf. in den aktuellen *README*-Dateien.

Gehen Sie dann so vor, wie im Abschnitt *Neu-Installation* auf Seite 23 beschrieben. 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 überprüfen (⇒ *Optionen/Verzeichnisse..* im Control Panel).
Die Pfadeinstellungen werden, wenn vorhanden, aus der Konfigurationsdatei *eaglerc(.usr)* der Vorgängerversion übernommen. Wenn nötig, modifizieren Sie die Pfade wie gewünscht. Der Platzhalter $EAGLEDIR steht hierbei für das EAGLE-Installationsverzeichnis.

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.

Wenn Sie neue Bauteile in den bisherigen Standardbibliotheken definiert haben und Sie diese Dateien weiter verwenden wollen, sollten Sie diese (von Anfang an) mit einem eigenen Namen versehen und in einen eigenen Ordner kopieren. Damit verhindern Sie ein versehentliches Überschreiben und den damit möglichen Datenverlust oder ein Verwechseln mit den neueren Bibliotheken. Das ist übrigens auch für ULPs und Script-Dateien sinnvoll.

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;
```

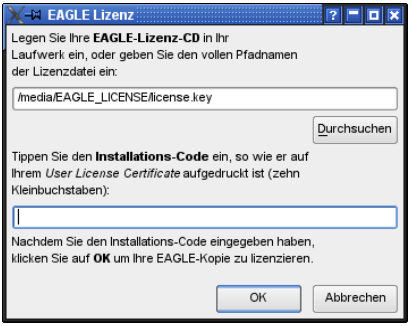
Öffnen Sie eine der Bibliotheken, die auf den neuen Stand gebracht werden soll, und starten Sie das ULP. Das ULP fragt nach der auszuführenden Script-Datei und aktualisiert so alle Bibliotheken im Verzeichnis.

Daten aus vorherigen EAGLE-Versionen können direkt in der neuen Version verwendet werden. Sind die Daten aus einer EAGLE-Version vor 2.60, müssen sie mit dem Programm Update26.exe konvertiert werden. Mehr Informationen dazu gibt es auf Seite 312.

2.4 Lizenz-Änderung bzw. -Erweiterung

Für eine Lizenzänderung erhalten Sie ein neues *User License Certificate* mit aktualisiertem Installationscode und einen Datenträger mit einer neuen Lizenzdatei.

Starten Sie EAGLE und wählen Sie im Control Panel im *Hilfe*-Menü den Punkt *EAGLE lizenzieren* aus. Sie werden jetzt nach dem Pfad zur Lizenzdatei *license.key* gefragt. Wählen Sie diesen aus und tippen Sie in der unteren Zeile Ihren persönlichen Installationscode ein. Klicken Sie dann auf *OK*.



➢ ***Der Lizenz-Dialog***

Das Programm ist jetzt neu lizenziert. Sie können die Lizenzdaten jederzeit im EAGLE Control Panel unter *Hilfe/Über EAGLE* abrufen.

Über diesen Weg können Sie eine bereits installierte aktuelle Freeware zu einer vollwertigen Lizenz erweitern.

2.5 Mehrbenutzer-Lizenzen

Mehrbenutzer-Lizenzen dürfen an verschiedenen Rechnern separat oder auch in einem Netzwerk innerhalb der Lizenzbedingungen installiert werden. Der Installationsvorgang im Netzwerk läuft im Prinzip genauso, wie auf einem Einzelrechner und ist im Abschnitt *Neu-Installation* auf Seite 23 beschrieben.

Hinweise zur Installation im Netzwerk

Eine Mehrbenutzer-Lizenz unterscheidet sich von einer Einzelplatzversion in den Benutzerrechten. Sie enthält keine besonderen Netzwerkmechanismen und kann so in den meisten Netzwerken verwendet werden.

Eine typische Installation kann so aussehen:

EAGLE wird auf einem Server installiert. Bibliotheks-, Design-, ULP-, Projekt- und andere Verzeichnisse können frei gewählt werden.

EAGLE wird nach der Installation von einer Arbeitsstation aus gestartet und lizenziert. Dazu braucht man im Unterverzeichnis *bin* des EAGLE-Verzeichnisses Schreibrechte. Nach der Installation wird die generierte Lizenzdatei *eagle.key* nicht mehr verändert. Es ist kein Schreibzugriff mehr notwendig.

Jetzt kann EAGLE von allen anderen Arbeitsstationen aufgerufen werden. Achten Sie bitte darauf, dass alle Arbeitsrechner denselben Aufruf für EAGLE verwenden, der auch beim Lizenzieren verwendet wurde.

Für jeden Rechner kann nun ein privates Arbeitsverzeichnis (lokal oder im Netzwerk) eingerichtet werden. In diesem kann sich eine benutzerspezifische Konfigurationsdatei (*eaglerc.usr* unter Windows bzw. *~/.eaglerc* unter Linux

oder Mac OS X) befinden. In weiteren Unterverzeichnissen sind zum Beispiel individuelle Projekte.

Alternativ kann jeder Rechner auf dem EAGLE verfügbar sein soll, separat lizenziert werden. Dazu kopieren Sie, die im EAGLE-Programmverzeichnis (*eagle/bin*) generierte Datei *eagle.key,* in das private Arbeitsverzeichnis des Rechners. Geben Sie beim Start des Programms den Installationscode und den Pfad der Lizenzdatei *license.key* an.
Diese Vorgehensweise empfiehlt sich zum Beispiel bei Mehrbenutzer-Lizenzen für 3 oder 5 Benutzer, die nur an bestimmten Rechnern mit EAGLE arbeiten.

In einer Netzwerkumgebung ist es empfehlenswert, dass Bibliotheken, ULPs, Scripts und so weiter genau an einer Stelle verfügbar sind. Das sollte jeweils ein Ordner sein auf den alle EAGLE-Anwender zugreifen können. So stellen Sie sicher, dass neu definierte Bauteile, ULPs oder Scripts auch von allen Anwendern verwendet werden können.

Besonderheiten unter Windows

Pfadangaben

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, bei der Pfadangabe des EAGLE-Aufrufs keinen Laufwerksbuchstaben, sondern den Server-Namen in UNC-Notation anzugeben, also zum Beispiel:

```
\\netservername\eagle\bin\eagle.exe
```

Unterschiedliche Betriebssysteme an den Arbeitsrechnern

Sollten im Netzwerk Rechner mit verschiedenen Windows-Systemen zum Einsatz kommen, führen Sie zunächst eine Installation wie oben beschrieben durch.

Folgende Situation könnte entstehen:
Alle Rechner, die zum Beispiel Windows XP verwenden, können EAGLE starten. Rechner mit zum Beispiel Windows 2000 nicht. Um auch die Rechner mit Windows 2000 zum Laufen zu bringen, kopieren Sie bitte die Dateien *eagle.exe* und *eagle.key*, die sich im *eagle\bin*-Verzeichnis auf dem Server befinden, nach zum Beispiel *eaglexp.exe* und *eaglexp.key*. Alle Rechner mit Windows XP starten nun EAGLE mit dem Aufruf

```
EAGLEXP
```

Anschließend starten Sie EAGLE von einem Rechner mit Windows 2000 und lizenzieren diesen mit dem Installationscode und der Lizenz-CD erneut. Die Datei *eagle.key* ist dann für alle Windows-2000-Rechner gültig. Der Start des Programms erfolgt mit

```
EAGLE
```

Sie benötigen zum Kopieren und Lizenzieren Schreibrechte im Verzeichnis *eagle/bin*!

Kapitel 3
EAGLE–Module und –Leistungs-klassen

3.1 EAGLE-Module

EAGLE wird in verschiedenen Ausführungen angeboten. Sie können den Layout-Editor mit einem zusätzlichen Autorouter-Modul oder/und mit einem Schaltplan-Editor erweitern. Der Schaltplan-Editor alleine ist geeignet, Elektro-Schaltpläne zu zeichnen. Der Layout-Editor ist in diesem Fall nicht unbedingt notwendig. Die Bedienung ist in allen Programmteilen einheitlich.

Layout-Editor

Mit dem Layout-Editor können Sie Platinen entwerfen. Darin enthalten sind der Bibliotheks-Editor, der CAM-Prozessor und ein Texteditor. 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

Der Schaltplan-Editor ohne den Layout-Editor ist sinnvoll, wenn Sie Elektro-Schaltpläne (Verdrahtungspläne, Klemmenpläne, Kontaktspiegel) zeichnen wollen. Zum Schaltplan-Editor gehört, genauso wie beim Layout-Editor, der Bibliotheks-Editor mit dem Sie Schaltplansymbole und auch Gehäuse für das Layout definieren können. Außerdem gehören der CAM-Prozessor und der Texteditor dazu. User-Language-Programme und Script-Dateien können auch genutzt werden.

Im Elektronikbereich ist es sinnvoll, Schaltplan- und Layout-Editor zu kombinieren. Sie können jederzeit mit einem Mausklick die zugehörige Platinendatei erzeugen. EAGLE wechselt dann in den Layout-Editor, wo die Bauelemente mit den Luftlinien (Soll-Verbindungen) neben einer Leerplatine platziert sind. Von da an können Sie wie gewohnt weiterarbeiten. 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.

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.

3.2 Die verschiedenen Leistungsklassen

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

Professional-Edition

Allgemein

- maximale Zeichenfläche 64 x 64 Zoll (ca. 1,6 x 1,6 m)
- Auflösung 0,0001 mm (0,1 Micron)
- Raster in Millimeter und Zoll 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
- 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)
- Bibliotheksbrowser und bequeme Bauteil-Suchfunktion
- 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
- 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)
- Drag&Drop-Funktion im Control Panel
- 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

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 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
- Design Rule Check (prüft z.B. Platine auf Kurzschlüsse oder bestimmte Maße von Pads und Leiterbahnen)
- Copper Pouring (Auffüllen z. B. mit Massefläche)
- Einfache Nutzung verschiedener Package-Varianten
- 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

Schaltplan-Editor

- Bis zu 999 Blätter pro Schaltplan
- Verkleinerte Seitenvorschau
- Sortieren der Schaltplanseiten durch Drag&Drop
- Querverweise für Netze
- Automatisches Erzeugen eines Kontaktspiegels
- Einfaches Kopieren von Bauteilen
- 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)

Autorouter-Modul

- Vollständig in die Basis-Software integriert
- Verwendet die im Layout gültigen Design-Regeln
- Wechsel zwischen manuellem und automatischem Routen in jedem Entwicklungsstadium der Platine
- 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)
- Davon bis zu 14 Versorgungs-Layer
- Volle Unterstützung von Blind- und Buried-Vias
- Berücksichtigt verschiedene Netzklassen bzgl. Leiterbahnbreite und Mindestabstand

Standard-Edition

Die Standard-Edition hat gegenüber der Professional-Edition die folgenden Einschränkungen im Layout-Editor:

- Es können Layouts mit einer maximalen Fläche einer Europakarte (160 mm x 100 mm) erzeugt werden.
- Es sind maximal 4 Signallagen erlaubt (2 Außen-, 2 Innenlagen).
- Der Schaltplan darf maximal 99 Seiten haben.

Light-Edition

Die Light-Edition, die im Funktionsumfang der Freeware (für Testzwecke und nicht kommerziellen Einsatz) entspricht, hat folgende Einschränkungen:

- Die Platinenfläche ist auf 100 x 80 mm begrenzt. Außerhalb dieses Koordinatenbereichs können keine Bauteile platziert bzw. Signale verlegt werden.
- Es stehen nur zwei Signallayer zur Verfügung (keine Innenlagen).
- Ein Schaltplan kann nur aus einem Blatt bestehen.

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

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.

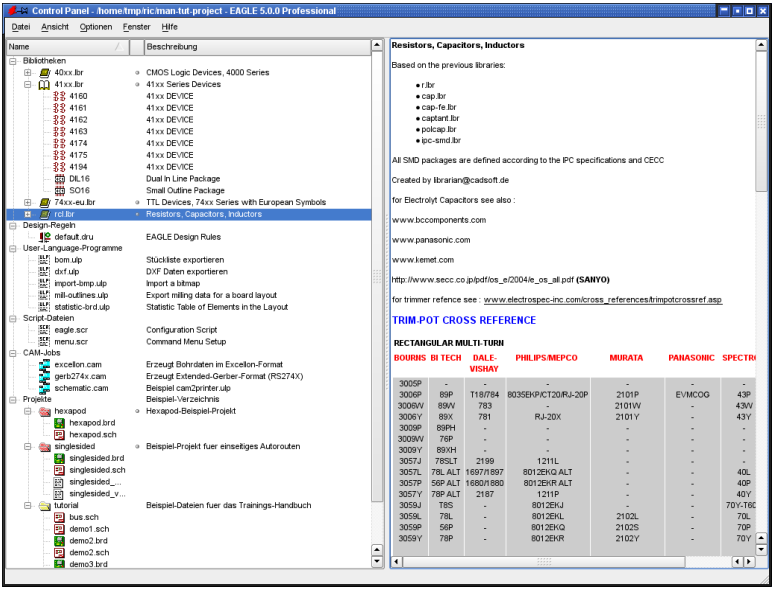
Durch rechten Mausklick auf einen Eintrag in der Baum-Ansicht öffnet sich ein Kontextmenü. Mit diesem lassen sich, je nach Objekt, verschiedene Aktionen (Umbenennen, Kopieren, Drucken, Öffnen, Neu anlegen usw.) ausführen.

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 Board-Datei in den Layout-Editor, wird die Datei geöffnet.

Durch die Baum-Ansicht erhält man rasch einen Überblick über Bibliotheken, Design-Regeln, User-Language-Programme, Script-Dateien, CAM-Jobs 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 dazu angezeigt.



➢ ***Control Panel: Rechts, die Beschreibung der Bibliothek rcl.lbr***

Bibliotheksübersicht

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

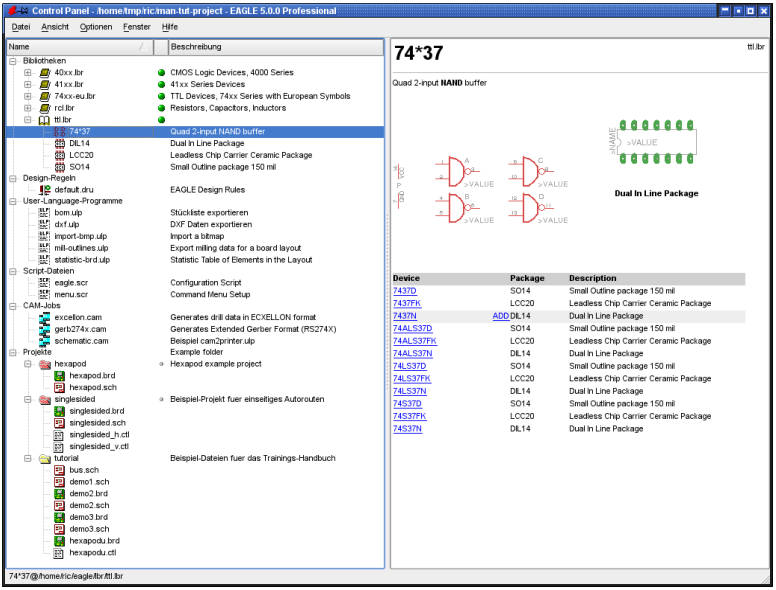
Klappen Sie den Eintrag *Bibliotheken* auf und Sie sehen die verfügbaren Bibliotheken. Im Feld *Beschreibung* wird eine eine Kurzbeschreibung zum Inhalt gezeigt. Wird eine Bibliothek selektiert, sehen Sie im rechten Teil des Control Panels ausführliche Informationen zur Bibliothek. Klappen Sie einen Bibliothekseintrag auf, zeigt sich der Inhalt mit einer kurzen Beschreibung eines jeden Elements. 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 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.



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

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 130.

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 rotes Ordnersymbol markiert. 'Normale' Verzeichnisse werden durch ein gelbes Symbol dargestellt.

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

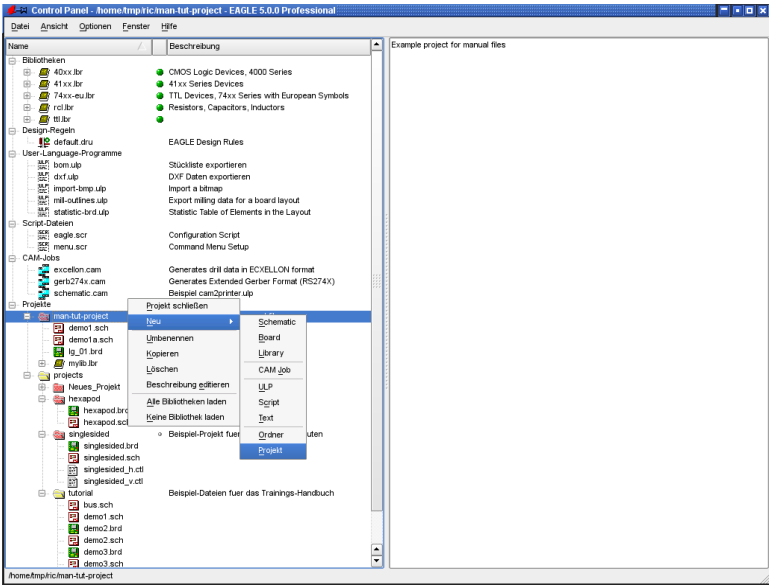
Projekt bzw. öffnet anschließend gleich das andere Projekt. So kann man bequem zwischen verschiedenen Projekten wechseln.

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.

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), 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 mit anderen Texteditoren 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.

Projekt schließen

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

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

Aktualisieren

Der Inhalt der Baum-Ansicht wird aktualisiert.

Sortieren

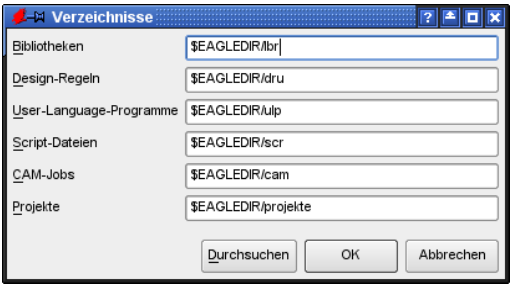
Der Inhalt der Baum-Ansicht wird entweder alphabetisch (*nach Name*) oder nach Dateityp (*nach Typ*) sortiert angezeigt.

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. *$EAGLEDIR* steht für das EAGLE-Verzeichnis der Installation.

Es darf auch die Variable *$HOME* verwendet werden.
Unter Linux steht sie für die HOME-Variable. Unter Windows kann man diese Umgebungsvariable mit SET definieren.

Wenn keine HOME-Variable im Environment gesetzt ist, wählt EAGLE unter Windows das Verzeichnis für *Anwendungsdaten*. Das entspricht dem Eintrag
`HKEY_CURRENT_USER\Software\Microsoft\Windows\Current-Version\Explorer\Shell Folders\AppData`
in der Windows Registry. In diesem Verzeichnis befindet sich auch die Datei *eaglerc.usr*.

Sie dürfen natürlich auch absolute Pfadangaben wählen.

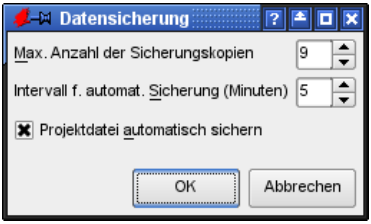
> *Die HOME-Variable darf nicht in das Wurzel-Verzeichnis eines Laufwerks zeigen!*

Sicherung

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.

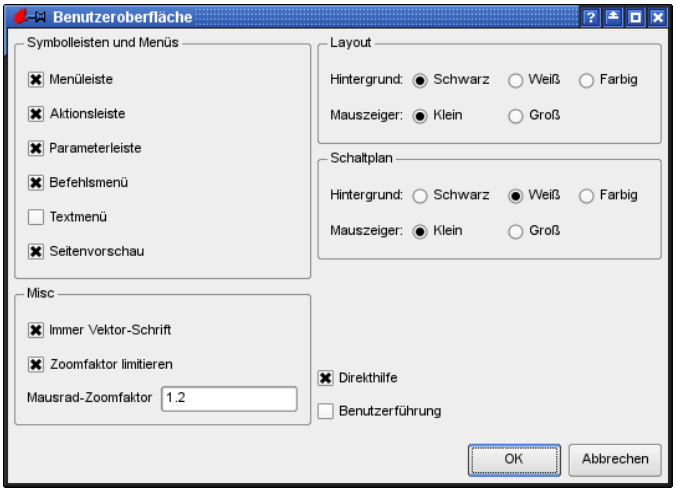


➢ ***Dialog zur Datensicherung***

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

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.

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 das feinste Raster von 0,1 Micron 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.

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 102 beschrieben.
Der Mauszeiger kann wahlweise als kleines Kreuz oder als großes Fadenkreuz dargestellt werden.

Unter *Hilfe* lassen sich die Popup-Texte zu den Befehls-Icons (*Direkthilfe*) und die Hilfe-Texte zu den Befehlen in der Status-Zeile (*Benutzerführung*) an- bzw. ausschalten.
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.

Fensterpositionen

Mit diesem Menüpunkt kann man die aktuellen Fensterpositionen speichern. Jede Datei, die neu geöffnet wird, erscheint dann im zugehörigen Editor-Fenster an der gemerkten Position.
Löscht man die gespeicherten Positionen, bestimmt EAGLE, wo und in welcher Größe ein Editor-Fenster erscheint. Das ist auch der voreingestellte Zustand.

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.

Hilfe-Menü

Aus dem Hilfe-Menü rufen Sie die EAGLE-Hilfe-Funktion auf. Außerdem können Sie von hier aus eine neue Lizenz installieren, falls Sie einen Upgrade erworben haben (*EAGLE lizenzieren*) oder Informationen zur Programmversion abrufen (*Über EAGLE*).

EAGLE lizenzieren

Der Registrierungsdialog wird automatisch aufgerufen, wenn Sie EAGLE zum ersten Mal starten.
Falls Sie einen Upgrade erworben haben, müssen Sie den Dialog über das Hilfe-Menü starten und die erforderlichen Einträge gemäß der Beschreibung in der Hilfe-Seite *Lizenz/Produkt-Registrierung* vornehmen. Dabei darf kein Editor-Fenster geöffnet sein. Lesen Sie hierzu auch die Hinweise im Kapitel *Installation*.

Auf Update prüfen

Standardmäßig prüft EAGLE automatisch, ob auf der CadSoft-Internet-Seite eine neuere Version als die installierte zum Download bereit steht. Falls ja, meldet EAGLE das. Es findet kein automatischer Download statt, es wird nur geprüft, welche Version verfügbar ist. Möchten Sie die neuere Version nutzen, müssen Sie die Software von der CadSoft-Webseite herunterladen und installieren.

Über die Schaltfläche *Konfigurieren* lässt sich einstellen, ob die Update-Prüfung *täglich*, *wöchentlich* oder *nie* durchgeführt werden soll. Falls Sie das Internet über einen Proxy-Server benutzen, können Sie an dieser Stelle den Namen des Proxy-Servers angeben. Wenn Sie auch über die aktuelle Beta-Version informiert werden wollen, aktivieren Sie die entsprechende Option.

Über EAGLE

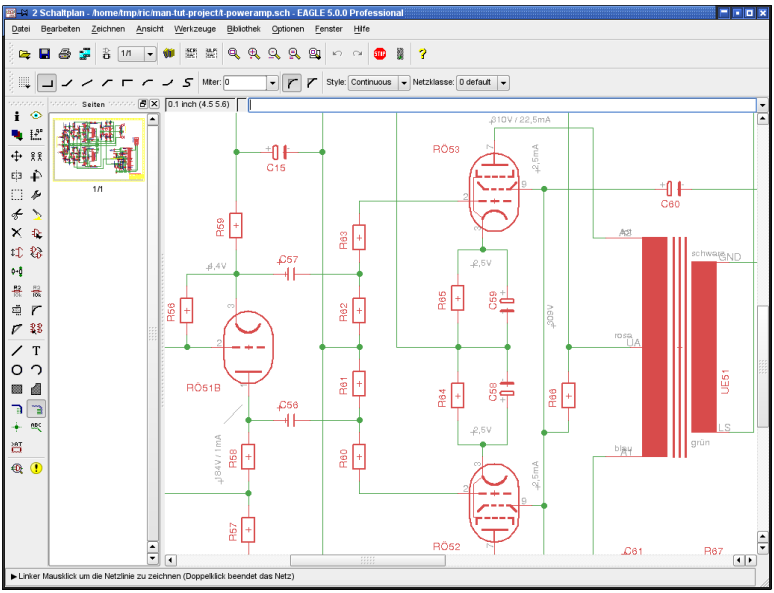
Die Angaben, die nach Aufruf dieses Menüpunktes erscheinen, sollten Sie uns mitteilen, wenn Sie unseren technischen Support in Anspruch nehmen oder Fragen an unseren Verkauf bzgl. Updates, Lizenzerweiterungen usw. haben.

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

Direkthilfe und 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 WIRE-Icon: Es erscheint am Mauszeiger die Direkthilfe mit dem Wort *Wire*. 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 WIRE-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

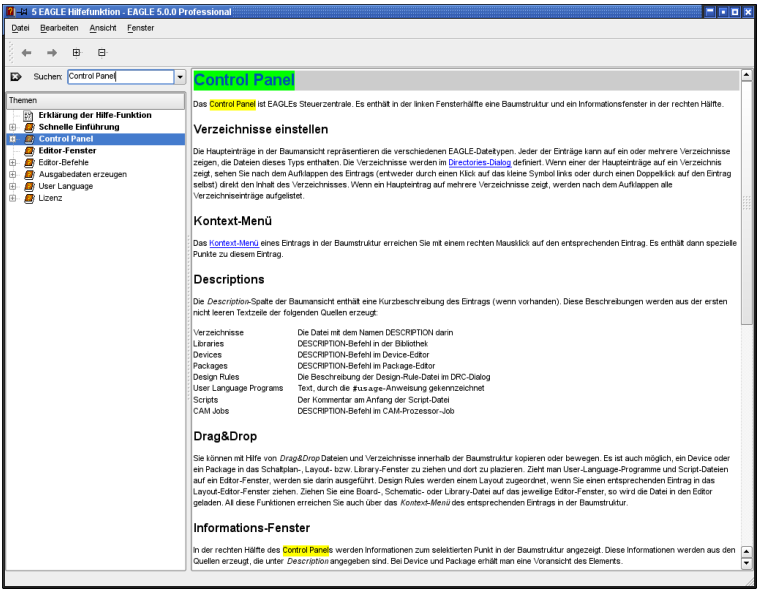
Wenn Sie mehr über einen Befehl, zum Beispiel den WIRE-Befehl, erfahren möchten, klicken Sie dessen Icon im Befehlsmenü und dann das Icon der Hilfe-Funktion an.

Alternativ dazu können Sie auch

```
HELP WIRE ←
```

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.



➢ ***Die Hilfefunktion***

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.

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) 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. Funktionstasten: *F9* und *F10* (Voreinstellung).

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 dieses Icon aktiviert ist, können Sie den gegenwärtigen Befehl ausführen, indem Sie es anklicken.

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.

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 die Gruppe auf eine andere Schaltplanseite verschieben, wählen Sie in der Aktionsleiste oder über die Seitenvoransicht eine andere Schaltplanseite. Anschließend setzen Sie 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.

COPY kann man innerhalb einer Zeichnung auch auf Gruppen anwenden. Die Funktionsweise ist gleichbedeutend mit der Kombination der Befehle CUT und PASTE. Der Inhalt der Gruppe kann nicht mit der Zwischenablage des Betriebssystems genutzt werden.

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.

MIRROR

Objekte spiegeln.

ROTATE

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

GROUP

Gruppe definieren, die anschließend z. B. bewegt, rotiert oder mit CUT 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.
Ausnahme ist CUT: Hier genügt ein Linksklick mit der Maus.

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.

CUT

Die Objekte einer vorher definierten Gruppe werden in den Pastebuffer übertragen. Aktivieren Sie CUT und klicken Sie dann mit der linken Maustaste in die Gruppe, um einen Referenzpunkt zu setzen.
Alle anderen Befehl, die auf eine Gruppe angewendet werden sollen, erfordern bei gedrückter *Ctrl*-Taste einen rechten Mausklick.

> *Es besteht kein Zusammenhang mit der Windows-Ausschneiden-Funktion.*

PASTE

Objekte aus dem Zwischenspeicher werden in die Zeichnung eingefügt. Einschränkungen siehe Hilfe-Funktion.

Kein Zusammenhang mit der Windows-Einfügen-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.

PINSWAP

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

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.

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.

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.

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* 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.

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.

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. Verwenden Sie CHANGE SIZE um die Texthöhe zu verändern. CHANGE RATIO ändert beim Vektor-Font die Strichstärke. Mit CHANGE TEXT ändern Sie den Text selbst. CHANGE FONT verändert die Schriftart. 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 WIRE 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'.

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.

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 119.

CLOSE

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

EDIT

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

EXPORT

Ausgabe von Listen (insbesondere Netzlisten), Inhaltsverzeichnissen, Script-Dateien und Grafikdateien (*Datei/Exportieren...*).

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 die zwei zusätzlichen 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. 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.

QUIT

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

REMOVE

Löschen von Dateien oder Schaltplanseiten.

```
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*).

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. Wählen Sie für die Option *Mausrad-Zoomfaktor* im Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* den Wert 0, können Sie mit Hilfe des Rädchens den Bildausschnitt verschieben. Standardmäßig ist der Wert für den Zoomfaktor auf 1.2 gesetzt.

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 WIRE. Detaillierte Informationen dazu finden Sie in der Hilfe-Funktion unter *Tastatur und Maus* beziehungsweise zum jeweiligen Befehl.

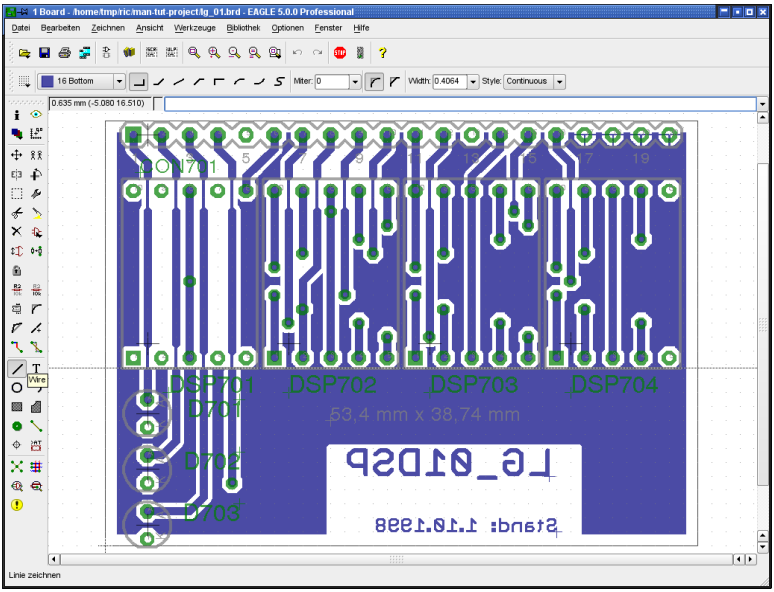
Selektieren von benachbarten Objekten

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.



➢ ***Der Layout-Editor***

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*. Es werden nur die Signal-Layer gezeigt, die im Layer-Setup in den Design-Regeln definiert sind.

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

Der DISPLAY-Befehl unterstützt so genannte 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.

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.

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 oder WIRE 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, WIRE, MOVE, ROUTE usw.) nach.

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

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.

COPY kann man auch auf Gruppen anwenden. Es funktioniert wie die Kombination der Befehle CUT und PASTE innerhalb einer Zeichnung.

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.

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.

GROUP

Gruppe definieren, die anschließend bewegt, rotiert oder mit CUT und PASTE kopiert wird oder über CHANGE andere Eigenschaften erhalten soll. Nachdem das Icon angeklickt wurde, kann man die Gruppe entweder durch Aufziehen eines Rechtecks bei gedrückter linker Maustaste oder durch einen Polygonzug definieren (Polygonecken setzt man mit der linken Maustaste; Schließen des Polygonzugs mit der rechten Maustaste).

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.

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.

CUT

Die Objekte einer vorher definierten Gruppe werden in den Zwischenspeicher übertragen. Siehe PASTE-Befehl.

Die Gruppe selektiert man bei CUT mit der linken Maustaste, im Gegensatz zu allen anderen Befehlen, die mit einem Rechtsklick bei gedrückter *Ctrl*-Taste auf eine Gruppe angewendet werden.

Kein Zusammenhang mit der Windows-Cut-Funktion.

PASTE

Objekte aus dem Zwischenspeicher werden in die Zeichnung eingefügt.
Einschränkungen siehe Hilfe-Funktion.
Kein Zusammenhang mit der Windows-Paste-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.

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.

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 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.

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*.

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.

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* über das Kontextmenü, *Eigenschaften,* ein- bzw. ausschalten.

MITER

Abrunden bzw. Abschrägen von Wire-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.

ROUTE

Signal manuell verlegen. Dabei werden Luftlinien (Airwires) in Leiterbahnen verwandelt.
Dieser Befehl bietet mit den verschiedenen Maustasten, auch in Verbindung mit den Tasten *Ctrl* und *Shift*, unterschiedliche Funktionen:

Ctrl + Links	Routing beginnt an einem beliebigen Punkt eines Wires oder 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.

WIRE

Zeichnen von Linien und Bögen. In den Signal-Layern 1 bis 16 erzeugt der WIRE-Befehl elektrische Verbindungen.
Der Parameter *Style* (CHANGE-Befehl) bestimmt die Linienart. Der DRC und der Autorouter behandeln einen WIRE 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.
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.

> *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. Kreise mit Linienstärke (*width*) null werden gefüllt dargestellt.

ARC

Zeichnen von Kreisbögen (auch mit WIRE 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.

POLYGON

Zeichnen von Polygonen bzw. Kupferflächen.

Polygone in den Signal-Layern 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. Weitere Möglichkeiten finden Sie in der Hilfe-Funktion.

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

Manuelle 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.

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.

ERC

Konsistenzprüfung von Schaltung und Platine durchführen.

DRC

Design-Regeln festlegen und Design Rule Check durchführen.

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 57 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 drei verschiedene Bestandteile: Packages, Symbole und Devices.

- Ein Package ist das Gehäuse eines Bausteins, das im Layout-Editor (also auf der Platine)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 Package. Hier wird die Zuordnung zwischen einem Pin eines Symbols und einem Pad im Package definiert.
  Von einem Device-Set spricht man, wenn das Bauteil in mehreren Package-Varianten und/oder in verschiedenen Technologie-Varianten angelegt wird.

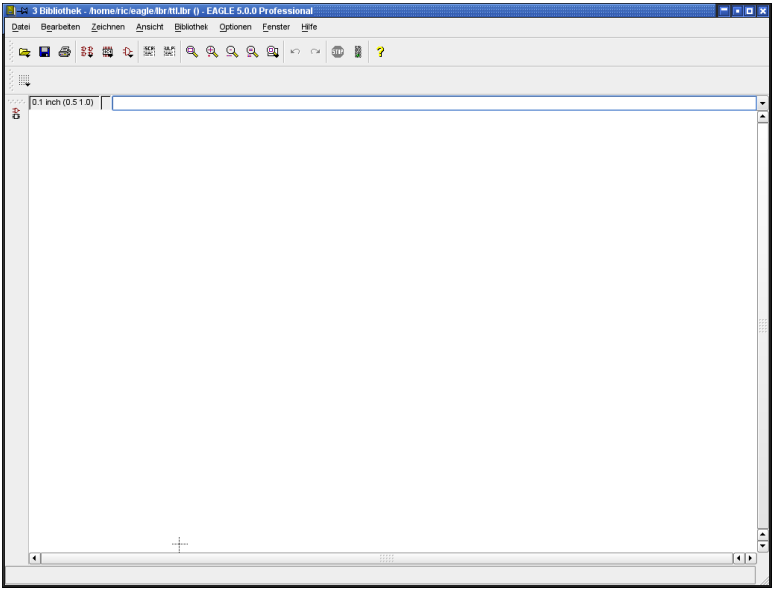
Auch wenn Sie keinen Schaltplan-Editor besitzen, können Sie trotzdem Symbole und Devices entwerfen oder editieren.

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 203 in diesem Handbuch.

Wird eine Bibliothek geladen, erscheint zunächst folgendes Fenster:



➢ ***Bibliotheks-Editor: Es ist noch kein Element geladen***

Package, Symbol, Device laden, löschen oder umbenennen

Folgende Befehle sind zum Navigieren in einer Bibliothek wichtig:

EDIT

Device oder Package (falls nur der Layout-Editor vorhanden ist) zur Bearbeitung laden.

Von links nach rechts: 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 etwas länger gedrückt, erscheint eine Liste der zuletzt editierten Objekte.

REMOVE

Device/Package/Symbol aus Bibliothek löschen. Nur über das *Bibliothek*-Menü oder die Kommandozeile zugänglich. Für weitere Informationen siehe Hilfe-Funktion oder das Kapitel *Bibliotheken und Bauteile verwalten*.

RENAME

Device/Package/Symbol umbenennen. Nur über das *Bibliothek*-Menü oder die Kommandozeile 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 WIRE, 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 WIRE, 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 208 und in der Hilfe-Funktion unter dem Stichwort PIN erklärt. Die Pin-Namen ändern Sie mit dem NAME-Befehl.

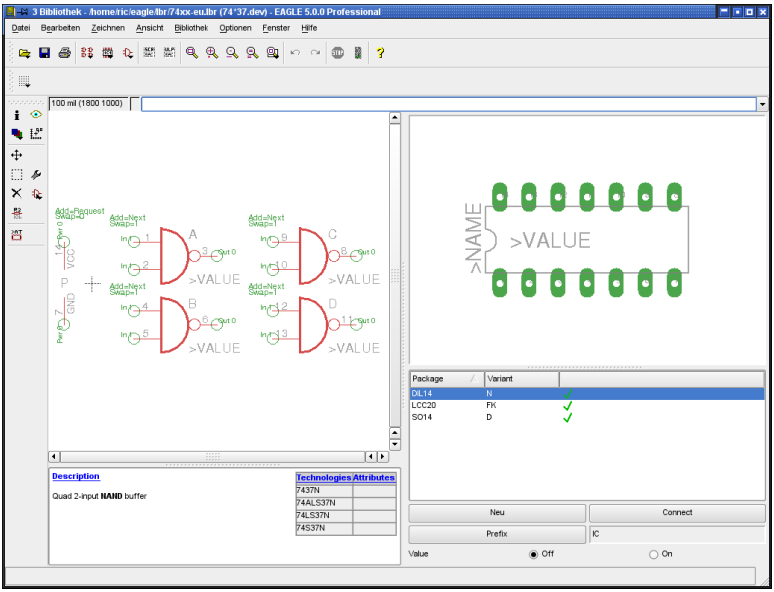
Platzieren Sie mit dem TEXT-Befehl:

- 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 253.

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 dem Device-Namen, inklusive der Angabe von Technology und Package-Variante (z. B. 74LS00N), wenn vorhanden.

Auch mit Value *Off* kann man den Wert eines Bauteils ändern:
Nach einer Sicherheitsabfrage gibt man den neuen Wert an. Wird allerdings später die Technologie oder die Package-Variante über CHANGE PACKAGE bzw. TECHNOLOGY verändert, wird der Bauteile-Wert auf den ursprünglichen zurück gesetzt.

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.

Informationen zum Thema Kopieren von Packages, Symbolen und Devices finden Sie ab Seite 258.

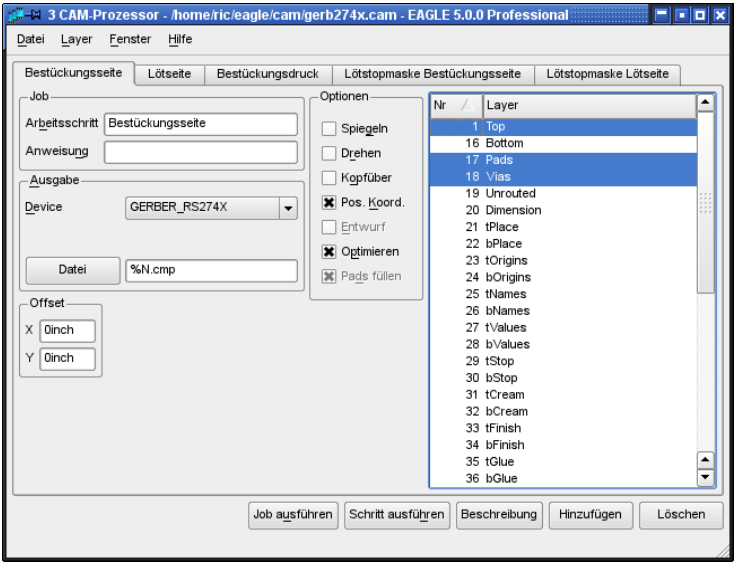
4.5 Der CAM-Prozessor

Mit Hilfe des CAM-Prozessor erzeugt man Fertigungsdaten. Es stehen verschiedene Treiber zur Datenausgabe zur Verfügung. Die Treiber sind in der Datei *eagle.def* definiert, die Sie mit einem Texteditor bearbeiten können.

Ausdrucke an Matrix-Drucker werden nicht mit dem CAM-Prozessor, sondern über den PRINT-Befehl erzeugt.

Die EAGLE-Lizenzbestimmungen erlauben die Weitergabe des CAM-Prozessors an Ihren Platinenhersteller. Dazu genügt es, ihm eine Kopie der EAGLE-Freeware zu geben. Der CAM-Prozessor ist ohne Einschränkung in der Freeware lauffähig. Alternativ dazu kann sich Ihr Platinenhersteller die EAGLE-Freeware auch direkt bei CadSoft bestellen.

> *Bitte geben Sie Ihren persönlichen Installationscode nicht an Dritte weiter! Damit würden Sie sich strafbar machen!*



➢ ***Der CAM-Prozessor***

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 gelistet finden.

Daten ausgeben

Starten des CAM-Prozessors

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, den CAM-Prozessor aufzurufen:

Direkt aus dem Layout- oder Schaltplan-Editor über das CAM-Prozessor-Icon in der Aktionsleiste oder über das Menü *Datei/CAM-Prozessor*. Dabei wird automatisch die soeben bearbeitete Board- oder Schaltplandatei geladen.

Aus dem Control Panel, indem man den Zweig *CAM-Jobs* öffnet und auf einen der Einträge doppelklickt. Dabei wird der selektierte CAM-Job schon geladen. Anschließend muss man im CAM-Prozessor noch über *Datei/Öffnen* die Datei, für die Daten erzeugt werden sollen, also Board oder Schaltplan, laden.

Direkt über die Kommandozeile (Eingabeaufforderung, Konsole, Terminal) ohne grafische Oberfläche mit den entsprechenden Optionen. Näheres dazu finden Sie im Anhang zu den *EAGLE-Optionen*.

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.

Einen Job laden Sie über das Menü *Datei/Öffnen/Job* des CAM-Prozessors oder über das Control Panel mit einem Doppelklick auf einen Eintrag im Zweig *CAM-Jobs* in der Baum-Ansicht.

Zur Datenausgabe ist nicht unbedingt ein Job erforderlich. Es können auch alle Einstellungen manuell der Reihe nach getroffen werden.

Board laden

Vor dem Erzeugen der Ausgabedaten, müssen Sie über das *Datei*-Menü eine Platinendatei laden, sofern das nicht schon beim Starten aus einem Editor-Fenster geschehen ist. Links unten im CAM-Prozessor-Fenster sehen Sie, für welche Datei Daten erzeugt werden.

Man kann auch Schaltpläne über den CAM-Prozessor ausgeben, zum Beispiel an einen Plotter.

Ausgabe-Parameter einstellen

Falls Sie eine Job-Datei laden, 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.

Falls kein Job geladen ist, stellen Sie die Parameter nach Ihren Wünschen ein (siehe auch S. 285).

Ausgabe starten

Wenn Sie den ganzen Job (alle Schritte) ausführen wollen, klicken Sie auf *Job ausführen*. Wenn Sie nur die Ausgabe mit den gegenwärtig eingestellten (aktuell sichtbaren) Parametern starten wollen, klicken Sie auf die Schaltfläche *Schritt ausführen* an.

Neuen Job definieren

Einen neuen Job definieren Sie so:

1. *Hinzufügen* anklicken, um neue Schritte zu erzeugen.
2. Parameter einstellen.
3. Gegebenenfalls 1. und 2. wiederholen.
4. Job mit *Datei/Job speichern...* sichern.

Über die Schaltfläche *Beschreibung* kann man die Job-Datei beschreiben. Diese Beschreibung wird dann im Control Panel angezeigt.

Detaillierte Informationen im Kapitel *Erstellen der Fertigungsunterlagen*.

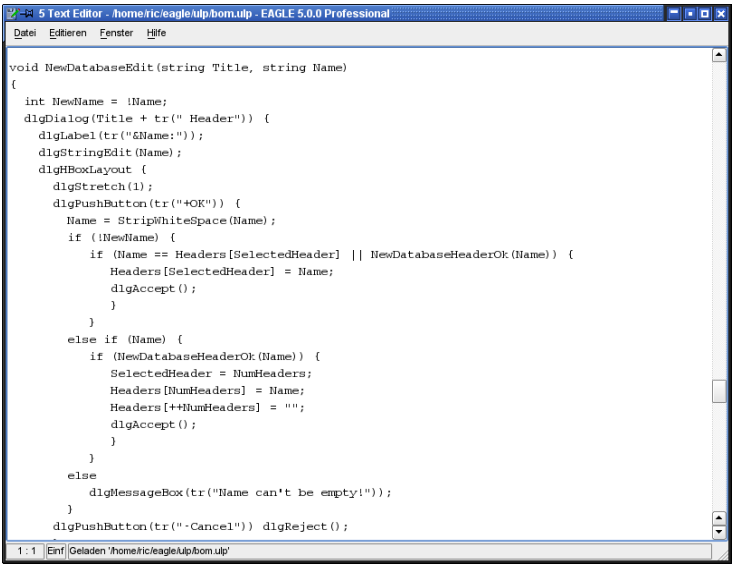
4.6 Das Texteditor-Fenster

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.



➢ ***Der Texteditor***

Diese
Seite
wurde
absichtlich
leer
gelassen.

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 vorher wurde 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.

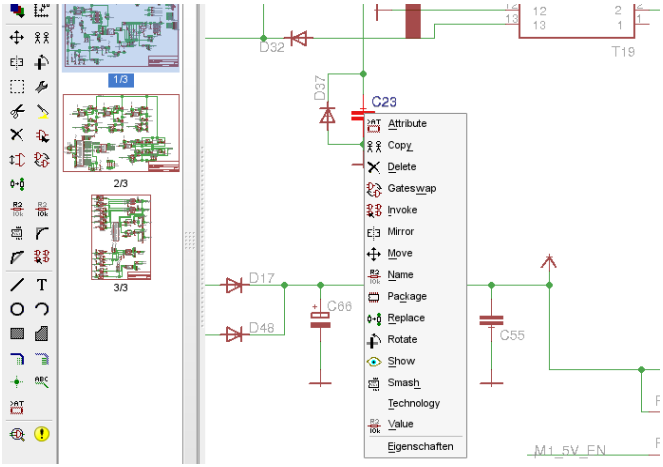
History-Funktion

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.

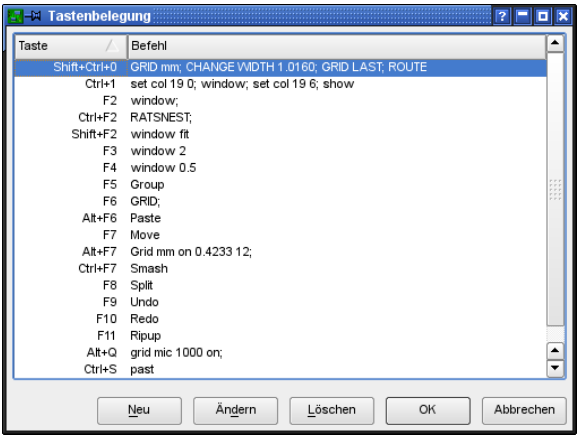
Der Befehl

```
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 106) 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 *Netscript*). 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. Die textuelle 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;
WIRE 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 WIRE-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*)
- `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

EAGLE rechnet intern immer mit einem Grundraster von 1/10 000 mm (0,1 Micron). Sie können jedes Vielfache davon als Arbeitsraster einstellen (GRID-Befehl).

Als Einheit können Sie Micron, Mil, 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 100ff).

➢ ***Das Grid-Menü***

Im Grid-Menü bestimmt man das aktuelle *Raster* in der Einheit, die in der Combo-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, WIRE). 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 102.

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.

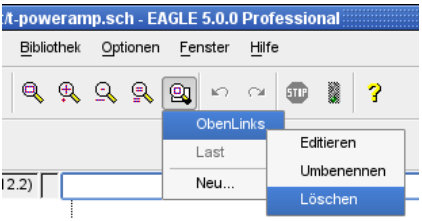
> *In einem mehrseitigen Schaltplan wird der Alias immer auf dem aktuell dargestellten Blatt ausgeführt, egal auf welcher Seite er ursprünglich definiert wurde.*

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.

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.

Einen weiteren Eindruck von der Leistungsfähigkeit dieses Import-Konzepts erhalten Sie, wenn Sie eine Bibliothek mit dem EXPORT-Befehl (Option *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.

Datenexport mit dem EXPORT-Befehl

Der EXPORT-Befehl bietet folgende Betriebsarten:

DIRECTORY

Listet den Inhalt der geladenen Bibliothek in einer Textdatei.

NETLIST

Gibt eine Netzliste des geladenen Schaltplans oder der geladenen Platine in einem EAGLE-eigenen Format 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. Sehen Sie dazu einfach mal in den Download-Bereich auf Cadsoft's Webseite: http://www.cadsoft.de/download.htm

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

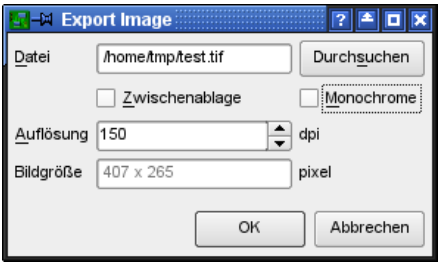
Gibt die geladene Bibliothek in Form einer Script-Datei aus. Dieses Script kann mit Hilfe eines Texteditors modifiziert werden um beispielsweise eine benutzerspezifische Bibliothek zu erzeugen, oder um Teile einer Bibliothek in eine andere zu kopieren. Die bearbeitete Script-Datei kann mit dem SCRIPT-Befehl 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.

> *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.*

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.

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 270.
- 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)

Viele wertvolle ULPs finden Sie auch auf unseren Web-Seiten. Sehen Sie doch einfach mal nach unter http://www.cadsoft.de/download.htm.

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 178 im Kapitel 6.9 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.usr*** unter Windows oder in ***~/.eaglerc*** unter Linux 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 41 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 83.
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. Weitere Informationen dazu finden Sie ab Seite 90.

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.

Inhalt der Parameter-Menüs

Die Parameter-Menüs für *Width, Diameter, 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.

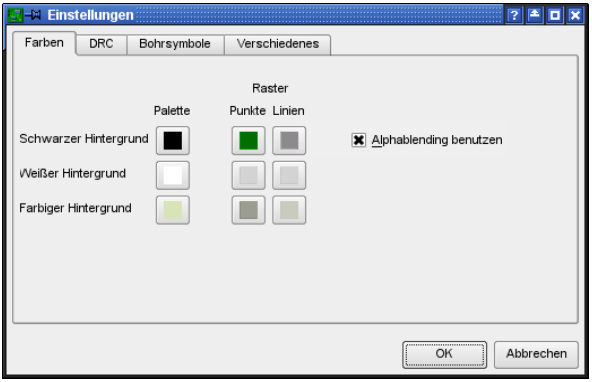
Um die Standard-EAGLE-Menüs wieder herzustellen, lautet der Befehl, beispielsweise für das *Width*-Menü:

```
SET WIDTH_MENU ;
```

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 die ersten 16 Werte (Einträge 0..15). Acht Farben, gefolgt von weiteren acht so genannten Highlight-Farben.
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.

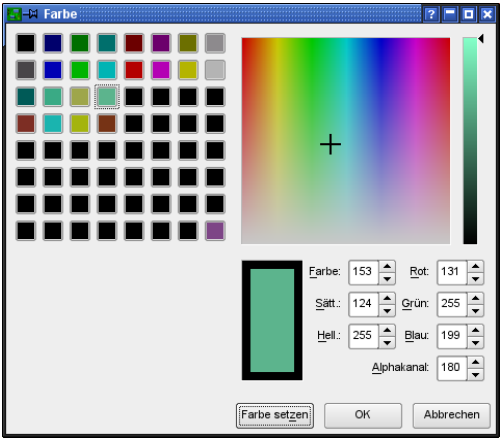
In der vorherigen Abbildung sehen Sie unter *Palette* drei Schaltflächen untereinander. Klicken Sie auf eine davon, zum Beispiel auf die untere *Farbiger Hintergrund*, öffnet sich das Fenster zum Definieren der Farben.

Links im Fenster sehen Sie eine 8x8-Matrix, die schon 16 vordefinierte Farben enthält. 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 freies 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***

In der Abbildung sieht man, dass vier weitere Farbpaare (normale und zugehörige Highlight-Farbe stehen untereinander) definiert wurden.

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
```

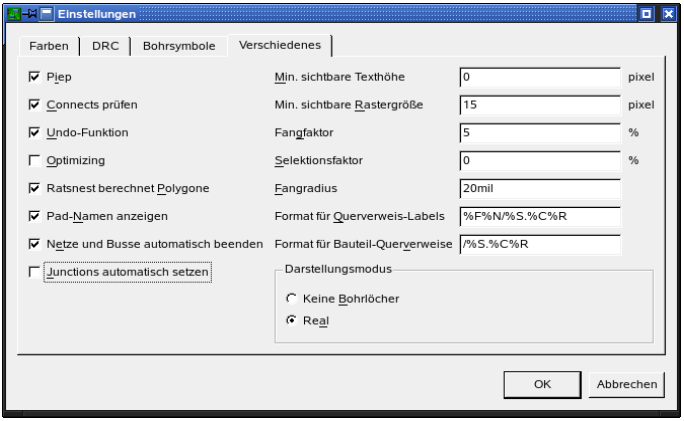
definiert für den Layer 16 die Farbe mit der Nummer 4.

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 ein/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.

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.

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.

Darstellungsmodus:
Pads/Vias werden mit Bohrlöchern (*Real*) bzw. ohne (*Keine Bohrlöcher*) angezeigt. Default: Real.

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-Editor-Fensters 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+F3 'Window 4;';
Assign A+F4 'Window 0.25;';
Assign A+F7 'Grid mm;';
Assign A+F8 'Grid inch;';

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 Cut 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.usr*** unter Windows bzw. ~/***.eaglerc*** unter Linux gespeichert. Diese Datei wird im Home-Verzeichnis des Benutzers abgelegt. Ist unter Windows keine Home-Variable definiert, gilt der Eintrag in der Windows-Registry. Weitere Informationen dazu finden Sie auf Seite 42 im Abschnitt *Verzeichnisse*.

Eaglerc bzw. *eaglerc.usr* 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)
$HOME/eaglerc.usr	(Windows)

Diese Dateien sollten nicht editiert werden.

Auch mit Hilfe verschiedener User-Language-Programme kann man besondere Einstellungen treffen. Sehen Sie hierzu auch auf unsere Internet-Seiten: **http://www.cadsoft.de/download.htm**.

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.

Wer bisher mit **EAGLE 3.5x** Projekte bearbeitet hat, kann diese am einfachsten so an die, seit Version 4.0 gültige Struktur, anpassen:

- Legen Sie ein Verzeichnis mit dem Projektnamen an
- Kopieren Sie die bisherige Projektdatei unter dem Namen *eagle.epf* in dieses Verzeichnis
- Kopieren Sie ggf. alle Projektdateien in dieses Verzeichnis

Der Pfad, der die Projektverzeichnisse enthält, wird im Control Panel über *Optionen/Verzeichnisse/Projekte* festgelegt.

Wird EAGLE mit Angabe einer Datei *eagle.epf* oder mit einem Projektnamen, der als Verzeichnis im angegebenen Projektpfad existiert gestartet, wird dieses Projekt automatisch geöffnet.

Diese
Seite
wurde
absichtlich
leer
gelassen.

Kapitel 6
Vom Schaltplan zur fertigen Platine

Dieses Kapitel zeigt den üblichen Weg vom Zeichnen des Schaltplans zum fertigen, per Hand entflochtenen Layout. An der ein oder anderen Stelle wird auf Besonderheiten des Schaltplan- oder Layout-Editors eingegangen. Die Verwendung des Autorouters und die Ausgabe von Fertigungsdaten wird in den anschließenden Kapiteln beschrieben.

Es ist empfehlenswert zuerst ein neues Projekt(verzeichnis) anzulegen. Informationen über die Vorgehensweise finden Sie auf Seite 39.

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 (nicht in der Light-Version). 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 49).

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.

Raster einstellen

Das Raster sollte grundsätzlich 0,1 Inch bzw. 2,54 mm sein. Netze und Anschlusspunkte der Symbole (Pins) müssen in einem gemeinsamen Raster liegen. Ansonsten kommt keine Verbindung zwischen Netz und Pin zustande.

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 49.

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.

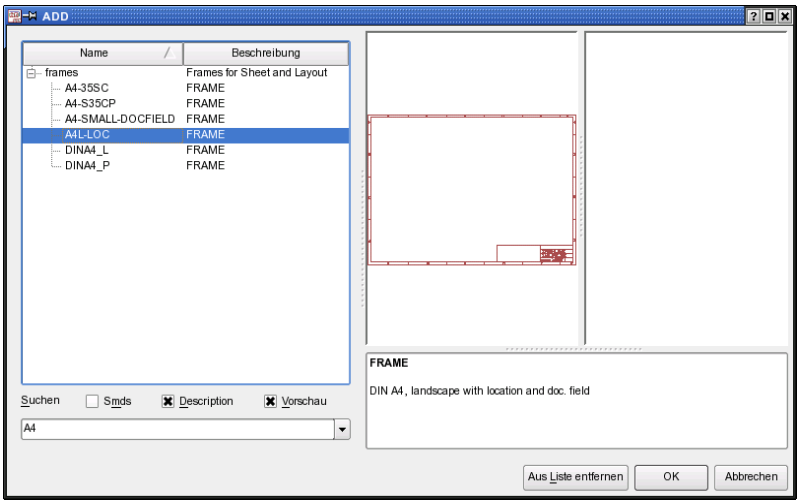
Es werden zunächst die Bibliotheksdateien, die über den USE-Befehl geladen sind, angezeigt. Sie können die angezeigten Bibliotheken aufklappen und nach Bauteilen suchen oder die Suchfunktion benutzen.

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 die Option *Description* deaktiviert, wird nicht in der Beschreibung des Bauteils gesucht.

> *Im ADD-Dialog des Schaltplan-Editors sucht man nach Device-Namen und Begriffen aus der Device-Beschreibung, im Layout-Editor 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).

Soll eine Bibliothek nicht mehr im ADD-Dialog erscheinen, selektieren Sie den entsprechenden Eintrag und klicken auf die Schaltfläche *Aus Liste entfernen*. Die Bibliothek ist dann nicht mehr *in use*.

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 250.

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 der beiden Texte macht ihn unsichtbar.
Halten Sie während des SMASH-Befehls die *Shift*-Taste gedrückt, erscheinen beide Texte wieder an der ursprünglichen Position. Die Texte sind nun nicht mehr vom Bauteil gelöst (unsmashed). Das kann man auch erreichen, indem man mit DELETE auf den verbliebenen Text klickt, oder über das 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.

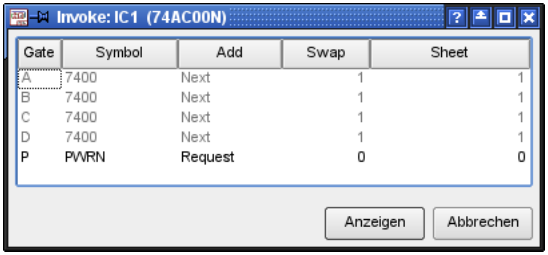
ROTATE dreht Gates um 90 Grad. Ebenso kann man während des MOVE-Befehls mit der rechten Maustaste das Bauteil um jeweils 90 Grad weiter drehen.

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.

Wiederkehrende Schaltungsteile können mit Hilfe der Befehle GROUP, CUT 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.

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).

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. Endet ein Netz irgendwo auf der Pin-Linie, ist es nicht mit dem Pin verbunden.

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 WIRE-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 mit wandern.

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

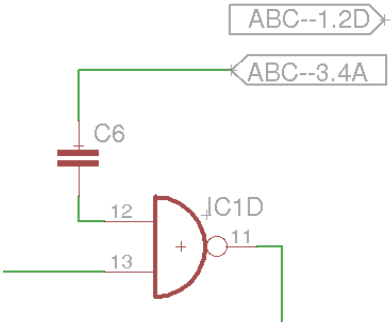
Setzt man ein LABEL mit aktivierter *XREF*-Option für ein Netz, wird automatisch ein Querverweis erzeugt. Dieser zeigt auf die nächste Seite auf der dieses Netz wieder vorkommt. Je nachdem in welche Richtung das Label zeigt, verweist es auf eine vorhergehende oder eine nachfolgende Schaltplanseite. Zeigt 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 250.



➢ ***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.

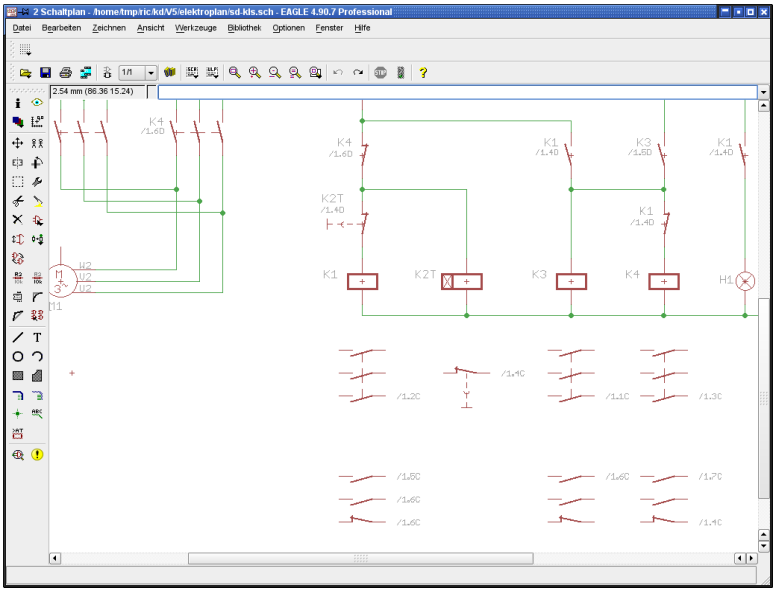
Querverweise für Bauteile/Kontakte

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.

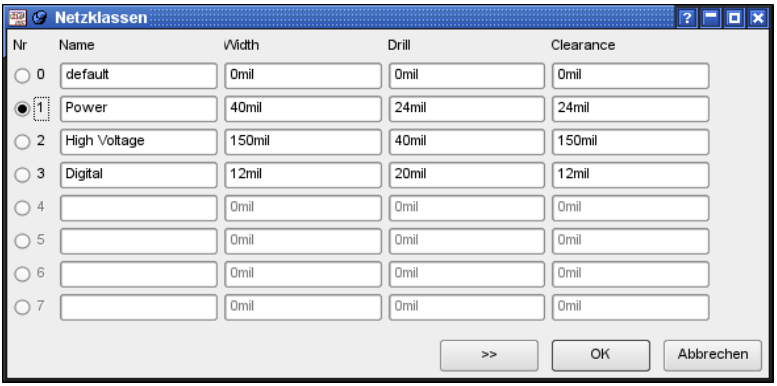
Die Bauteile müssen nach bestimmten Kriterien in der Bibliothek definiert werden, damit eine saubere Darstellung des Kontaktspiegels im Schaltplan möglich wird. Hinweise zur Bauteildefinition finden Sie in der Hilfefunktion unter dem Stichwort *Kontaktspiegel* und im Bibliothekskapitel.



➢ ***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 8 verschiedene Netzklassen möglich.

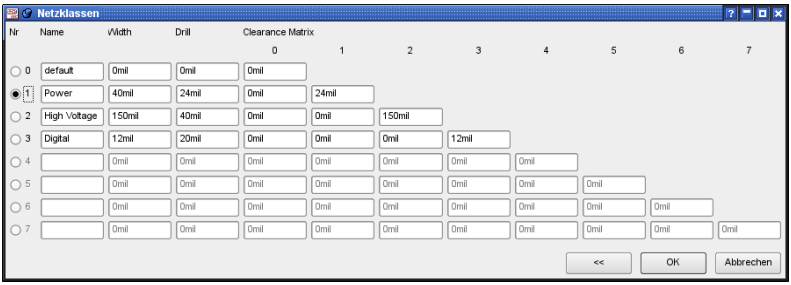


➢ ***Netzklassen: Parameter festlegen***

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.

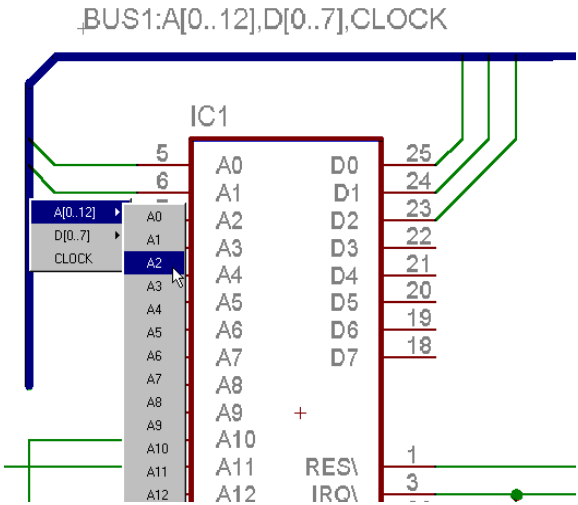
Die Zuordnung der Netzklassen wird im Schaltplan oder im Layout für Netze bzw. Signale über den CHANGE-Befehl (Option *Class*) festgelegt oder auch nachträglich geändert.

Die Definition der Netzklassen kann auch im Layout Editor erfolgen.

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*.



➢ ***Busmenü***

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.

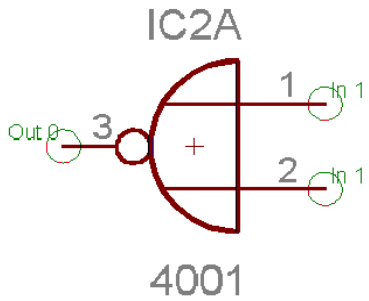
Weitere Informationen zum BUS-Befehl finden Sie auch in der Hilfe-Funktion.

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*.

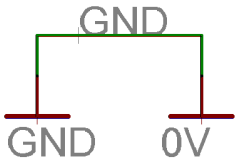
Stromversorgung

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 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), erhält dieses Netzsegment den Namen des Supply-Pins.
Ändert sich der Name des Netzes beim Anschließen des Supply-Pins, wird der Anwender darüber informiert. Löscht man den letzten Supply-Pin eines Netzes, erhält es einen neuen, automatisch generierten Namen.

Attribute festlegen

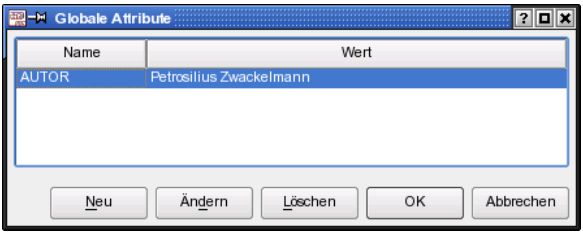
Globale Attribute

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.

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.

Globale Attribute kann man für Schaltplan und Board separat definieren.



➢ ***Globale Attribute: Das Attribut Autor ist angelegt***

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

Die drei Attribute im vorigen Bild wurden im Device-Editor festgelegt.

Attribute, die im Layout-Editor definiert wurden, sind im Schaltplan-Editor nicht sichtbar.

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.
Wurde für ein Bauteil bereits in der Bibliothek ein Platzhaltertext für ein Attribut definiert, erscheint der entsprechende Text an der vorgegebenen Stelle. 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

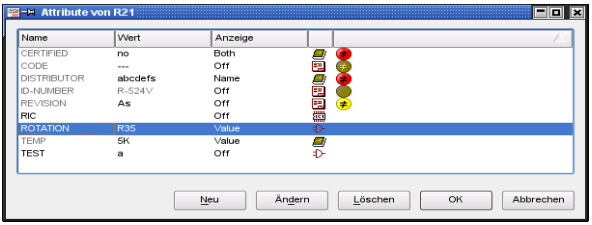
Werte von Attributen, die schon in der Bibliothek definiert wurden, können im Schaltplan verändert werden. Nach einer Änderung zeigt der Attribute-Dialog für das jeweilige Attribut entsprechende Icons. Die Icons haben folgende Bedeutung:

≠ 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.

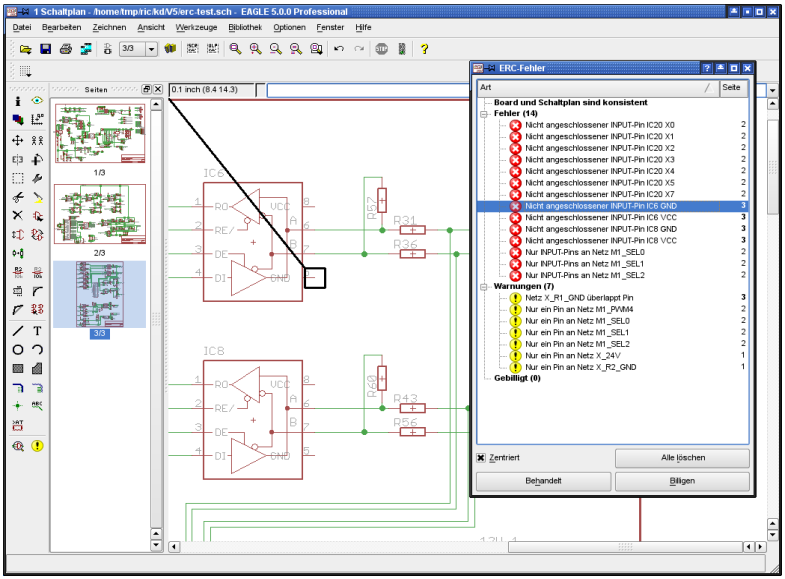
Durch die Icons am Ende jeder Zeile erkennen Sie die Herkunft und den aktuellen Status des jeweiligen Attributs. Fahren Sie mit dem Mauscursor über eines der Icons, zeigt EAGLE einen entsprechenden Infotext, sofern die Direkt-Hilfe im Menü *Optionen/Benutzeroberfläche* aktiviert ist.

Weitere Details zur Definition von Attributen finden Sie im Bibliothekskapitel ab Seite 241.

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 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 178.

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.

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 mehr in der Liste. 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 Seitenvorschau ein- oder ausschalten.

Das Einfügen, Löschen oder Sortieren von Schaltplanseiten löscht den UNDO/REDO-Puffer.
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.

Zusammenfügen von verschiedenen Schaltplänen

Mit den Befehlen GROUP, CUT und PASTE kann man einen Schaltplan oder Teile davon in einen anderen übernehmen. Öffnen Sie dazu zunächst den einen Schaltplan, schalten Sie mit DISPLAY ALL alle Layer ein, selektieren Sie mit GROUP die Objekte, die kopiert werden sollen, aktivieren Sie den CUT-Befehl, und klicken Sie mit der linken Maustaste in die Gruppe. Anschließend öffnen Sie den anderen Schaltplan und fügen mit PASTE die Gruppe ein.

Beim Einfügen der Objekte prüft EAGLE, ob die Namen in der Gruppe schon benutzt werden. Wenn ja, erhält das einzufügende Objekt einen neuen Namen.

Das funktioniert auch mit Board-Dateien, wenn kein konsistenter Schaltplan dazu existiert!

6.2 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:

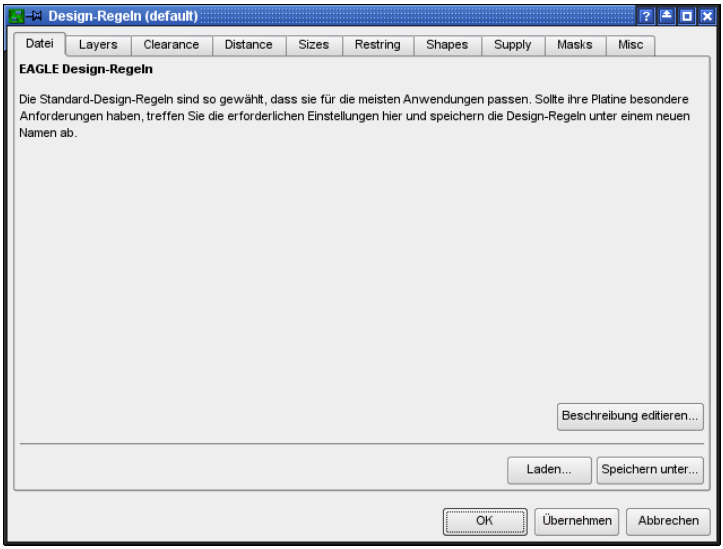
- Leiterbahnstärke,
- Lötaugenform,
- Lötaugendurchmesser,
- Abmessungen für SMD-Pads,
- Textgröße und -stärke,
- Bohrdurchmesser,
- Anzahl der Signallagen,
- Bei Mehrlagenplatinen ggf. Fertigungsvorschriften bezüglich Blind- und Buried-Vias und Aufbau der Platine (siehe Seite 161),
- Abstand zwischen 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 265.

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 Restring, 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:

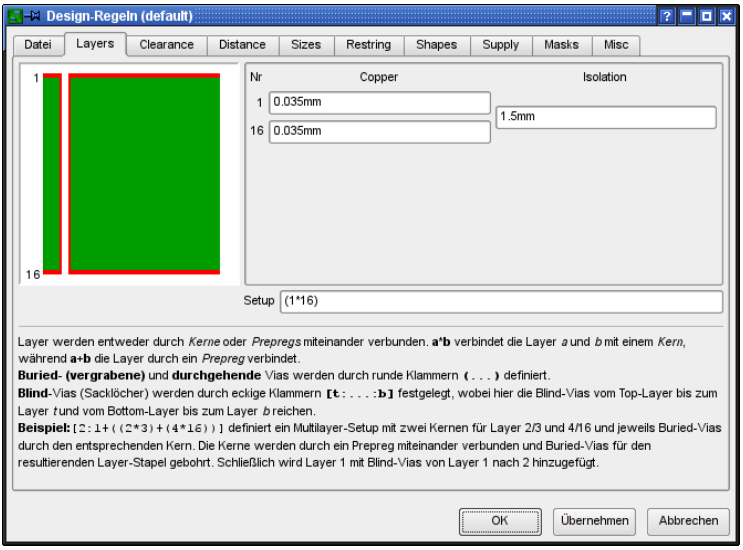
Datei	Design-Regeln verwalten
Layers	Anzahl der Kupferlagen, Struktur von Multilayer-Platinen, Art und Länge von Vias, Dicke der Kupfer- und Isolationsschichten
Clearance	Abstände zwischen Objekten unterschiedlichen und gleichen Signals in den Signal-Layern
Distance	Abstände zum Platinenumriss und zwischen Bohrungen
Sizes	Mindestleiterbahnbreite und Mindestbohrdurchmesser, insbesondere für Micro- und Blind-Vias
Restring	Breite des Kupferrings um die Bohrung bei Pads und (Micro-)Vias bzw. Durchmesser der Thermal- und Annulus-Symbole in Supply-Layern
Shapes	Form von Pads und SMDs
Supply	Thermal- und Isolationssymbole in Versorgungslagen
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.



➢ ***Design-Regeln: Layer-Setup***

Einfache Beispiele:

1 Lage:

`16` Nur Layer 16, keine Vias.

4 Lagen, Vias durch alle Lagen:

`(1*2+3*16)` Zwei Kerne sind miteinander verbunden.

6 Lagen, Vias durch alle Lagen:

`(1*2+3*4+5*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, WIRE 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 161.

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).

Restring (Pad- und Via-Durchmesser)

Die Einstellungen unter *Restring* bestimmen die Restring-Breite von Pads, Vias und Micro-Vias. Unter Restring versteht man den Kupferring, der nach dem Bohren eines Pads oder Vias um die Bohrung herum stehen bleibt. Die Breite des Restrings kann für Außen- und Innenlagen unterschiedlich gewählt werden. Bei Pads kann man zusätzlich zwischen Top- und Bottom-Layer unterscheiden.

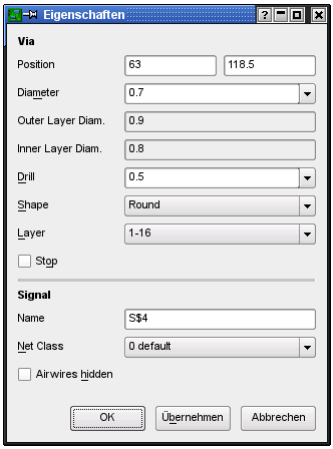
Die Restring-Breite errechnet sich prozentual vom Bohrdurchmesser, der von einem Minimal- bzw. Maximalwert begrenzt wird.

Die Restring-Einstellungen wirken sich auch auf Thermal- und Annulus-Symbole in Supply-Layern aus, wenn die Option *Restring* im *Supply*-Tab der Design-Regeln für Thermal-/Annulus-Symbole aktiviert ist.

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`

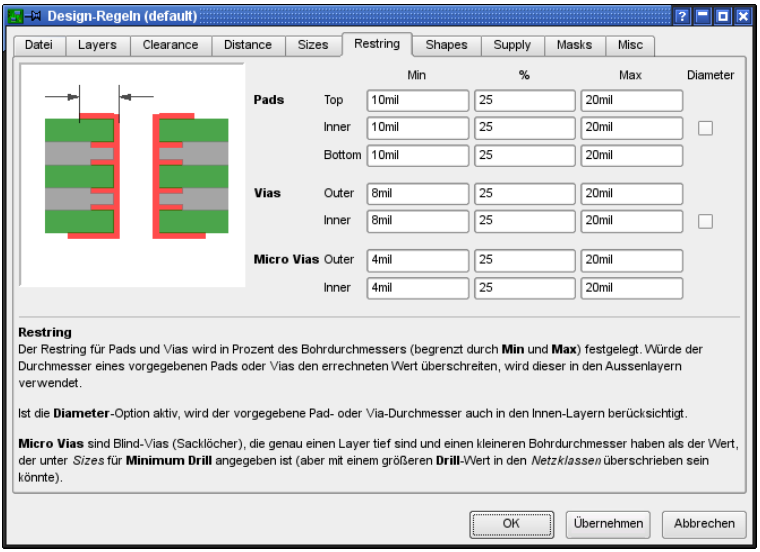


➢ ***Anzeige der Via-Eigenschaften über INFO***

Aufgrund der *Restring*-Einstellungen in den Design-Regeln wird der Via-Durchmesser entsprechend den vorgegebenen Mindestwerten vergrößert.

Die nächste Abbildung zeigt die Maske zur Einstellung der Restring-Breite. Standardmäßig beträgt der Restring 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 Restring 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 Restring 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 Restring-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:

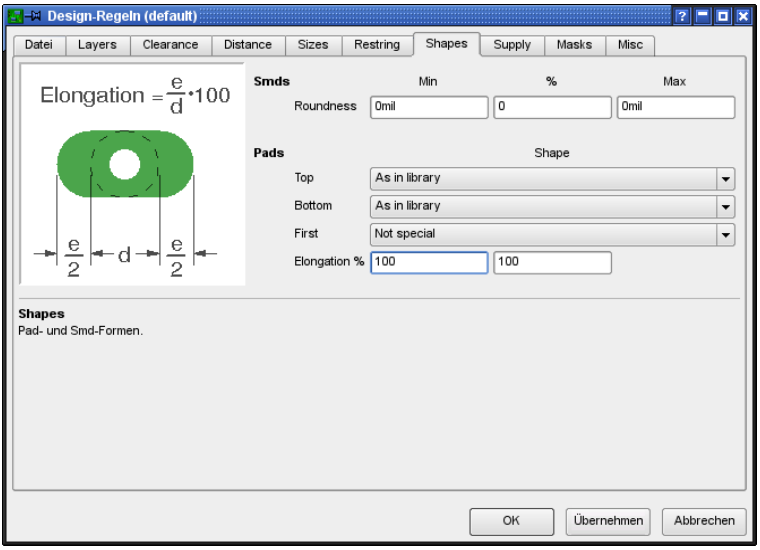
Hier bestimmt man die Form der Pads. Für *Top*- und *Bottom*-Layer gibt es getrennte Einstellungsmöglichkeiten.

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 Restring-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- und Annulus-Symbole fest. Diese speziellen Symbole werden in automatisch generierten Supply-Layern (Layername mit $-Zeichen am Anfang) generiert.

Die Maße für die passenden Annulus- und Thermal-Symbole leitet EAGLE vom Bohrdurchmesser des Pads und den in den Design-Regeln eingestellten Annulus- und Thermal-Parametern ab.

Gap definiert den Spalt zwischen zwei Isolationsstegen eines Thermal-Symbols. Die Angabe erfolgt in % vom Bohrdurchmesser und wird von einem Minimal- bzw. Maximalwert begrenzt.

Die *Isolate*-Werte für *Thermal* und *Annulus* bestimmen die Breite des Isolationssteges bzw. -Rings.

Die Option *Restring* bestimmt, ob der Isolationssteg des Thermal-Symbols direkt am Rand der Bohrung oder um den Restring-Wert (*Restring*-Tab, Einstellung *Inner*) vom Bohrloch entfernt gezeichnet werden soll. Deaktiviert man die Option *Restring* bei *Annulus*, wird anstatt des Annulus-Rings ein gefüllter Kreis generiert (Standardeinstellung).

Der Isolate-Wert für *Thermal* gilt auch für Polygone. Er bestimmt den Abstand zwischen Polygon und Restring 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. Dies gilt auch für Polygonflächen. 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.*

Berechnung der automatisch erzeugten Symbole im Supply-Layer:

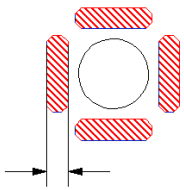
Annulus:

```
Innendurchmesser = Pad-Bohrdurchmesser + 2 * Restring

Außendurchmesser = max(Pad-Bohrdurchm., Innendurchm.)
+ 2*Isolate
```

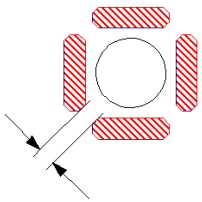
Default: Restring = 0 (voll ausgefüllt), Isolate = 20 (mil).

Thermal:

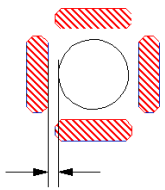
```
Innendurchmesser = Pad-Bohrdurchmesser + 2 * Restring

Außendurchmesser = Innendurchmesser + 2 * Isolate
```



➢ ***Isolate***



➢ ***Gap***

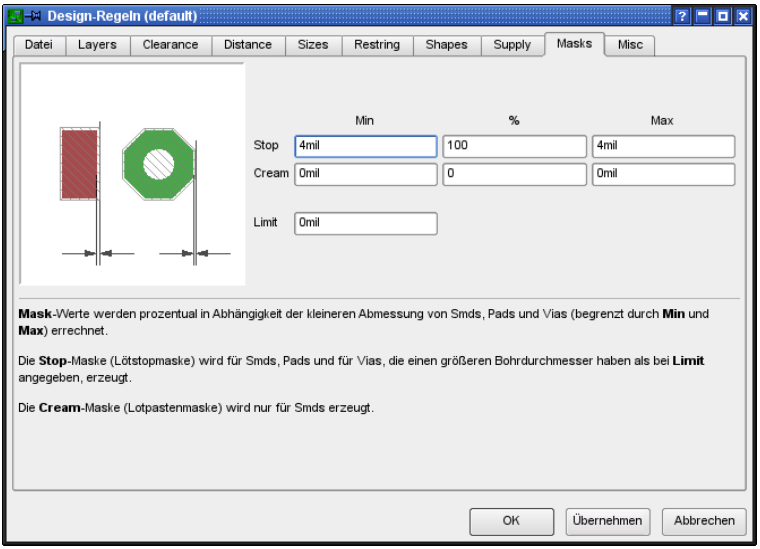


➢ ***Restring***

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:

Check grid
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.

Check angle
stellt fest, ob alle Leiterbahnen in einem Vielfachen von 45-Grad verlegt wurden. Diese Prüfung ist standardmäßig ausgeschaltet, kann aber bei Bedarf aktiviert werden.

Check font
(de-)aktiviert die Schriftart-Prüfung.
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.

Check restrict
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 *nicht* gegeneinander geprüft!
Default: eingeschaltet.

6.3 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 werden mit den Signalen verbunden, die ihrem Namen entsprechen, falls nicht explizit ein anderes Netz mit ihnen verbunden wurde.

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.

> *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 178).*

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.

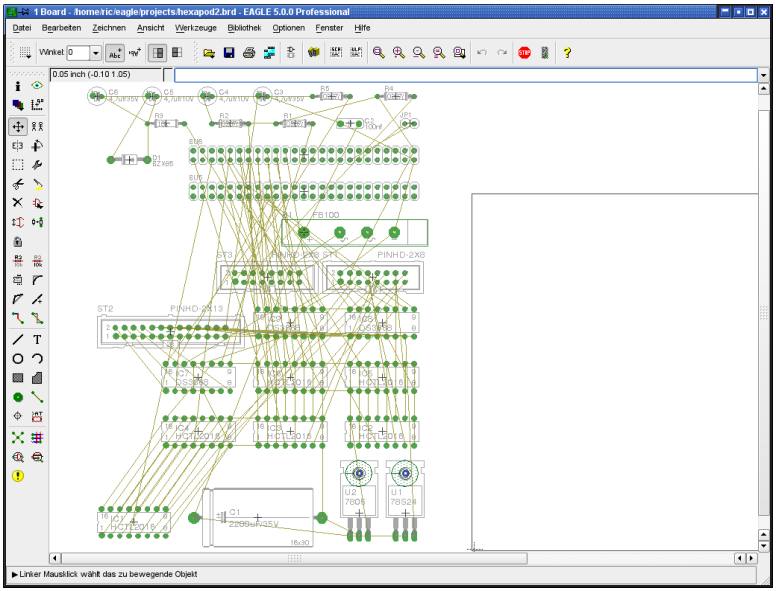
Zum Verständnis lesen Sie bitte den Abschnitt *Bauteile platzieren* auf Seite 112 und den Abschnitt *Netzklassen festlegen* auf Seite 119. Diese beiden Punkte gelten im Layout-Editor genauso wie im Schaltplan-Editor.

Auch das Definieren von Attributen ist im Layout-Editor möglich. Lesen Sie dazu den Abschnitt auf Seite 123.

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:



➢ ***Board-Befehl: Das Layout aus dem Schaltplan erzeugen***

Die Bauteile werden am linken Rand der Platine automatisch platziert. Die Platinenumrandung wird als einfache Linie im Layer 20 *Dimension* gezeichnet. Bei der Professional- und Standard-Edition wird der Rahmen einer Eurokarte, bei der Light-Edition einer halben Eurokarte dargestellt.

Ändern Sie gegebenenfalls die Leerplatine in Größe und Form mit MOVE und SPLIT. Beachten Sie auch die Hinweise zum WIRE- und MITER-Befehl in der Hilfe-Funktion. Auch runde Platinenformen lassen sich einfach erzeugen.
Sie dürfen die Umrisslinien auch löschen und aus einer Bibliothek (z. B. *19inch.lbr*) einen Rahmen über ADD platzieren.
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
```

ein.

Der Platinenumriss dient gleichzeitig als Begrenzungslinie für den Autorouter (falls vorhanden).

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 WIRE-Befehl mit einer Linienstärke von 0.

Bauteile anordnen

Schieben Sie die Bauteile an die gewünschten Positionen. Dazu verwenden Sie den MOVE-Befehl. 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.*

Ein Gruppe von Bauteilen kann mit GROUP und MOVE verschoben werden. Zeichnen Sie nach dem Klick auf das GROUP-Icon einen Rahmen um die gewünschten Objekte, klicken Sie MOVE und bei gedrückter *Ctrl*-Taste mit der rechten Maustaste in die Gruppe um sie zu selektieren. 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, TEXT***

Neben dem *Winkel*-Feld sehen Sie die Einstellung für das *Spin*- und *Mirror*-Flag.

Geben Sie in der Kommandozeile

```
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 beide Texte wieder an der ursprünglichen Position. Die Texte sind nun nicht mehr vom Bauteil gelöst (unsmash). Das kann man auch erreichen, indem man auf den verbliebenen Text mit DELETE klickt, oder 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 43 und 159.*

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.

Die Definition von Bauteil-Attributen kann im Schaltplan oder im Layout erfolgen. Bei aktiver Forward&Back-Annotation werden die Änderungen in die jeweils zugehörige Schaltplan-/Boarddatei übertragen.

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 123.

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.

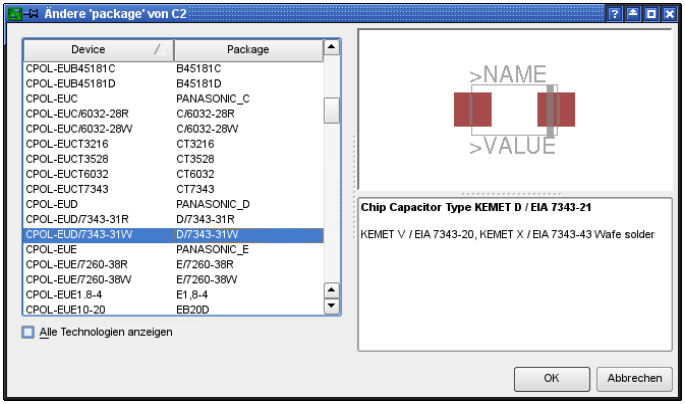
Im Package-Editor werden Bauteile immer auf der Top-Seite definiert!

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 233 beschrieben.

Wird ein Package ersetzt, dem Sie mit VALUE einen neuen Wert zugeordnet haben, obwohl das Device mit VALUE *Off* definiert wurde, fällt der Wert auf den ursprünglichen zurück. Siehe auch Seite 76.

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 über den SET-Befehl eingestellt werden können:

SET REPLACE_SAME NAMES; (default)

SET REPLACE_SAME COORDS;

Die erste Betriebsart erlaubt ein Austauschen von Packages, deren Pad- bzw. SMD-Namen identisch sind. Die Lage der Anschlussflächen ist beliebig.

Im zweiten Fall (replace_same 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 als Rechtecke, Polygone oder Kreise in die Layer 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 berücksichtigt.

Im Layer 43 *vRestrict* zeichnen sie Sperrflächen nur für den Autorouter. In diesen Bereichen setzt er keine Vias. Diese Flächen werden vom DRC nicht geprüft.

Routen – Manuelles Verlegen von Leiterbahnen

Mit dem ROUTE-Befehl lassen sich jetzt die Luftlinien in Leitungen umwandeln. Ein Klick auf die mittlere Maustaste während des Verlegens einer Leiterbahn erlaubt den Layer zu wechseln. Es wird automatisch eine Durchkontaktierung gesetzt. 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 zwei Einstellungen, die es erlauben, die Leiterbahnen in 90-Grad-Bögen bzw. in freien Bögen zu verlegen.

Signalname und Netzklasse werden 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.

Soll die Leiterbahn an einer Durchkontaktierung beginnen, drücken Sie die *Ctrl*-Taste und klicken Sie auf das Via.

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, bereits verlegten Leiterbahnen einen neuen Verlauf zugeben. Man kann Segment für Segment neu verlegen und dann den bisherigen Verlauf mit *Ctrl* + DELETE und/oder RIPUP entfernen.

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.

Wenn Sie eine Leiterbahn eines teilverlegten Signals an einer anderen Stelle beginnen wollen als am Anfang oder Ende der Luftlinie (beispielsweise auf einer entfernteren Stelle einer Leiterbahn, die zum Signal gehört), drücken Sie die *Ctrl*-Taste und klicken dann auf die Stelle an der Sie beginnen wollen. So wird von dieser Stelle aus eine Luftlinie erzeugt (siehe auch Hilfefunktion zu ROUTE).

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 161.

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 105) über das Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes* anzupassen.

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).

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, WIRE und POLYGON angezeigt.

Bei aktivem WIRE- oder ROUTE-Befehl kann man sich mit der rechten Maustaste durch die vorher angesprochenen Wire-Bends, die Knickmodi, durchklicken. Insgesamt kennt EAGLE acht Einstellungen (0..7), die in der Parameterleiste angezeigt werden.
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. Zu diesem Thema finden Sie in diesem Handbuch ein eigenes Kapitel.

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. Signalfremde Objekte werden mit bestimmten Mindestabständen frei gehalten.

RATSNEST berechnet den Flächeninhalt und stellt diesen auch dar.

RIPUP und ein Klick auf die Polygon-Umrandung machen den Inhalt wieder unsichtbar. Haben Sie mehrere Polygone in der Platine, kann man über

```
RIPUP @ ;
```

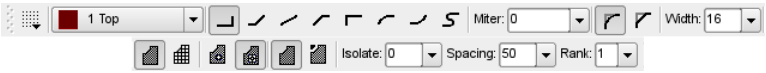
alle Polygonflächen in den Umrissmodus schalten.
Sollen alle Polygone eines bestimmten Signals wieder in der Umrissdarstellung gezeigt werden, geben Sie den Signalnamen an, zum Beispiel:

```
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*).

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.

Polygonen, die im Package-Editor erzeugt werden, kann man den Rank 0 oder 7 zuordnen.
Rank = 0 hat höchste Priorität und wird von allen anderen Polygonen berücksichtigt, 7 die niedrigste und wird somit von jedem anderen Polygon im Layout verdrängt.

Spacing:

Wird für *Pour* die Option *Hatch* gewählt, bestimmt dieser Wert den Abstand der Gitterlinien.

Isolate:

Definiert den Wert, den das Polygon gegenüber allen anderen, signalfremden Objekten einhalten muss. Sind in den Design-Regeln oder Netzklassen für spezielle Objekte 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 Isolate für *Thermals* 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.

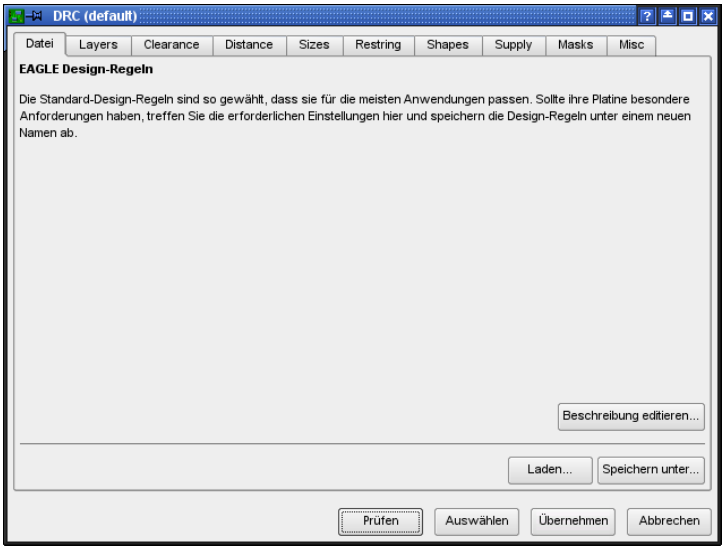
Bleibt nach dem Berechnen eines Polygons die Umriss-Darstellung erhalten, sollten Sie die Polygon-Parameter Width, Isolate und Orphans und den Namen des Polygons überprüfen. Vermutlich kann die Polygon-Füllung keines der Objekte erreichen, die mit dem Polygon-Signal verbunden werden sollen.

Durch Umbenennen eines Polygons mit NAME kann man es einem anderen Signal zuordnen.

6.4 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 130 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 Restring, 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.

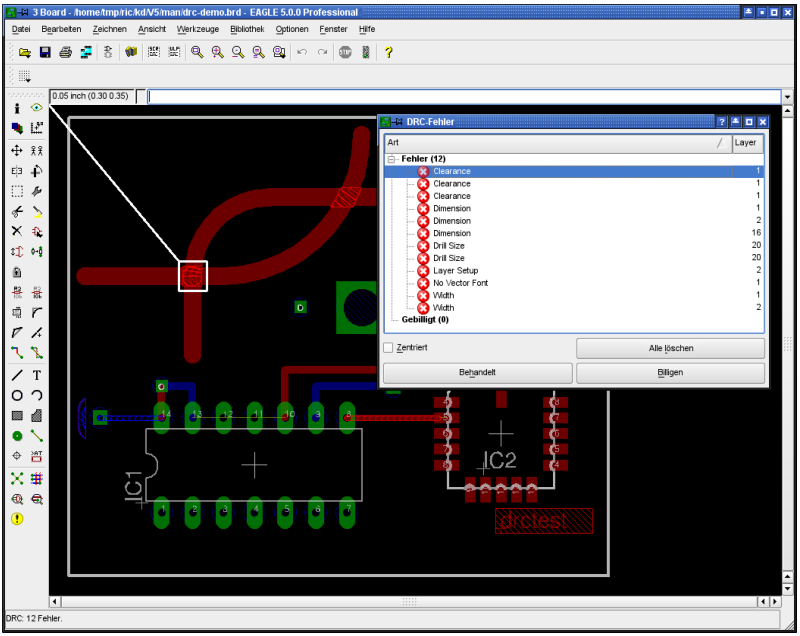
Mit einem Klick auf *Auswählen* legen Sie den Bereich im Layout fest, der geprüft werden soll. Ziehen Sie einfach mit der Maus ein Rechteck über die gewünschte Fläche. Anschließend startet die Fehlerprüfung automatisch.

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 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.

Das Verschieben eines Eintrags von einem Zweig in den anderen, markiert die Boarddatei als verändert bzw. nicht gespeichert.

Da die interne Auflösung 1/10000 mm beträgt, kann der DRC nur Clearance- und Distance-Fehler zuverlässig melden, die größer als 1/10000 mm sind!

Bedeutung der Fehlermeldungen

Angle:

Leiterbahnen sind nicht im Winkel von 0, 45, 90 bzw. 135 Grad verlegt. Diese Prüfung kann in den Design-Regeln (*Misc*-Tab) ein- bzw. ausgeschaltet werden. 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.
Falls in einem Supply-Layer Leitungen gezeichnet wurden, die mit einem Pad oder Via verbunden sind, meldet DRC ebenfalls einen Layer-Missbrauch.

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.
Dieser Fehler wird auch gemeldet, wenn Supply-Layer definiert sind, die nicht im Layer-Setup verwendet werden.

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.

6.5 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. Überlegen Sie sich auch, wie Sie Innenlagen nutzen wollen: Als normalen Signallayer oder als Versorgungslage? Daraus resultieren auch sinnvolle Via-Längen, die Sie im Layer-Setup definieren.

Innenlagen

Innenlagen werden genauso verwendet wie die beiden Außenlagen *Top* und *Bottom*. Sie können mit oder ohne Kupferflächen (Polygone) benutzt werden. Einen Sonderstatus haben die so genannten Supply-Layer, die automatisch generiert werden.

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 132.

Signallayer

In den Innenlayern, die für Signale vorgesehen sind, verlegen Sie 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.

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. 153). 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 auch 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 (mit der Ausnahme von Polygonen mit Rank = 0, die als Teil eines Packages im Package-Editor gezeichnet wurden). 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 151.

> *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.*

Versorgungslayer mit einem Signal (Supply-Layer)

Versorgungslayer mit einem Signal realisiert man, indem man einen der Layer *Route2...15* so umbenennt, dass der neue Name aus dem Signalnamen und einem vorangestellten $-Zeichen besteht. Soll beispielsweise das Signal namens GND als Versorgungslayer realisiert werden, legt man einen Layer mit dem Namen *$GND* an.

Dazu aktivieren Sie den DISPLAY-Befehl. Im Menü selektieren Sie den Layer *2* mit der Maus. Klicken Sie dann auf den *Ändern*-Schaltfläche.

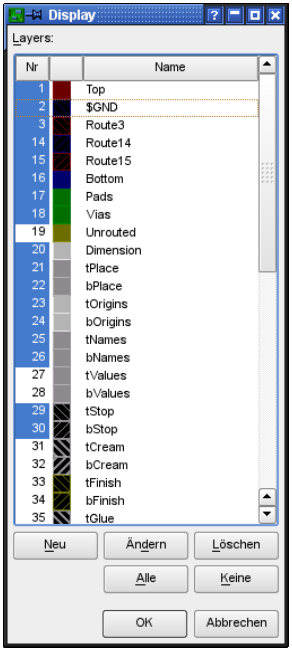
Geben Sie den Signalnamen des Layers ein und aktivieren sie die Check-Box *Supply Layer*. Soll der Layer im Layout gleich sichtbar sein, klicken Sie auch auf die Check-Box *Sichtbar*.

Der entsprechende Befehl in der EAGLE-Kommandozeile lautet z. B.:

```
LAYER 2 $GND
```

Damit ist festgelegt, dass der Layer mit der Nummer 2 (bisher *Route2*) ab sofort *$GND heißt* und als Versorgungslayer behandelt werden soll.

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



➢ ***Das Display-Menü***

➢ ***Layer-Eigenschaften ändern***

In Versorgungslayern werden Pads mit so genannten Thermal-Symbolen (Wärmefallen) angeschlossen bzw. mit Annulus-Symbolen isoliert. Thermal-Symbole haben meist nur vier dünne Stege als leitende Verbindung zur Durchkontaktierung. Man verwendet sie deshalb, weil eine durchgehende Kupferfläche dazu führen würde, dass wegen der großen Wärmeabfuhr das Pad nicht mehr lötbar wäre. Form und Größe der Annulus- und Thermal-Symbole werden in den Design-Regeln festgelegt (DRC-Befehl, *Supply*-Tab).

Um den Platinenrand von Kupfer frei zu halten, sollten Sie um die Platine einen Wire einzeichnen. Damit vermeiden Sie eventuelle Kurzschlüsse zwischen benachbarten (Versorgungs-)Layern. Falls Sie den Autorouter verwenden, darf dieser Wire erst nach dem Routen eingezeichnet werden. Automatisch generierte Versorgungslayer sind für den Autorouter auszublenden.

> *Versorgungslayer werden invertiert dargestellt und geplottet!*
>
> *In diesen Lagen dürfen keine zusätzlichen Signale oder Signal-Polygone gezeichnet werden. Das führt unweigerlich zu einer unbrauchbaren Leiterplatte!*

Supply-Layer und Autorouter

Der Autorouter berücksichtigt ganz allgemein auch Innenlagen und liefert somit die komplette Vorlage für Multilayer-Platinen. SMDs schließt er mit Hilfe von Vias an Innenlagen an.

Verwenden Sie in der Platine nur Durchkontaktierungen, die durch alle Lagen (also von Layer 1 bis 16) gehen, darf der Supply-Layer beim Autorouten nicht aktiviert werden. Im Autorouter-Setup ist die Einstellung *N/A* zu wählen. Das geht nur mit Layern, die keine Signale (Wires) enthalten.

Verwenden Sie im Layout nicht nur Vias, die durch alle Lagen gehen, sondern auch Blind-, Buried- oder Micro-Vias, kann der Autorouter nicht mit Supply-Layern arbeiten. Sie müssen den Supply-Layer gegebenenfalls in eine Innenlage mit Polygon wandeln:
Dazu entfernt man das *Supply*-Flag im *Ändern*-Fenster des DISPLAY-Befehls und zeichnet ein Polygon in der Innenlage. Diesem gibt man den Namen des Versorgungssignals.

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 132.

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 *3*16*) zu einem Kern (Core) und legt dann mehrere Kerne aufeinander. Das symbolisiert man mit einem Plus-Zeichen (beispielsweise *1*2+3*16*). Die Isolationsschicht zwischen Layer 2 und 3 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+3*16)`
6 Layer:	`(1*2+3*4+5*16)`
8 Layer:	`(1*2+3*4+5*6+7*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 172.

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, 3 und 16.

Aufbau der Platine: Ein Kern innen, außen Prepregs.

Verbindungen: 1-2 (Blind-Vias), 2-3 (Buried-Vias) und 1-16 (durchgehende Vias)

Der Ausdruck für das Setup lautet dann:

[2:(1+(2*3)+16)]

Erklärung:

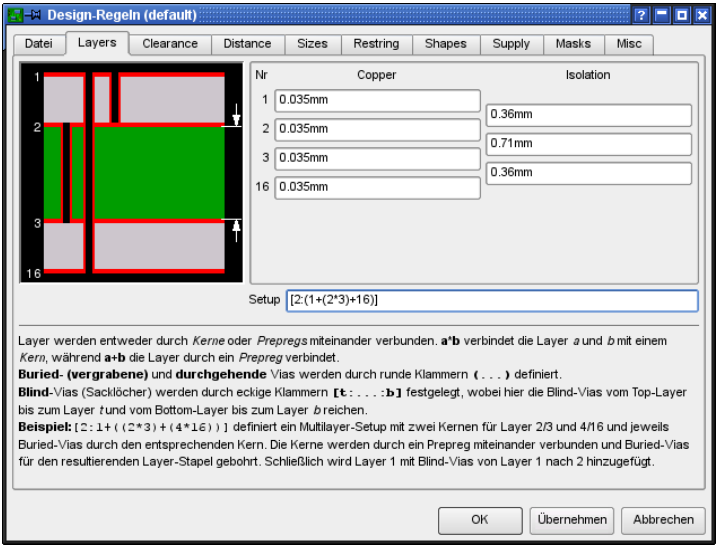
2*3
Layer 2 und 3 bilden den Kern.

(2*3**)**
Die runden Klammern erlauben Buried-Vias von 2 nach 3.

(1+(2*3)+16)
Auf beiden Seiten des Kerns werden Kupferschichten über Prepregs verpresst. Die äußeren runden Klammern erlauben durchgehende Vias von 1-16.

[2:(1+(2*3)+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.

Beispiel 2:

Benutzt werden die Layer 1, 2, 3 und 16.

Aufbau der Platine: Ein Kern innen, außen Prepregs.

Verbindungen: 1-2, 3-16 (Blind-Vias), 1-16 (durchgehende Vias)

Setup-Ausdruck:

[2:(1+2*3+16):3]

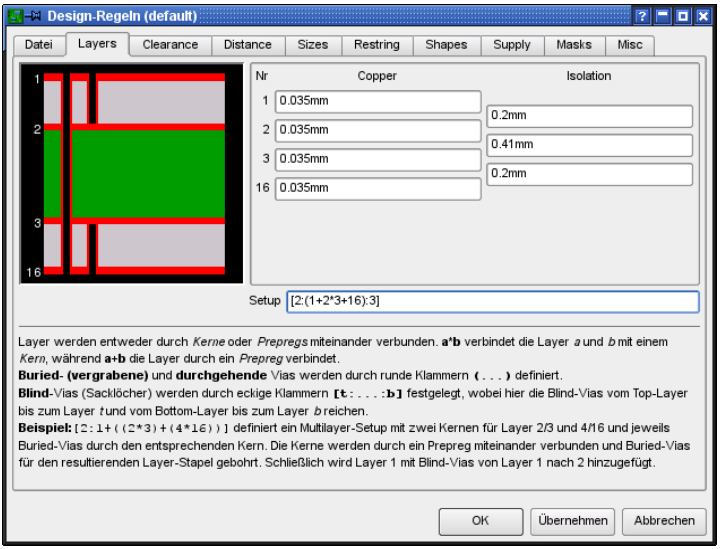
Erklärung:

2*3
Layer 2 und 3 bilden den Kern.

1+2*3+16
Auf beiden Seiten des Kerns werden Kupferschichten über Pregregs verpresst.

(1+2*3+16)
Die runden Klammern erlauben durchgehende Vias von 1-16.

[2:(1+2*3+16):3]
Die eckigen Klammern definieren Blind-Vias. Hier von Layer 1-2 und 16-3.



➢ ***Beispiel 2: Layer-Setup für eine 4-Lagen-Platine***

6-Lagen-Multilayer

Beispiel 3:

Benutzt werden die Layer 1, 2, 3, 4, 5 und 16.

Aufbau der Platine: Zwei Kerne , außen Prepregs.

Verbindungen: 2-3, 4-5 (Buried-Vias), 1-16 (durchgehende Vias)

Setup-Ausdruck:

(1+(2*3)+(4*5)+16)

Erklärung:

(2*3)+(4*5)

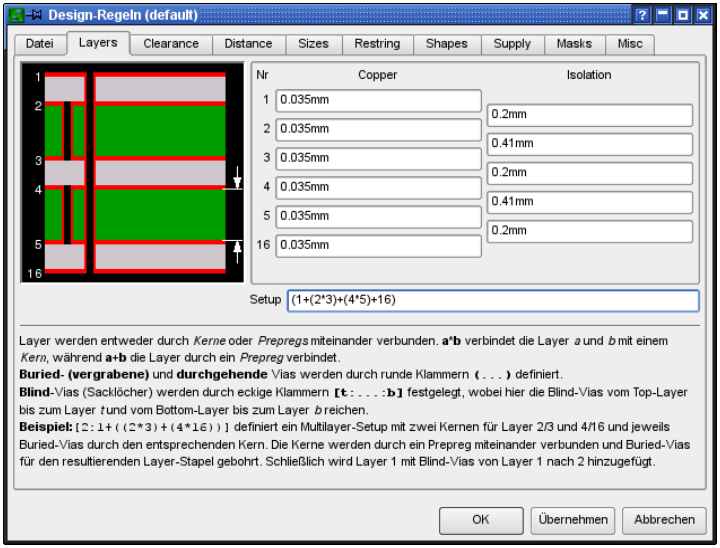
Zwei Kerne mit Buried-Vias werden aufeinander gepresst.

1+(2*3)+(4*5)**+16**

Auf den Layer-Stack werden durch Prepregs isoliert die Außenlagen 1 und 16 aufgepresst.

(1+(2*3)+(4*5)+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, 4, 5 und 16.

Aufbau der Platine: Ein Kern, außen je zwei Prepregs.

Verbindungen: 3-4 (Buried-Vias), 2-4 (Blind-Vias im inneren Layer-Stack), 1-16 (durchgehende Vias)

Setup-Ausdruck:

(1+[4:2+(3*4)+5]+16)

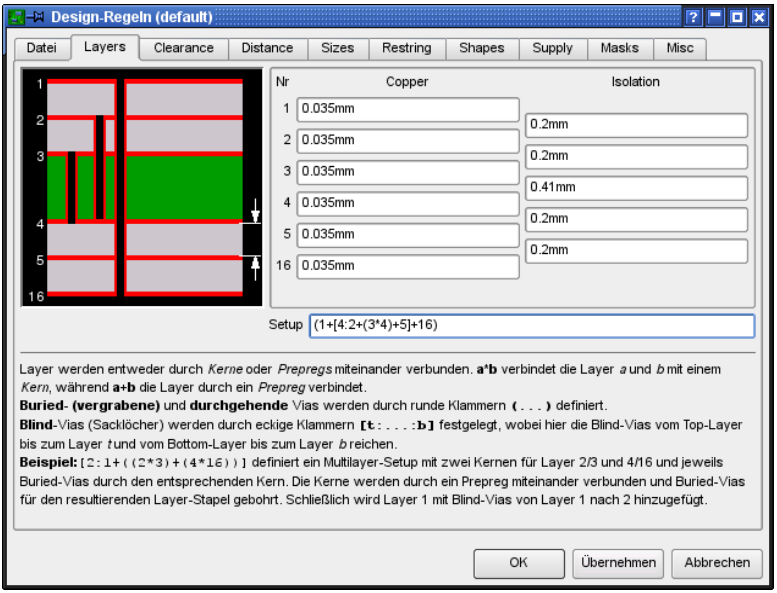
Erklärung:

2+(3*4)+5
Der Kern mit Buried-Vias. Auf beiden Seiten ist jeweils ein Prepreg aufgepresst

[4:2+(3*4)+5**]**
Blind-Vias von Lage 2 nach 4.

1+[4:2+(3*4)+5]**+16**
Auf diesen Layer-Stack wird auf jeder Seite ein Prepreg aufgepresst .

(1+[4:2+(3*4)+5]+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, 5, 6, 7 und 16.

Aufbau der Platine: Drei Kerne , außen Prepregs.

Verbindungen: 1-3, 6-16 (Blind-Vias), 2-3, 4-5, 6-7 (Buried-Vias), 1-16 (durchgehende Vias)

Setup-Ausdruck:

[3:(1+(2*3)+(4*5)+(6*7)+16):6]

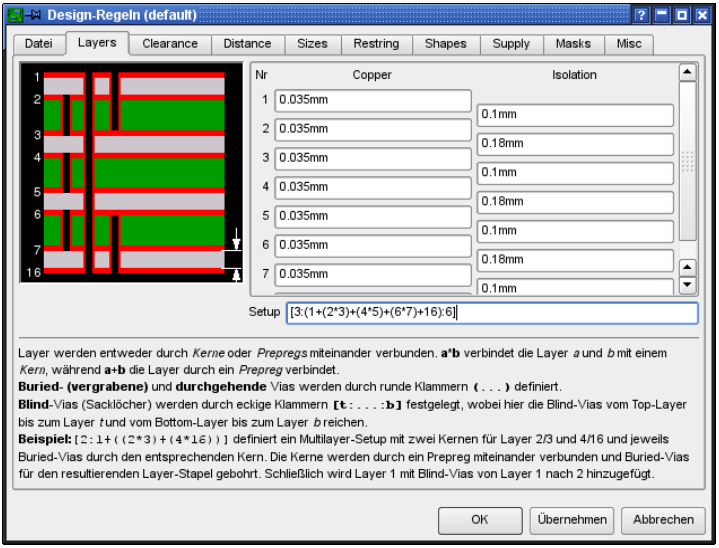
Erklärung:

(2*3)+(4*5)+(6*7)
Drei Kerne mit Buried-Vias werden durch Prepregs isoliert aufeinander gepresst.

1+(2*3)+(4*5)+(6*7)**+16**
Auf den Layer-Stack werden durch Prepregs isoliert die Außenlagen 1 und 16 aufgepresst.

(1+(2*3)+(4*5)+(6*7)+16**)**
Die runden Klammern definieren durchgehende Vias von 1-16.

[3:(1+(2*3)+(4*5)+(6*7)+16)**:6]**
Blind Vias von 1-3 und 16-6.



➢ *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 2-7
```

und ein Klick auf das Via ändert die Länge von Layer 2 bis 7.
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).
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.*

Autorouter

Der Autorouter unterstützt Blind- und Buried-Vias.

Soll eine Multilayer-Platine, die Blind- und Buried-Vias verwendet, automatisch entflochten werden, dürfen Sie keine automatisch generierten Supply-Layer (siehe Seite 162) einsetzen. In diesem Fall müssen Versorgungsinnenlagen mit Polygonen erzeugt werden.

Wurden schon Supply-Layer definiert, kann man diese in Versorgungslagen mit Polygonen wandeln, indem man

- den Layer umbenennt (kein $-Zeichen am Beginn des Namens),
- ggf. Wires zur Isolation gegen den Platinenrand entfernt,
- ein Polygon über die ganze Fläche legt und
- diesem den gewünschten Signalnamen gibt.

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 *Restring*-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!

6.6 Bauteile 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!

6.7 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.

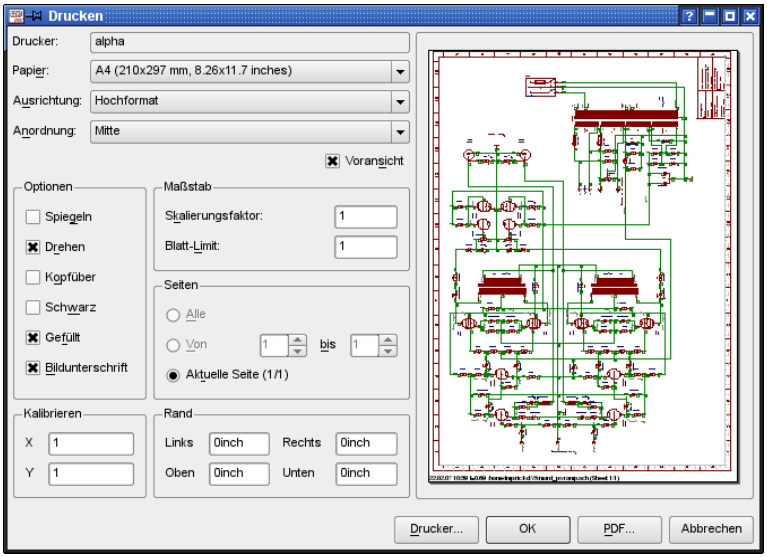
Generell gilt: Was im Editor sichtbar ist, ist auch im Ausdruck sichtbar.

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)

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 Schaltfläche *Drucker...* unten im Fenster kann die Druckerauswahl verändert werden oder auch die Option in eine Datei zu drucken, aktiviert werden.

Unter der *Drucker*-Zeile finden Sie Einstellmöglichkeiten zum *Papier*-Format, zur *Ausrichtung* und zur *Anordnung* des Ausdrucks auf dem Blatt.
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.

Man kann verschiedene *Optionen* wählen:
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.

Mit Hilfe der vier Eingabefelder unter *Rand* kann man die Blattränder 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.

Wenn Sie von Ihrer Zeichnung eine PDF-Datei (Auflösung 1200dpi) erzeugen wollen, klicken Sie auf die Schaltfläche *PDF...*. Es öffnet sich ein Dialog-Fenster, in dem Sie den Dateinamen der zu erzeugenden PDF-Datei angeben können.
Die Texte in der PDF-Datei sind über die Suchfunktion eines PDF-Viewers durchsuchbar, sofern diese nicht mit Vektor-Schrift angelegt wurden.

Wollen Sie anstatt einer PDF-Datei eine Postscript-Datei erzeugen, klicken Sie auf die Schaltfläche *Drucker...* und geben dann im Dateidialog im Feld für den Namen der Ausgabedatei einen Namen mit der Endung *.ps* an.

Sollen beim Ausdruck eines Layouts die Bohrlöcher in Pads und Vias nicht sichtbar sein, wählen Sie für den *Darstellungsmodus* über das Menü *Optionen/Einstellungen/Verschiedenes* die Option *Keine Bohrlöcher*.

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.

Hinweis für EAGLE-Anwender, die bisher mit Versionen vor 4.0 gearbeitet haben:
Es gibt ein User-Language-Programm (*cam2print.ulp*), das es ermöglicht, CAM-Jobs der Version 3.5x, die ursprünglich mit dem CAM-Prozessor zur Ausgabe an Drucker verwendet wurden, in eine Script-Datei zu überführen und somit für den PRINT-Befehl nutzbar zu machen.

Ebenso kann man das *cam2dxf.ulp* verwenden, um einen bisherigen CAM-Job für die DXF-Datenausgabe zu nutzen.

6.8 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 mit den Befehlen GROUP, CUT 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.g
- 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.
- Aktivieren Sie CUT und klicken Sie mit der linken Maustaste in die Zeichnung.

- 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.

Wenn das Board Supply-Layer enthält, prüfen Sie bitte die Namen der Versorgungssignale. Beispielsweise kann das Signal GND als GND1, GND2 usw. eingefügt werden. Die Verbindung zum Supply-Layer $GND ist dann nicht mehr vorhanden. Sie müssen diese Signale wieder mit dem ursprünglichen Namen GND benennen.

6.9 Keine Konsistenz zwischen Schaltplan und Layout – was nun?

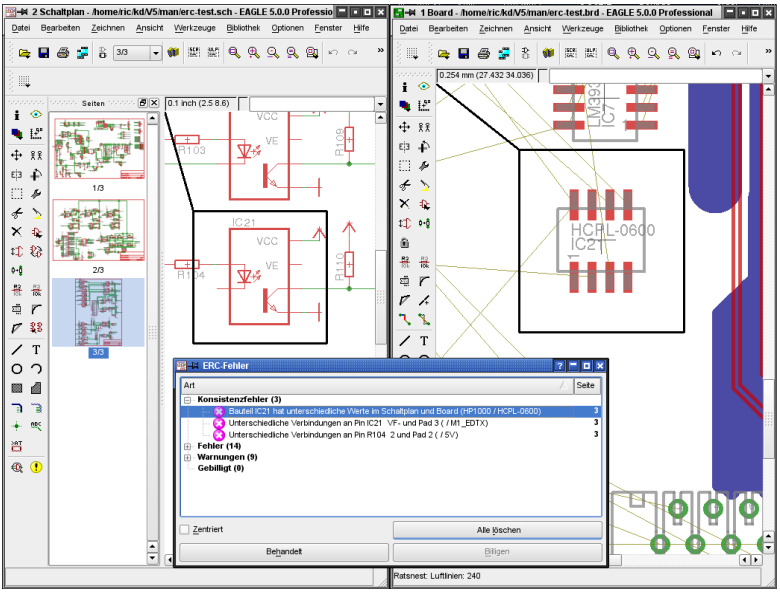
Alle Änderungen im Schaltplan und mit Einschränkungen im Layout werden durch die Forward&Back-Annotation automatisch in das zugehörige Board bzw. den Schaltplan übertragen. Allgemeine Informationen zu diesem Thema finden Sie im Kapitel über die Forward&Back-Annotation auf Seite 99.

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.

Spätestens wenn Sie von einer Datei in die andere wechseln oder das Projekt neu laden wollen, wird EAGLE folgende Warnung ausgeben.

➢ ***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.



➢ ***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.

Diese
Seite
wurde
absichtlich
leer
gelassen.

Kapitel 7
Der Autorouter

7.1 Prinzipielle Möglichkeiten

- Beliebiges Routing-Raster (min. 0,02 mm)
- Beliebiges Platzierungsraster (min. 0,1 micron)
- 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!)
- Ripup und Retry für 100%-Entflechtungsstrategie
- Optimierungsläufe zur Minimierung der Vias und Glättung der Leiterbahnverläufe
- Vorverlegte Leiterbahnen werden nicht verändert

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.

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 *Restring*) 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, dessen Parameter so gewählt sind, dass er Busse optimal verdrahtet. Busse werden nur geroutet, wenn es einen Layer mit entsprechenden Vorzugsrichtungen gibt. Der Bus-Router kann nur Signale verlegen, 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.

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.

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 Routen 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 130.

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 119 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 *Restring*-Tab 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).

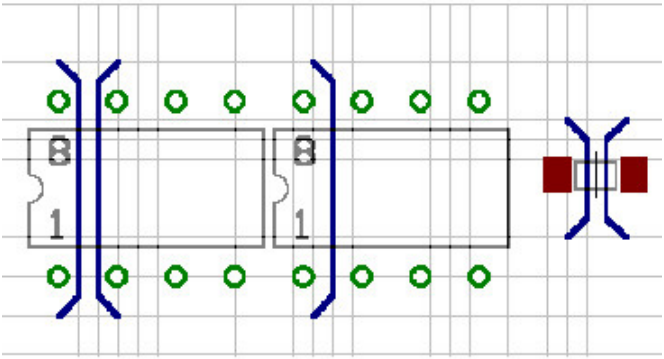
Routing-Raster

Bitte beachten Sie, dass das Routing-Raster im Menü des AUTO-Befehls (*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 Routingraster benötigen wesentlich mehr Routingspeicher.

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
```

Beachten Sie, dass ein Versorgungslayer, der durch die Namensgebung (*$name*) generiert wurde, keinen Autorouting-Speicher belegt. Ein Versorgungslayer hingegen, der mit Hilfe eines oder mehrerer Polygone realisiert wurde, belegt genau so viel Routing-Speicher wie jeder andere Signallayer.

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.
Innenlagen werden zu Versorgungslayern, wenn sie zu **$name** umbenannt sind, wobei *name* ein gültiger Signalname ist. Diese Layer werden nicht geroutet.
Versorgungslagen mit mehreren Signalen können mit Polygonen realisiert werden. Diese Lagen werden als normale Signallagen behandelt.

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 188).

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

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).

Wires im Layer 20 *Dimension* gezeichnet, sind für den Autorouter Begrenzungslinien. Über diese Grenzen hinweg können keine Leitungen verlegt werden.
Typische Anwendung: Begrenzungslinien der Platine.

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.

Kostenfaktoren und weitere Steuerparameter

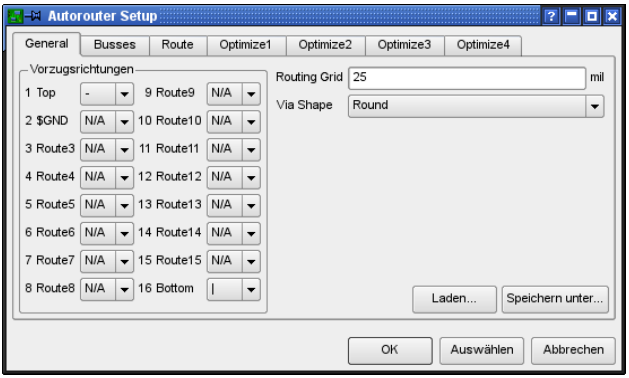
Die Default-Werte für die Kostenfaktoren sind so gewählt, dass Sie unserer Erfahrung nach die besten Ergebnisse liefern.

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.



➢ ***Autorouter-Setup: Allgemeine Einstellungen (General-Tab)***

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.

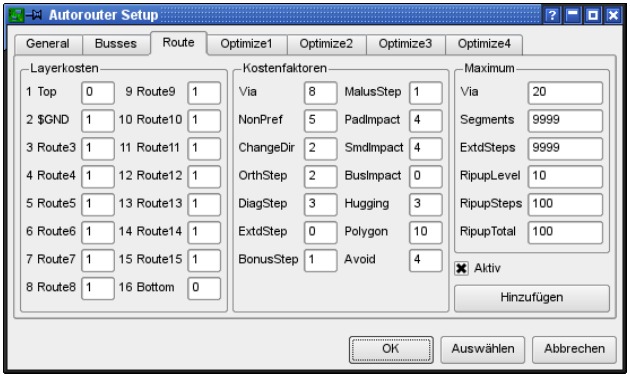
Einstellung der Vorzugsrichtungen:

`-`	`horizontal`
`|`	`vertikal`
`/`	`diagonal in 45 Grad`
`\`	`diagonal in 135 Grad`
`*`	`keine`
`N/A`	`Layer nicht aktiv`

Definieren Sie ein geeignetes Routing-Raster (*Routing Grid*) und wählen Sie die Form der Durchkontaktierungen (*Via Shape*).

Über die Schaltflächen *Parameter 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.

Treffen Sie nun die Einstellungen für die einzelnen Routing-Schritte. Klicken Sie auf das entsprechende Tab und treffen Sie gegebenenfalls Ihre Einstellungen.



➢ ***Autorouter-Setup: Einstellungen für Route***

Die Parameter in den Gruppen *Layerkosten*, *Kostenfaktoren* und *Maximum* können für jeden Durchgang unterschiedlich sein. Weitere Informationen dazu finden Sie im folgenden Abschnitt.

Die Check-Box *Aktiv* legt fest, ob dieser Schritt ausgeführt wird oder nicht.

Über die Schaltfläche *Hinzufügen* kann man zusätzliche Optimierungsläufe einfügen.

Mit Klick auf die Schaltfläche *Auswählen* können Sie bestimmte Signale zum Autorouten selektieren. Wählen Sie diese durch Mausklick oder geben Sie die Namen in der Kommandozeile an. Starten Sie den Autorouter anschließend durch Klick auf das Ampel-Icon in der Aktionsleiste. Alternativ kann man die Signale 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.

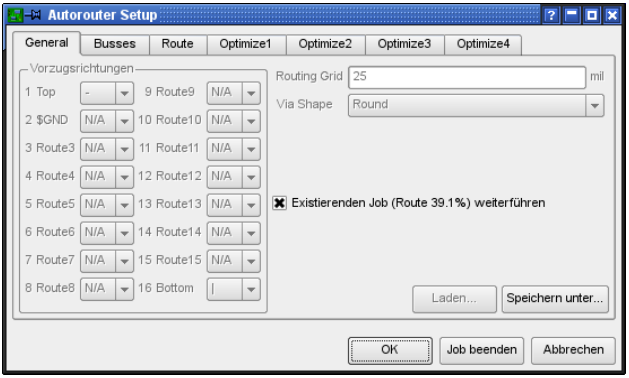
```
! VCC GND ;
```

Alle Signale außer VCC und GND werden geroutet.

Mit Klick auf die Schaltfläche *OK* starten Sie den Autorouter für alle nicht verlegten Signale.

Der Menüpunkt *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***

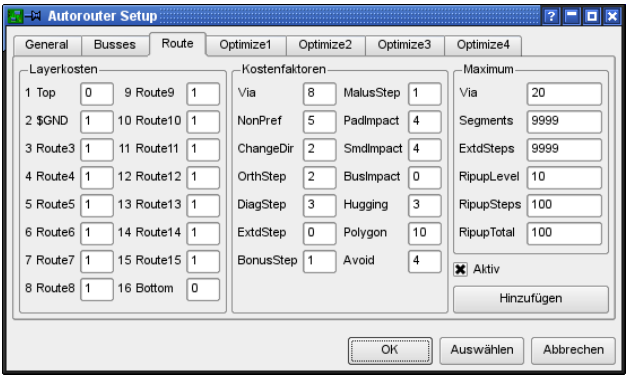
Job beenden beendet den Autorouting-Job und lädt das bisherige Routing-Ergebnis.

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 198.



➢ *Autorouter: Einstellungen der Parameter für Route*

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

Jeder Schritt in einem Polygon wird mit diesem Wert beaufschlagt. Ein niedriger Wert erlaubt das Routen innerhalb eines Polygons. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Polygon in mehrere Teile zerfällt ist höher. Ein hoher Wert veranlasst den Autorouter möglichst wenig Verbindungen im Polygon zu verlegen.

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

Es gibt zwei unterschiedliche Möglichkeiten Versorgungslagen zu realisieren.

- Supply-Layer mit einem **$**-Zeichen am Anfang des Layer-Namens
- Versorgungslagen mit Polygonen

Supply-Layer

Das Definieren von Supply-Lagen wurde schon im vorigen Kapitel im Abschnitt *Versorgungslayer mit einem Signal* auf Seite 162 beschrieben.

Folgende Punkte sind beim Autorouten zu beachten:

- Der Layername bestimmt das Signal, das in diesem Layer geführt wird. Der Layer $VCC führt zum Beispiel nur das Signal VCC.
- Der Layer ist invertiert dargestellt.
- Der Layer ist beim Autorouten nicht aktiv (Einstellung *N/A* im Autorouter-Setup, *General*-Tab).
- Nach dem Routen wird mit WIRE rund um das Layout eine Isolationslinie gezeichnet. Das verhindert Kurzschlüsse über den Platinenrand.
- Es dürfen keine zusätzlichen Signale oder Polygone gezeichnet werden!

Sobald in der Platine Blind- bzw. Buried-Vias verwendet werden, kann der Autorouter nicht mehr mit Supply-Layern arbeiten. Verwenden Sie statt dessen Innenlagen mit Polygonen!

Der Autorouter kann keine Micro-Vias setzen!

Der Autorouter darf auch Blind-Vias verwenden, die kürzer sind als im Layer-Setup definiert.

Polygone als Versorgungslagen

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 161 *Versorgungslayer mit Polygonen und mehreren Signalen.* Hierbei handelt es sich nicht um die Supply-Layer, die mit ***$*** im Namen gekennzeichnet werden, sondern um ganz normale Layer.

- Definieren Sie die Polygone vor dem Start des Autorouters.
- Geben Sie den Polygonen den entsprechenden Signalnamen

- 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.

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 des Routing-Jobs gemacht. Die Datei *name.job* enthält immer den letzten Stand des Jobs. Falls aus irgendwelchen Gründen (Stromausfall etc.) der Job 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, gibt unmittelbar danach

```
AUTO;
```

ein 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 das Stop-Icon abgebrochen, so bleibt ebenfalls die Datei *name.job* stehen, und man kann auf dieser wieder aufsetzen. Das kann zum Beispiel dann interessant sein, wenn man einen umfangreicheren Job 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 gibt der Autorouter in der Statuszeile des Layout-Editor-Fensters Auskunft über das gegenwärtige Routing-Ergebnis.

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 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
```

7.12 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!*
>
> *Der Autorouter kann keine Blind- und Buried-Vias setzen, wenn Innenlagen als Supply-Layer definiert sind!*

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       Kurze 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.

Diese Vorgehensweise ist für beide Arten von Versorgungslagen (automatischer generierter Supply-Layer bzw. Versorgungslage mit Polygonen) identisch.

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 194.

Diese
Seite
wurde
absichtlich
leer
gelassen.

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-Editor verwendet wird). Die gesamte Bauteilinformation 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 72. 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 258 finden Sie Hinweise zum Thema Bibliotheks- und Bauteileverwaltung. 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 262).

8.1 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 WIRE, 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

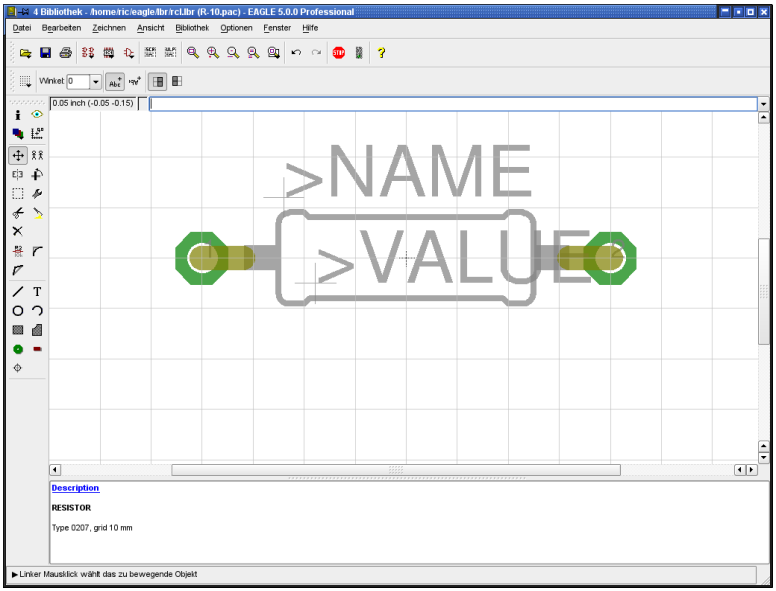
Zum Schluss klicken Sie auf *Description* im Beschreibungsfeld. Das so geöffnete Fenster erlaubt im unteren Teil eine Texteingabe. Sie kann als HTML-Text erfolgen. Dabei handelt es sich um eine HTML-ähnliche Syntax, die eine Formatierung des Textes ermöglicht. Detaillierte Informationen finden Sie in 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

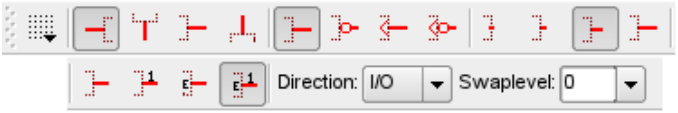
Wählen Sie den Symbol-Editier-Modus, und tragen Sie in das Feld *Neu* den Symbol-Namen *R* ein. Dieser Name hat nur interne Bedeutung und erscheint nicht in der Schaltung.

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 207.



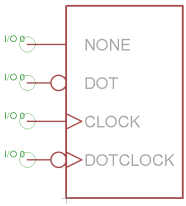
➢ ***Pin-Befehl: Parameterleiste (in zwei Zeilen aufgeteilt)***

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***

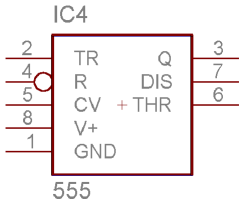
Length

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 WIRE-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 WIRE 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***

Direction

Der Parameter *Direction* legt die logische Richtung des Signalflusses fest:

NC	nicht angeschlossen
In	Eingang
Out	Ausgang
I/O	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
I/O, Hiz, Pas	keine besondere Prüfung

Die Directions *Pwr* und *Sup* sind für die automatische Verdrahtung der Versorgungsspannung von Bedeutung (siehe Seite 239).

Swaplevel

Der Swaplevel ist eine Zahl zwischen 0 und 255. Die Zahl 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

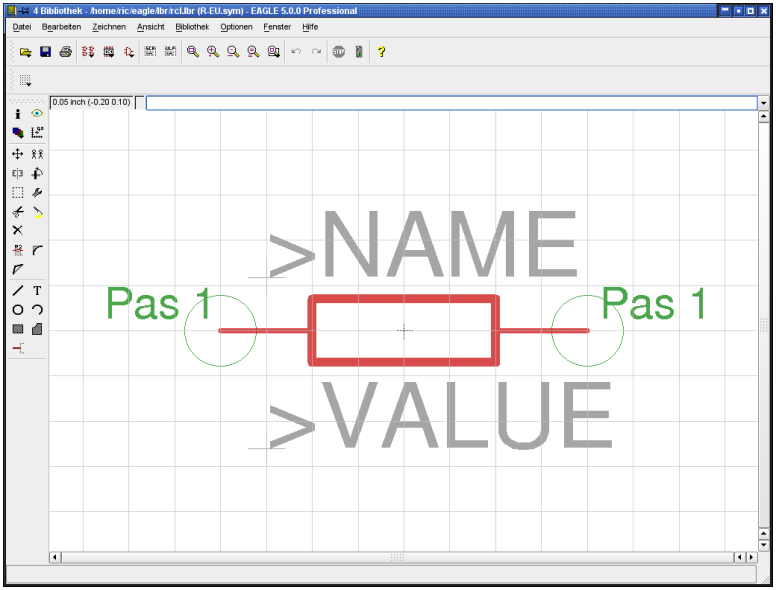
Mit dem NAME-Befehl können Sie die Pins benennen, nachdem Sie platziert wurden. Es funktioniert auch die automatische Namensgebung, wie auf Seite 94 beschrieben.

Schaltplansymbol

Mit WIRE 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.



➤ *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 245.

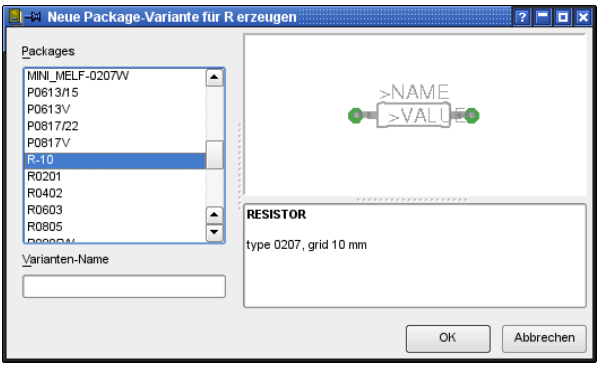
Der Swaplevel des Gates verhält sich analog zum Swaplevel eines Pins. Der Wert 0 besagt, das Gate ist nicht mit einem anderen Gate des Device austauschbar. Ein Wert größer als 0 besagt, das Gate kann in der Schaltung mit einem anderen Gate desselben Device und gleichem Swaplevel ausgetauscht werden. 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

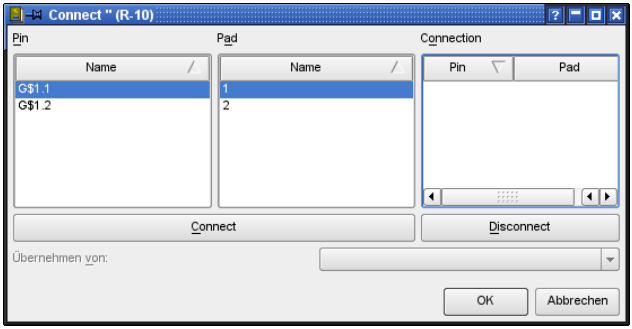
Klicken Sie nun auf die Schaltfläche *Neu* des Device-Editor-Fensters unten rechts. Im Auswahlfenster wählen Sie dann das Package R-10 und vergeben einen Varianten-Namen. Wird nur eine Package-Variante verwendet, darf die Zeile auch leer bleiben. EAGLE verwendet dann standardmäßig zwei einfache Hochkommas 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.

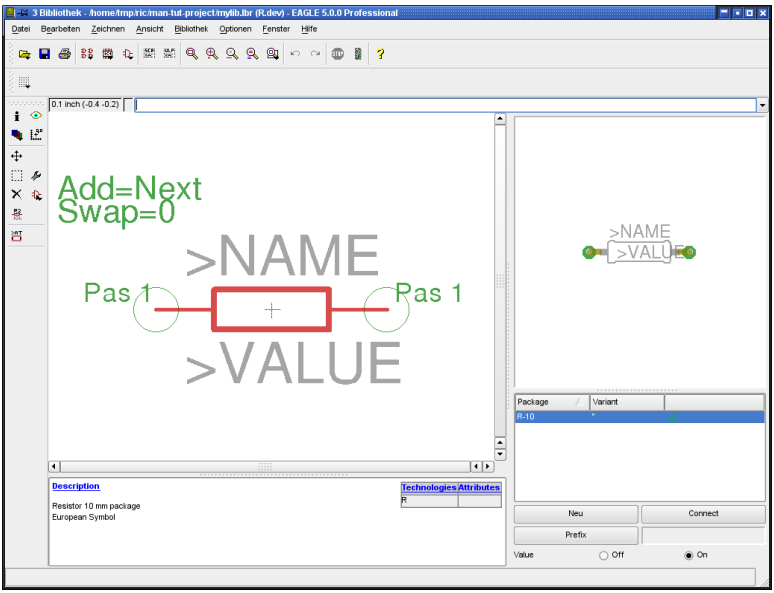
Off: Wert entspricht dem Device-Namen, inklusive der Angabe von Technology und Package-Variante (z. B. 74LS00N), wenn vorhanden. Auch bei Versorgungspannungssymbolen sinnvoll. Siehe auch Seite 76.

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
```



➢ ***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.

8.2 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:

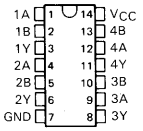
- Anlegen einer neuen Bibliothek
- Zeichnen des bedrahteten Gehäuses (DIL-14)
- Anlegen des SMD-Gehäuses (LCC-20)
- Definition des Logiksymbols
- Erstellen des Versorgungssymbols
- Zusammenfügen von Packages und Symbolen in einem Device

SN54ALS1032A, SN54AS1032A, SN74ALS1032A, SN74AS1032A
QUADRUPLE 2-INPUT POSITIVE-OR BUFFERS/DRIVERS

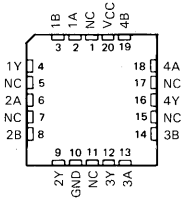
D2661, DECEMBER 1982—REVISED MAY 1986

- **'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

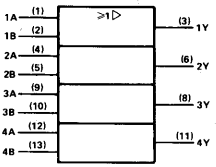
These devices contain four independent 2-input OR buffers/drivers. They perform the Boolean functions $Y = A + B$ or $Y = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}}$ in positive logic.

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)

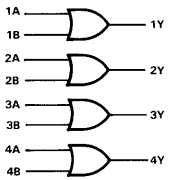
INPUTS		OUTPUT
A	B	Y
H	X	H
X	H	H
L	L	L

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

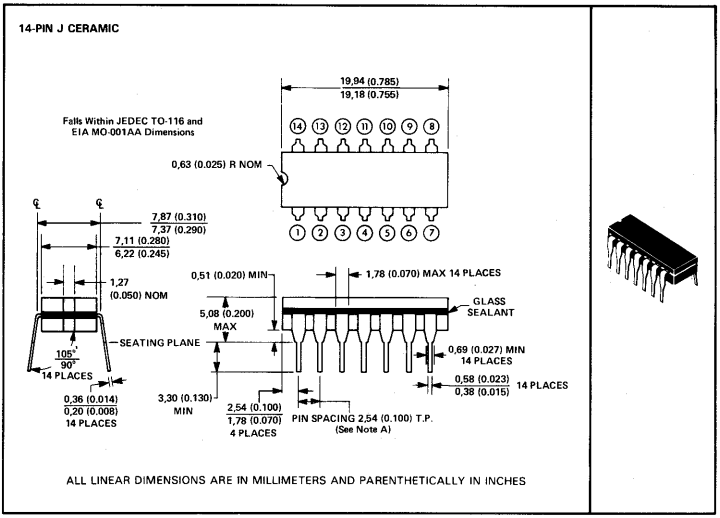
Klicken Sie im EAGLE Control Panel auf das Menü *Datei/Neu/Library*. Es erscheint das Bibliotheks-Editor-Fenster mit einer neuen Bibliothek *untiteled.lbr*.

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, *Restring*-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 94, *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 WIRE, 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 WIRE einen Rahmen um das Bauteil legen. So kann der DRC prüfen, ob Bauteile auf Ihrer Platine zu nahe aneinander oder übereinander liegen.

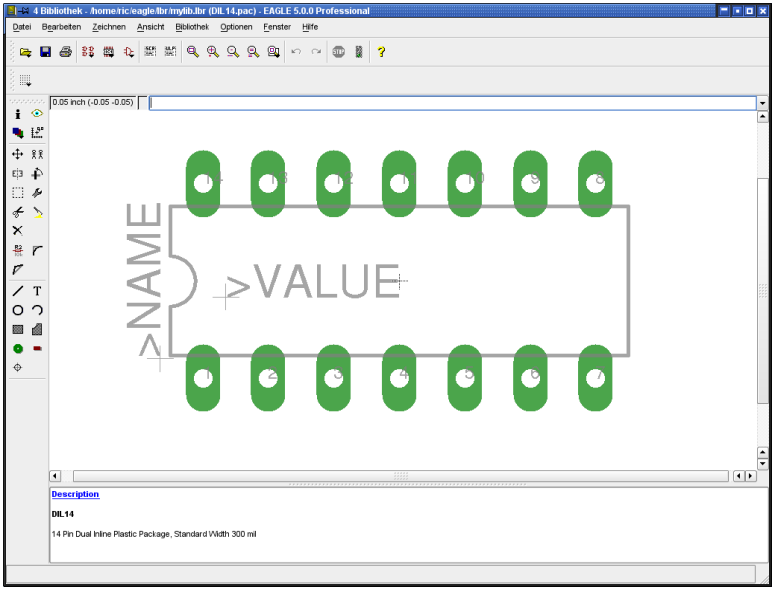
Beschreibung

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.



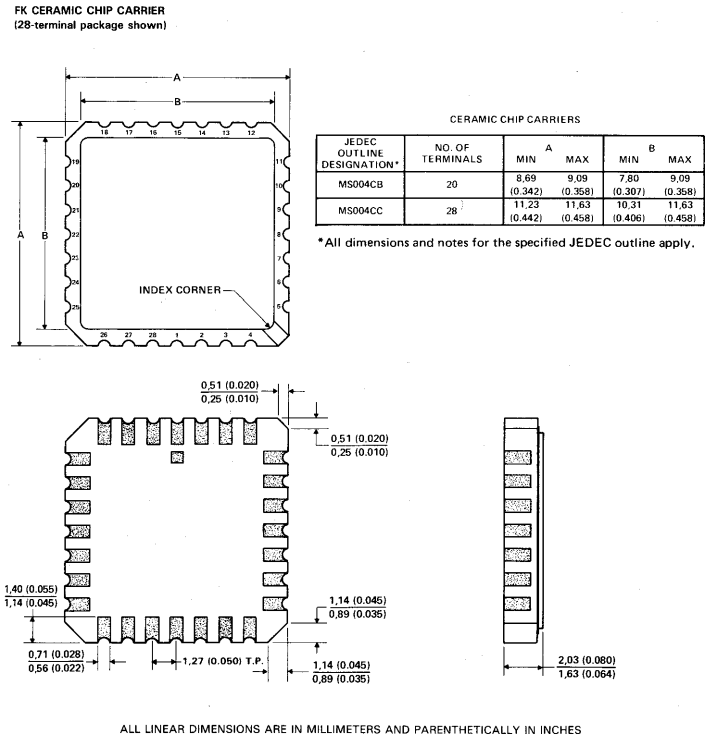
➢ ***Package-Editor mit DIL-14-Gehäuse***

Speichern

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.



CERAMIC CHIP CARRIERS

JEDEC OUTLINE DESIGNATION*	NO. OF TERMINALS	A MIN	A MAX	B MIN	B MAX
MS004CB	20	8,69 (0.342)	9,09 (0.358)	7,80 (0.307)	9,09 (0.358)
MS004CC	28	11,23 (0.442)	11,63 (0.458)	10,31 (0.406)	11,63 (0.458)

*All dimensions and notes for the specified JEDEC outline apply.

➢ ***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

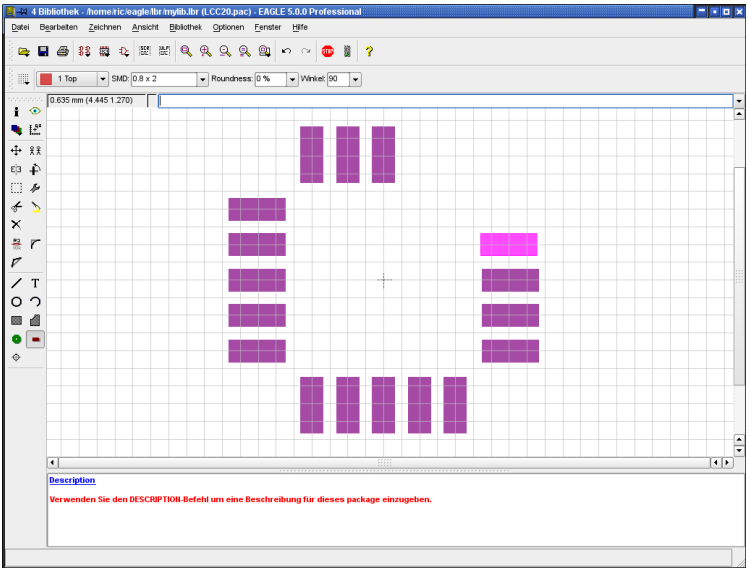
Grundsätzlich werden SMD-Bauteile auf der Platinenoberseite definiert; SMDs liegen also immer im Layer 1 *Top*.
Sollten Sie Bauteile auch auf der Lötseite verwenden wollen, spiegeln Sie es bei Bedarf auf der Platine mit MIRROR. Sehen Sie hierzu auch den Abschnitt auf Seite 252.

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 137.

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.

> *Wird eine größere Lötfläche, zum Beispiel eine Kühlfläche, benötigt, die über die maximal mögliche Größe eines SMDs hinausgeht, können Sie ein POLYGON über oder an das SMD legen. Achten Sie auch darauf, dass Sie gegebenenfalls die Lötstopmaske und die Lotpastenmaske entsprechend in den Layern tStop und tCream anpassen. Der DRC meldet an dieser Stelle einen Overlap-Fehler, der toleriert werden kann.*

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 94, *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 WIRE 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.

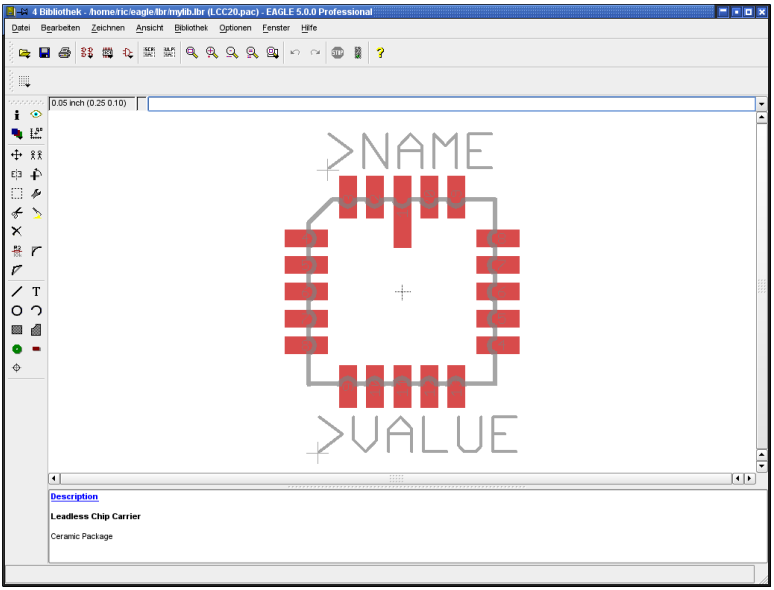
Beschreibung

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.



➤ *LCC-20, vollständig definiert*

Speichern

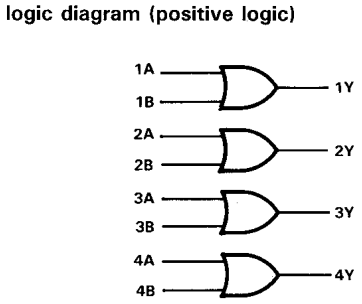
Bitte vergessen Sie nicht, die Bibliothek zwischendurch zu speichern!

> *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 258.*

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.207).
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. Beispiele dazu finden Sie in der Hilfe-Funktion zum TEXT-Befehl.

Symbol zeichnen

Zeichnen Sie mit WIRE 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

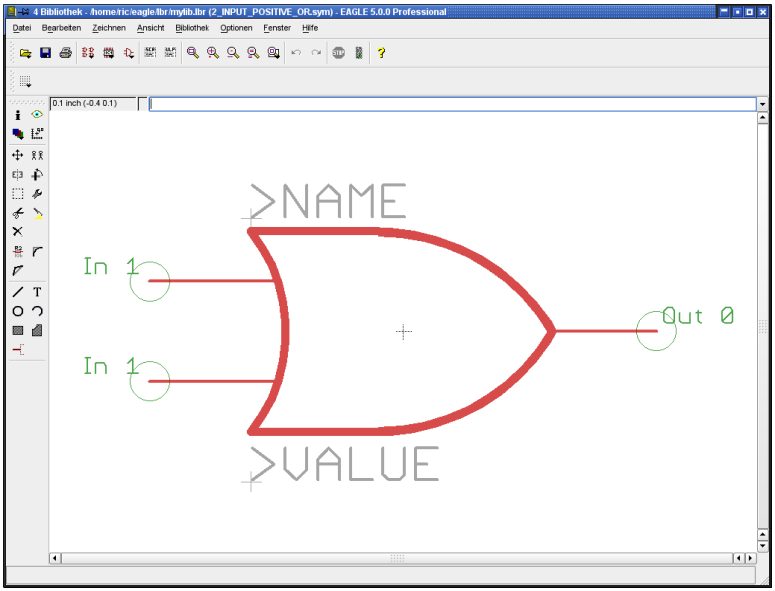
Für die Bauteilbeschriftung im Schaltplan schreiben Sie mit dem Text-Befehl

```
>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, CUT und PASTE kopieren (siehe Seite 260).*

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.

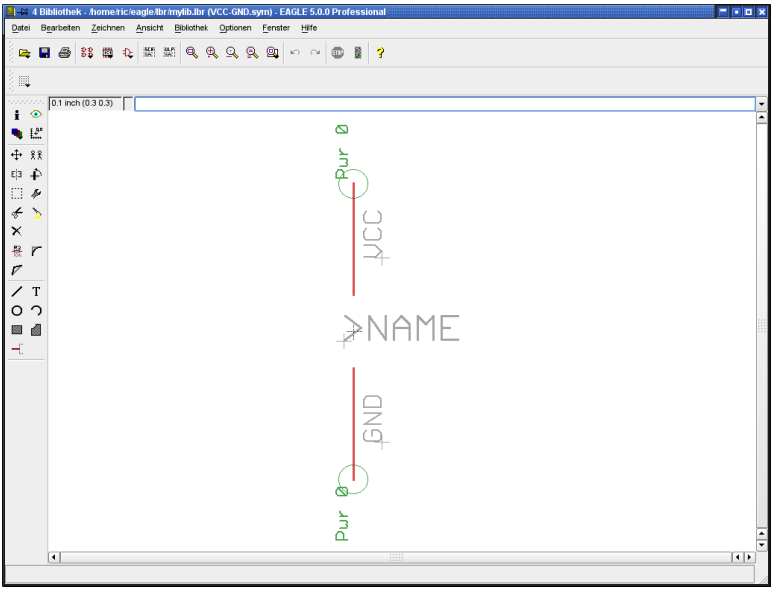
Aus optischen Gründen wurde im unten gezeigten Symbol die Pin-Eigenschaft *Visible* auf *Pad* gesetzt und mit TEXT die Pin-Beschriftung im Layer 95 *Names* angelegt.

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 245.

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. Der Swaplevel kann zwischen 0 und 255 liegen. 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.

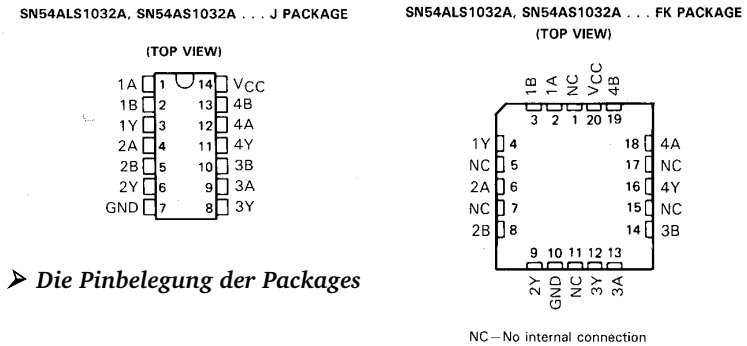
Falls in der aktuellen Bibliothek keine passende Package-Variante existieren sollte, kann man auf ein Package aus einer anderen Bibliothek zugreifen. Verwenden Sie den PACKAGE-Befehl, um das Package in die aktuelle Bibliothek zu kopieren und eine neue Variante anzulegen.
Beispiel:

```
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 253.

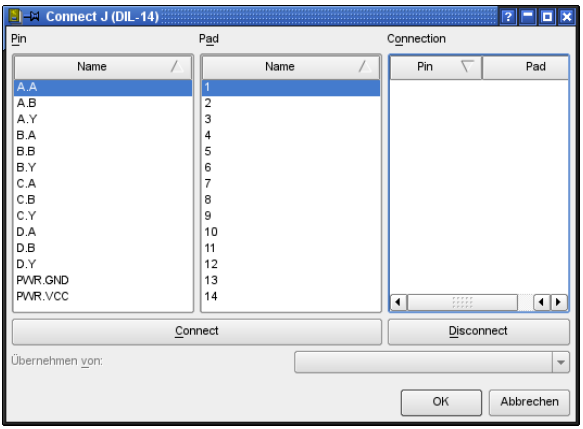
Der Connect-Befehl

Dieser Schritt ist wohl der wichtigste in der Bibliotheksdefinition. Mit CONNECT ordnen Sie jedem Pin ein Pad 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.

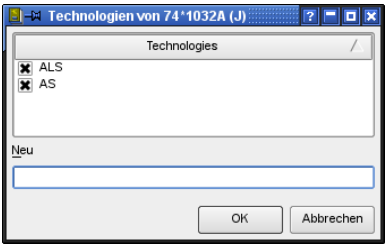
> *Ein Pin muss mit genau einem Pad verbunden sein!*
> *Es ist nicht möglich mehrere Pins mit einem gemeinsamen Pad zu verbinden!*
> *In einem Device dürfen mehr Pads als Pins sein, aber nicht umgekehrt!*
> *Pins mit der Direction NC (not connected) müssen auch einem Pad zugeordnet werden.*

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-Modus 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 mit Value *Off* kann man den Wert eines Bauteils ändern. Nach einer Sicherheitsabfrage gibt man den neuen Wert an. Wird allerdings später die Technologie oder die Package-Variante über PACKAGE bzw. TECHNOLOGY verändert, wird der Bauteile-Wert auf den ursprünglichen zurück gesetzt.

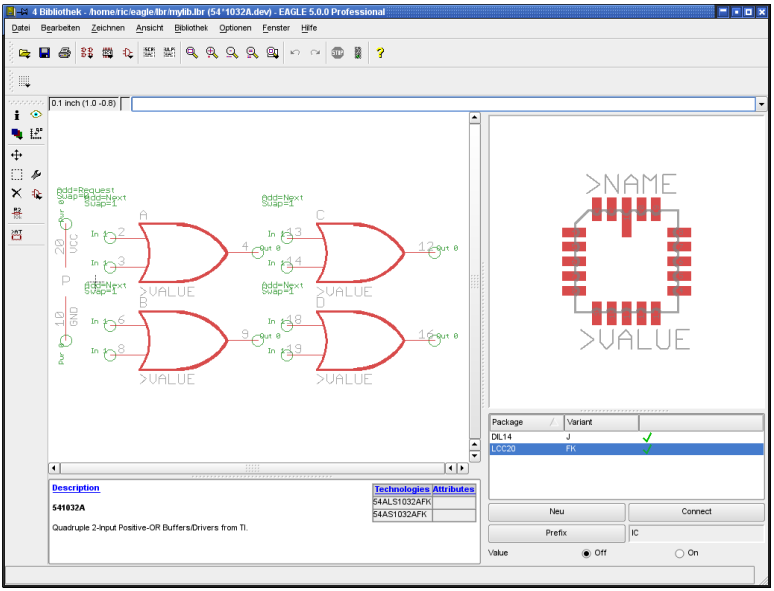
Description

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.
```



➢ *Der Device Editor: 54*1032A.dev*

Speichern

Die Definition des Bausteins ist somit abgeschlossen. Bitte speichern Sie die Bibliothek spätestens jetzt!

8.3 Versorgungsspannungen

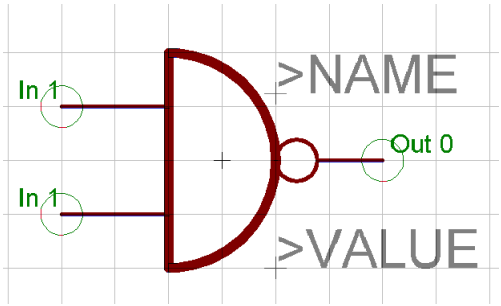
Versorgungspins von Bauelementen

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:

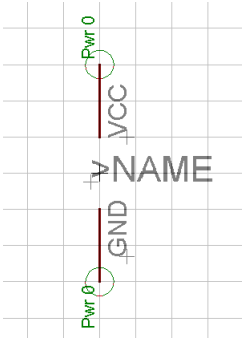


➢ ***NAND-Symbol 7400 (europäische Darstellung)***

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 Namen

Wenn Sie Bausteine definieren wollen, die mehrere Versorgungspins mit der Direction *Pwr* mit gleichem Namen haben, gehen Sie folgendermaßen vor:
Drei Pins sollen zum Beispiel GND heißen. Sie geben den Pins bei der Symbol-Definition die Namen 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.

8.4 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 122).

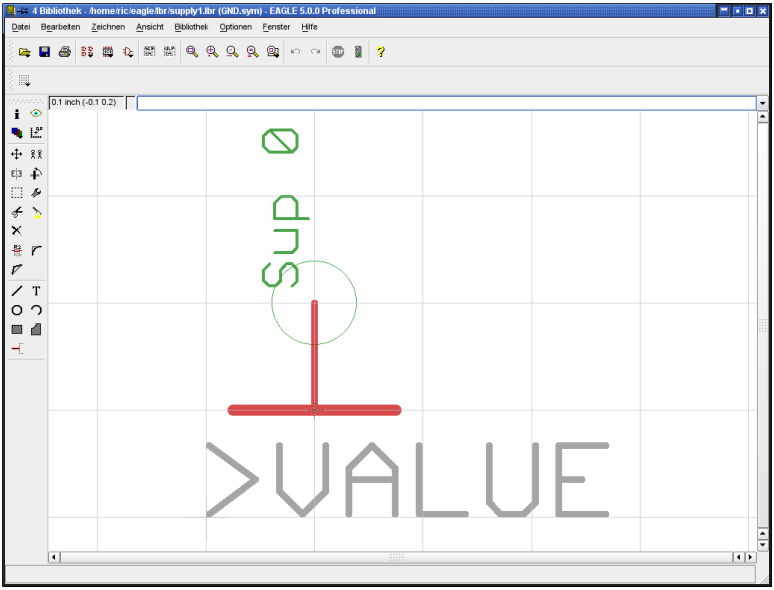
Das folgende Bild zeigt das GND-Symbol, wie es in einer der mitgelieferten EAGLE-Bibliotheken definiert ist.

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

8.5 Attribute

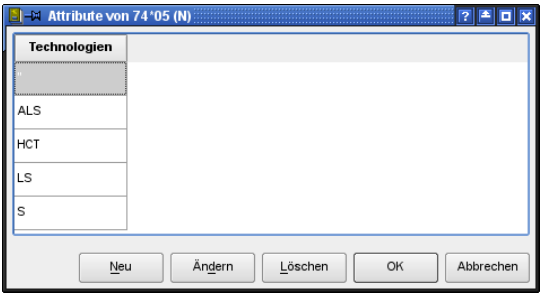
Für jedes Bauteil kann man, zusätzlich zu *>Name* und *>Value*, weitere Eigenschaften, so genannte Attribute, definieren. Im Device-Editor können jeder Package-Variante und jeder Technologie beliebige Attribute zugeordnet werden. In diesem Abschnitt sollen Sie zur Übung für ein Device Attribute definieren.

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 125.

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
```

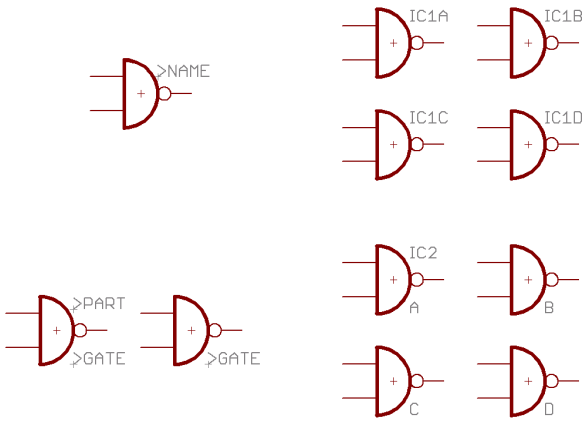
Platzieren Sie die Texte an beliebiger Stelle im Symbol- bzw. Package-Editor und wählen Sie für jeden Text den gewünschten Layer. Groß- und Kleinschreibung spielt hier keine Rolle. Die Texte können, genauso wie es bei *>NAME* und *>VALUE* der Fall ist, mit SMASH vom Bauteil gelöst werden.

Im Schaltplan bzw. Layout kann man dann über den ATTRIBUTE-Befehl die Anzeigeoptionen festlegen. Siehe Seite 125.

8.6 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.

8.7 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*.

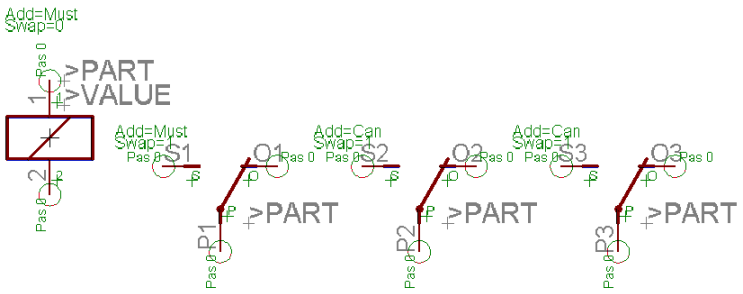
Relais: Spule und erster Kontakt werden platziert

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*.

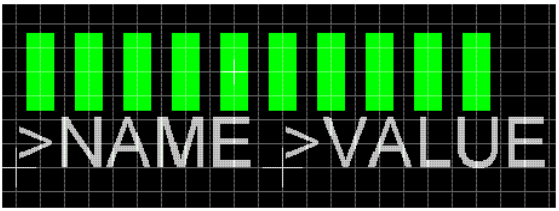
Wenn Sie das Relais mit ADD in die Schaltung holen, werden die Spule und der erste Kontakt platziert. Falls einer der weiteren Kontakte platziert werden soll, kann das mit dem INVOKE-Befehl geschehen. Die Spule kann nicht allein gelöscht werden. Sie verschwindet erst dann, wenn alle Kontakte gelöscht sind (zuerst die mit *Can* definierten).



➢ ***Relais mit einer Spule und drei Kontakten***

Stecker: Einzelne Anschlussflächen sollen entfallen können

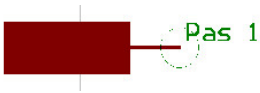
Es soll ein Leiterplattenstecker entworfen werden, bei dem normalerweise alle Kontaktflächen vorhanden sind. Im Einzelfall kann es erforderlich sein, dass bestimmte Kontaktflächen entfallen.



➢ ***Package eines Leiterplattensteckers***

Definieren Sie ein Package mit zehn SMDs als Kontaktflächen, und geben Sie den SMDs die Namen 1 bis 10.

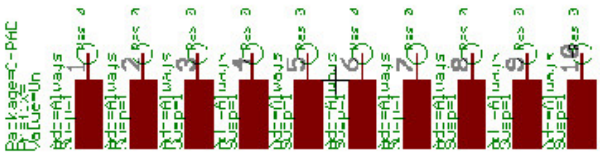
Nun definieren Sie ein Symbol, das eine Kontaktfläche darstellt. Stellen Sie Visible *Pad* ein, damit im Schaltplan die im Package definierten Namen 1 bis 10 dargestellt werden.



➢ ***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 Plat-

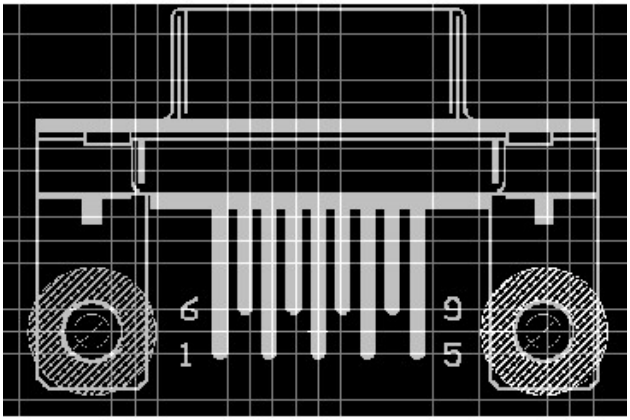
zieren alle Anschlüsse. Mit DELETE können einzelne Anschlüsse gelöscht werden.



➢ ***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 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.

8.8 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. Außerdem gibt es nützliche User-Language-Programme rund um das Thema Elektro-Schaltpläne. Weitere Informationen finden Sie unter www.cadsoft.de.

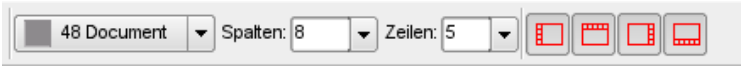
8.9 Zeichnungsrahmen

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 steht noch die Variable *>PLOT_DATE_TIME* zur Verfügung, die Datum und Uhrzeit des letzten Ausdrucks enthält.

All diese Textvariablen lassen sich auch direkt im Schaltplan und (mit Ausnahme von *>SHEET*) 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.

TITLE: >DRAWING_NAME		
Document Number:		REV:
Date: >LAST_DATE_TIME	Sheet: >SHEET	

➢ ***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*.

8.10 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.

8.11 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 WIRE-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 WIRE 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.

8.12 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 233.

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.

Nachdem Sie Ihre Bibliotheken durchsucht haben entweder über den *Bibliotheken*-Zweig der Baum-Ansicht im Control Panel oder mit der Suchfunktion des ADD-Befehls im Layout-Editor (nur hier, nicht im Schaltplan-Editor, kann man nach Packages suchen) kann man das Package direkt aus dem Control Panel mit Drag&Drop in die Bibliothek einfügen. Alternativ kann man auch den PACKAGE-Befehl verwenden.

Öffnen Sie 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*.

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
```

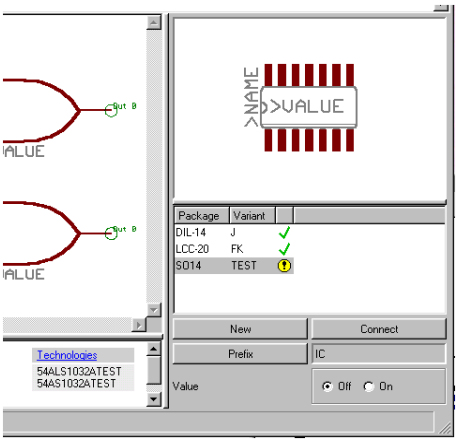
Oder beispielsweise mit Pfadangabe (wenn notwendig):

```
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 kopieren, dann editieren, und anschließend im Device als neue Variante verwenden.

Package kopieren

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*.

Mit dem COPY-Befehl

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.

Im Control Panel

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.

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).

8.13 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.

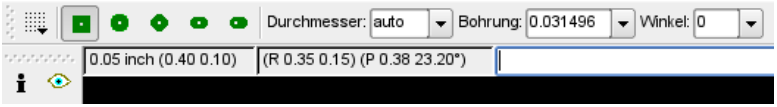
Alternativ kann man direkt mit der Kommandozeile arbeiten:

```
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 Referenzpunktes.

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) ;
```

8.14 Bibliotheken und Bauteile verwalten

Kopieren von Bauteilen

Innerhalb einer Bibliothek

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, CUT 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 CUT-Icon und anschließend mit der linken Maustaste in die Gruppe hinein.
Alternativ geben Sie beim CUT-Befehl in der Kommandozeile einen Bezugspunkt an, also beispielsweise:

```
CUT (0 0) ;
```

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.
Oder geben Sie den Befehl wieder über die Kommandozeile ein:

```
PASTE (0 0) ;
```

So haben Sie das Element kopiert und können es nach Ihren Wünschen weiter editieren.

Die Koordinatenangabe bei CUT und PASTE kann auch dazu verwendet werden, die Gruppe um einen definierten Betrag im Koordinatensystem zu verschieben. Das kann beispielsweise bei Objekten, die nicht im richtigen Raster gezeichnet wurden, interessant sein.

> *Die beschriebene Vorgehensweise funktioniert genauso mit Symbolen!*
> *Devices können innerhalb einer Bibliothek nicht kopiert werden!*

Von einer Bibliothek in eine andere

Devices

Befindet sich in einer Bibliothek ein passendes Device-Set, das Sie in Ihre aktuelle Bibliothek übernehmen wollen, kann man es auf zwei verschiedene Weisen kopieren.

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

Da Symbole in der Baum-Ansicht des Control Panels nicht angezeigt werden, kann man sie von da aus nicht in ein Bibliotheks-Editor-Fenster kopieren.
Symbole werden von einer Bibliothek in eine andere genauso kopiert, wie man es auch innerhalb einer Bibliothek machen würde. Also mit den Befehlen GROUP, CUT und PASTE (siehe vorherigen Abschnitt).

Der einzige Unterschied zum Kopieren innerhalb einer Bibliothek liegt darin, dass man nach CUT und Klick in die Gruppe über *Datei/Öffnen* die andere Bibliothek öffnen muss. Anschließend legt man ein neues Symbol an, das denselben oder auch einen anderen Namen wie bisher haben darf.

In Kürze:

- Öffnen der Quell-Bibliothek und EDITieren des Symbols
- DISPLAY ALL um alle Layer darzustellen
- Mit GROUP ALL alle Objekte selektieren
- CUT und ein Linksklick mit der Maus auf die Gruppe, um einen Bezugspunkt zu setzen
- Öffnen der Ziel-Bibliothek über *Datei/Öffnen*
- Editieren eines neuen Symbols
- Mit PASTE platzieren
- Bibliothek speichern

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.

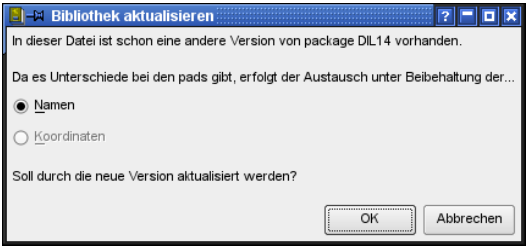
Wird das Package bereits in einem Device verwendet und ändert sich entweder die Position oder der Name eines oder mehrerer Pads bzw. SMDs, kommt es zu einem Hinweis, in welcher Weise die Lötflächen ersetzt werden. Dieser Vorgang kann auch abgebrochen werden. In diesem Fall bleibt das Package unverändert.

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

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 Device 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 261.

Diese
Seite
wurde
absichtlich
leer
gelassen.

Kapitel 9
Erstellen der Fertigungsunterlagen

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 Board-Datei weitergeben und sich nicht um das Erstellen der Fertigungsdaten kümmern müssen. Eine Auswahl solcher Unternehmen finden Sie zum Beispiel auf unseren Internet-Seiten.

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.

Auf CadSofts Internet-Seiten und in Ihrer EAGLE-Installation bzw. auch auf der aktuellen EAGLE-CD-ROM 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.

9.1 Welche Daten braucht man zur Platinenfertigung?

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.

Zusätzlich benötigt er eine separate Datei mit Bohrdaten.

Will man eine Prototyp-Platine fräsen, müssen die Fräskonturen zuerst berechnet und dann für die Maschine geeignet ausgegeben werden.

Soll die Platine automatisch bestückt oder getestet werden, benötigt man weitere Daten in geeigneten Formaten.

Auch eine Stückliste oder eine Legende mit der Zuordnung von Bohrsymbol zu Bohrdurchmesser kann nützlich sein.

Gerber-Plotdaten

Plotdaten für die Platinenherstellung werden meist im Gerber-Format erzeugt. Das Gerber-Format gibt es in verschiedenen Dialekten, wobei derzeit das sogenannte *Extended-Gerbe*r-Format oder auch *Gerber-RS-274X* (kurz nur *RS-274X)* am gebräuchlichsten ist. Im CAM-Prozessor verwendet man dafür den Treiber (*Device*) *GERBER_RS274X.*

Es kann auch sein, dass der Leiterplattenhersteller mit dem etwas älteren Format *RS-274D* arbeitet. In diesem Fall muss man im CAM-Prozessor die Treiber *GERBERAUTO* und *GERBER* zur Datenerstellung verwenden.

Gerberdaten bestehen im Prinzip aus zwei Teilen:
Aus einer sogenannten *Blendentabelle* oder auch *Wheel*-Datei (eine besondere Werkzeugtabelle) und den eigentlichen Plotdaten, die die Koordinaten und Angaben über die Verfahrwege des Gerber-Plotters enthalten.

Die Gerber-Treiber des CAM-Prozessors haben eine Auflösung von 1/10.000 inch (Datenformat: 2.4, inch).
Ausnahme sind die beiden Devices *GERBERAUTO_23* und *GERBER_23*. Diese verwenden eine geringere Auflösung von 1/1.000 inch (Datenformat 2.3).

> *Informieren Sie sich vorher beim Platinenlieferanten welches Gerber-Format er bevorzugt. Das für Sie bequemere ist Extended-Gerber.*

GERBER_RS274X

Dieser Treiber erzeugt das Extended-Gerber-Format (RS-274X) und vereinigt Blendentabelle und zugehörige Plotdaten in einer gemeinsame 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.

GERBERAUTO und GERBER

Das etwas ältere RS-274D-Format benötigt eine separate Blendentabelle für alle Gerberdateien, die für eine Platine erzeugt werden sollen.

Zuerst lässt man mit dem Treiber *GERBERAUTO* die Blendentabelle (Wheel-Datei) erzeugen. Dabei handelt es sich um die Werkzeugtabelle, die Form und Größe der Blenden (Werkzeuge) des Gerber-Plotters definiert. In dieser Tabelle müssen alle Blendendefinitionen enthalten sein, die anschließend beim Erzeugen der einzelnen Gerber-Dateien benötigt werden.
Beim anschließenden Ausgeben der einzelnen Gerberdateien mit dem Device

GERBER verweist man auf die zuvor mit dem Treiber *GERBERAUTO* erstellte Blendentabelle.

Bohrdaten

Die Erstellung von Bohrdaten entspricht in vielem der Ausgabe von Plotdaten. Als Ausgabetreiber kommen im CAM-Prozessor üblicherweise die Formate *Excellon* oder *Sieb&Meyer 1000* bzw. *3000* zum Einsatz. *Excellon* ist das gebräuchlichste Format.

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 283.

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 Standardauflösung des Treibers beträgt 1/10.000 inch. Es werden keine führenden Nullen ausgegeben (Datenformat: 2.4, inch).

EXCELLON_RACK

Diesen Treiber verwendet man, wenn die Bohrertabelle und die Bohrkoordinaten auf Wunsch des Leiterplattenherstellers in separaten Dateien sein sollen. In älteren EAGLE-Versionen war dieses Verfahren Standard.

Man erstellt zunächst im Layout-Editor mit dem ULP *drillcfg.ulp* eine Bohrertabelle (Rack-Datei) und verweist im CAM-Prozessor bei der Ausgabe der Bohrdaten auf diese Tabelle. Der Leiterplattenhersteller erhält in diesem Fall die Bohrerkonfigurationsdatei und die Datei mit den Bohrkoordinaten.

Unterscheiden Sie zwischen durchkontaktierten und nicht-durchkontaktierten Bohrungen, müssen Sie eine Bohrertabelle und zwei Dateien mit Bohrkoordinaten (einmal für Drills, einmal für Holes) weitergeben.

SM1000 und SM3000

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.

Die Datenausgabe funktioniert genauso wie mit *EXCELLON_RACK*. Zuerst erzeugt man mit *drillcfg.ulp* eine Bohrertabelle, anschließend mit dem CAM-Prozessor unter Angabe der Bohrertabelle die Bohrdaten.

Weitere Bohrdaten-Treiber

Der CAM-Prozessor stellt noch zwei weitere Treiber zur Erzeugung von Bohrdaten zur Verfügung:
GERBDRL erzeugt Gerber-Drill-Code. Auch hier braucht man eine separate Bohrertabelle (RUN drillcfg.ulp).
SMS68 ist ein weiterer Treiber bei dem die Ausgabe in einem an HPGL angelehnten Format erfolgt.

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.

outlines.ulp

Ein einfaches ULP zur Fräsdatenberechnung ist *outlines.ulp*. Starten Sie das ULP mit dem RUN-Befehl. Geben Sie im ULP-Dialog den Layer an, für den die Fräsdaten erzeugt werden sollen, wählen Sie einen Wert für den Durchmesser des Fräswerkzeugs (*Width*) und bestimmen Sie das Ausgabeformat (*Script* oder *HPGL*).
Mit der *Script*-Option kann man die Konturdaten über den SCRIPT-Befehl ins Board importieren. So kann man im Layout-Editor die berechneten Konturen überprüfen und, wenn nötig, modifizieren.
Anschließend gibt man den Layer, in dem die Verfahrwege gezeichnet wurden, über den CAM-Prozessor, beispielsweise mit dem Treiber *HPGL* oder *PS* (Postscript) oder mit einem der Gerber-Treiber, aus.

Weitere Informationen zu *outlines.ulp* finden Sie in der EAGLE-Hilfe-Funktion unter dem Stichwort *Konturdaten*.

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 HPGL-Daten ausgeben (weitere Formate sind geplant) 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.

Film-Erstellung mit PostScript-Dateien

Eine qualitativ hochwertige Alternative zu Gerber ist die Erzeugung von Daten für Postscript-fähige Raster-Plotter. Der belichtete Film dient dann als Vorlage für die Belichtung der Platine.

Der CAM-Prozessor erzeugt mit dem Treiber *PS* Dateien im PostScript-Format, die direkt von einschlägigen Service-Unternehmen, die meist im Druckbereich angesiedelt sind, verarbeitet werden können.

Für PostScript-Belichter sind im CAM-Prozessor die Werte *Höhe* und *Breite* sehr groß (z. B. 100 x 100 [inch]) zu wählen, damit die Zeichnung nicht auf mehrere Seiten aufgeteilt wird.

Zur Ausgabe der einzelnen Filme werden die entsprechenden Layer (genauso wie bei der Gerber-Ausgabe) eingeblendet und in Dateien ausgegeben. Die Daten werden dann an den Belichtungsservice geschickt.

Filme, die sich auf die Bottom-Seite beziehen, sind in der Regel gespiegelt auszugeben (Option *Spiegeln* im CAM-Prozessor). Damit erreicht man, dass die Schichtseite der Folie direkt auf der zu belichtenden Kupferschicht zu liegen kommt.

Der Treiber *EPS* erzeugt Encapsulated-PostScript-Files, die Sie in Desktop-Publishing-Programmen weiter verwenden können.

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.

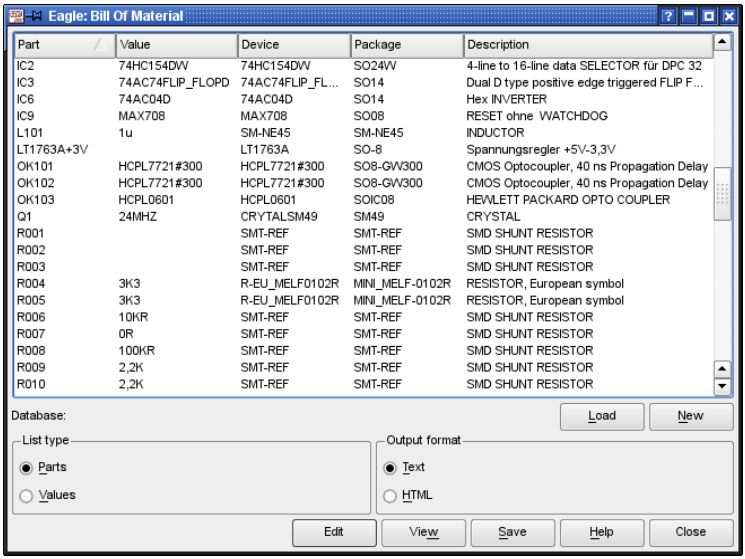
Eine Vielzahl von User-Language-Programmen finden Sie im Internet unter http://www.cadsoft.de/download.htm, ULP-Verzeichnis.

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.



Part	Value	Device	Package	Description
IC2	74HC154DW	74HC154DW	SO24W	4-line to 16-line data SELECTOR für DPC 32
IC3	74AC74FLIP_FLOPD	74AC74FLIP_FL...	SO14	Dual D type positive edge triggered FLIP F...
IC6	74AC04D	74AC04D	SO14	Hex INVERTER
IC9	MAX708	MAX708	SO08	RESET ohne WATCHDOG
L101	1u	SM-NE45	SM-NE45	INDUCTOR
LT1763A+3V		LT1763A	SO-8	Spannungsregler +5V-3,3V
OK101	HCPL7721#300	HCPL7721#300	SO8-GW300	CMOS Optocoupler, 40 ns Propagation Delay
OK102	HCPL7721#300	HCPL7721#300	SO8-GW300	CMOS Optocoupler, 40 ns Propagation Delay
OK103	HCPL0601	HCPL0601	SOIC08	HEWLETT PACKARD OPTO COUPLER
Q1	24MHZ	CRYTALSM49	SM49	CRYSTAL
R001		SMT-REF	SMT-REF	SMD SHUNT RESISTOR
R002		SMT-REF	SMT-REF	SMD SHUNT RESISTOR
R003		SMT-REF	SMT-REF	SMD SHUNT RESISTOR
R004	3K3	R-EU_MELF0102R	MINI_MELF-0102R	RESISTOR, European symbol
R005	3K3	R-EU_MELF0102R	MINI_MELF-0102R	RESISTOR, European symbol
R006	10KR	SMT-REF	SMT-REF	SMD SHUNT RESISTOR
R007	0R	SMT-REF	SMT-REF	SMD SHUNT RESISTOR
R008	100KR	SMT-REF	SMT-REF	SMD SHUNT RESISTOR
R009	2,2K	SMT-REF	SMT-REF	SMD SHUNT RESISTOR
R010	2,2K	SMT-REF	SMT-REF	SMD SHUNT RESISTOR

➢ ***bom.ulp: Dialog-Fenster***

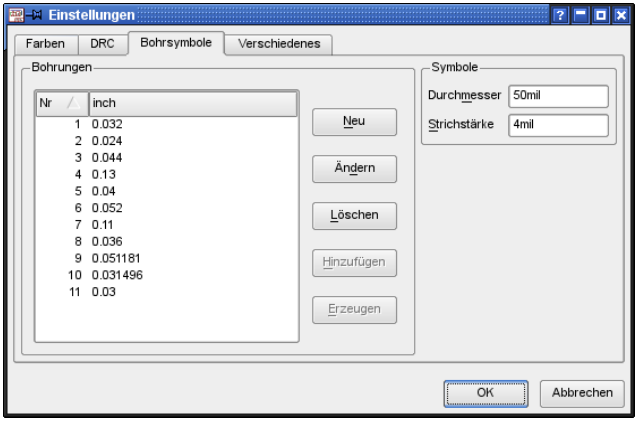
Es ist möglich, zusätzliche Informationen aus einer Datenbankdatei in die Stückliste zu importieren (*Laden*) oder eine neue Datenbank mit eigenen Eigenschaften (z. B. Hersteller, Lagernummer, Materialnummer, Preis) zu erzeugen (*Neu*).
Weitere Details zur aktuellen Version des ULPs erfahren Sie über 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.usr* unter Windows bzw. in *.eaglrc* unter Linux und Mac gespeichert.

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.

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 0,2 mm vermeiden.
- Üblicherweise wird im Layer 20 *Dimension* eine geschlossene Platinenkontur gezeichnet, die als Maß für die Platine verwendet wird. Man könnte auch Winkel an den Ecken der einzelnen Signallayer einzeichnen. Klären Sie mit dem Leiterplattenhersteller, was bevorzugt wird.
- Wenn Ihre Platine Ausfräsungen hat, klären Sie bitte mit dem Leiterplattenhersteller, in welchem Layer diese gezeichnet werden sollen. Siehe auch Seite 282.
- Grundsätzlich sollten Sie mindestens einen 2 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. Bei Versorgungslagen von Multilayer-Platinen, die invertiert geplottet werden, erreichen Sie das, indem Sie einen Wire am Rand der Platine einzeichnen.

- 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 Datenausgabe im Schnelldurchgang

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.

Falls Sie mit dem CAM-Prozessor noch nicht so vertraut sind, blättern Sie bitte zurück zum Kapitel *Der CAM-Prozessor* auf Seite 76. Dort werden die Grundlagen vermittelt.

> *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

Das ist der Standard-Job zum Erzeugen von Fertigungsdaten im Extended-Gerber-Format (RS274X).

So gibt man die Daten aus:

- Starten Sie den CAM-Prozessor (zum Beispiel über das Menü *Datei/CAM-Prozessor*).

- Falls die Platinendatei noch nicht automatisch geladen wurde, öffnen Sie diese über das Menü *Datei/Öffnen/Board*.
- Laden Sie den vorbereiteten Job *gerb274x.cam*, z. B. über *Datei/Öffnen/Job*.
- Klicken Sie nun auf *Job ausführen*. Es werden fünf Dateien, die Sie an den Leiterplattenhersteller weitergeben müssen, automatisch nacheinander ausgegeben. Jede Gerberdatei enthält die Plotinformationen und die zugehörige Blendendefinition.

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

Falls noch weitere Daten erzeugt werden sollen, z.B. eine Maske für die Lotpaste für SMD-Bauteile, kann der Gerber-Job erweitert werden. Die Vorgehensweise wird später in diesem Kapitel gezeigt.

Job excellon.cam

Die einfachste Methode, Bohrdaten zu erstellen, bietet der mitgelieferte CAM-Job *excellon.cam*. Dieser erzeugt automatisch die Bohrdatei, in die auch die Bohrertabelle integriert wird. Bei der Ausgabe werden die Layer *Drills* und *Holes* nicht unterschieden, sondern gemeinsam ausgegeben. Üblicherweise werden dann alle Bohrungen metallisiert.

Gehen Sie folgendermaßen vor:

- Starten Sie den CAM-Prozessor (zum Beispiel über das Menü *Datei/CAM-Prozessor*).
- Laden Sie die Platine mit *Datei/Öffnen/Board*, sofern sie beim Start nicht schon automatisch geladen wurde.

- Laden Sie den mitgelieferten Job *excellon.cam*, z. B. über *Datei/Öffnen/Job*.
- Klicken Sie nun auf *Job ausführen*. Die Bohrdaten werden erstellt.

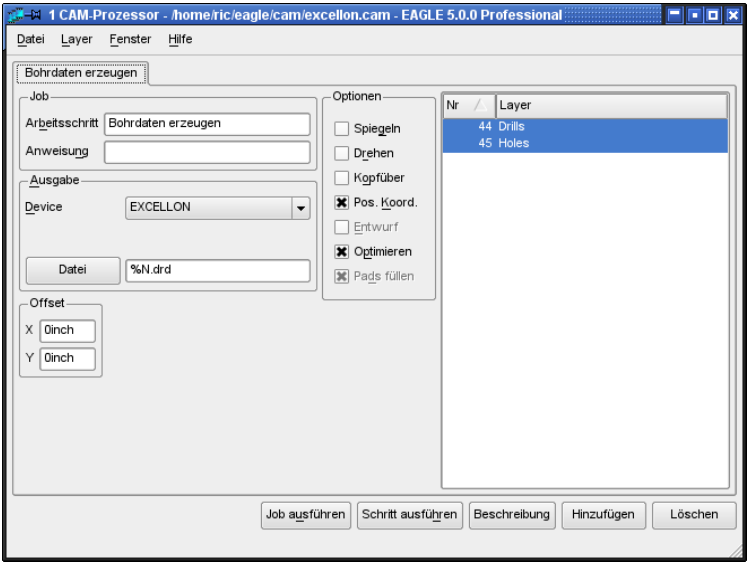
> *Excellon.cam unterscheidet nicht ob die Bohrungen durchkontaktiert (Drills) oder nicht durchkontaktiert (Holes) werden sollen!*

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 295.



➢ ***CAM-Prozessor: Bohrdaten erzeugen mit dem Job excellon.cam***

Diese
Seite
wurde
absichtlich
leer
gelassen.

Diese
Seite
wurde
absichtlich
leer
gelassen.

Job gerber.cam

Wenn der Leiterplattenhersteller das Extended-Gerber-Format nicht verarbeiten kann und Gerberdaten mit separater Blendentabelle haben will, verwenden Sie den Job *gerber.cam*. Dieser arbeitet mit den Treibern *GERBERAUTO* und *GERBER*, um die Daten im Format RS-274D zu erzeugen.

So gibt man die Daten aus:

- Starten Sie den CAM-Prozessor (zum Beispiel über das Menü *Datei/CAM-Prozessor* oder das CAM-Prozessor-Icon im Layout-Editor).
- Falls die Platinendatei noch nicht automatisch geladen wurde, öffnen Sie diese über das Menü *Datei/Öffnen/Board*.
- Laden Sie den vorbereiteten Job *gerber.cam*, z. B. über *Datei/Öffnen/Job*.
- Klicken Sie nun auf *Job ausführen*. Es werden sechs Dateien, die Sie an den Leiterplattenhersteller weitergeben müssen, automatisch nacheinander ausgegeben. Fünf Gerberdateien mit Plotinformationen und die zugehörige Blendentabelle.
- Im ersten Schritt wird automatisch eine Blendentabelle *%N.whl* erzeugt. Es erscheinen zwei Meldungen, die sie mit *OK* bestätigen.

➢ ***Meldungen beim gerber.cam***

Die linke Meldung wird durch den Eintrag im Feld *Anweisung* erzeugt, und erinnert Sie, die temporäre Datei *$N.$$$*, die beim Generieren der Blendentabelle entsteht aber nicht benötigt wird, nachher zu löschen.
Die rechte Meldung weist darauf hin, dass mehrere Signallagen gleichzeitig aktiv sind. Üblicherweise ist bei der Ausgabe nur eine Signallage aktiv. Im Falle der Wheel-Erzeugung müssen aber alle Layer gleichzeitig aktiv sein, um eine gemeinsame Blendentabelle für alle Gerberdateien zu erhalten.

Folgende Dateien werden erzeugt:

%N.whl	***Blendentabelle***
%N.cmp	***Bestückungsseite***
%N.sol	***Lötseite***

%N.plc	***Bestückungsdruck***
%N.stc	***Lötstoplack Bestückungsseite***
%N.sts	***Lötstoplack Lötseite***
%N.$$$	***Temporäre Datei, bitte löschen***
%N.gpi	***Infodatei, hier nicht relevant***

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***
Sonderfall: Innenlagen als Supply-Layer (Beispiel: Layer2 $GND, Layer15 $VCC)			
❑	*%N.ly2*	***2 $GND***	***Versorgungslage $GND***
	.....	***.....***	***....***
❑	*%N.l15*	***15 $VCC***	***Versorgungslage $VCC***
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.**drl***	***44 Drills, 45 Holes***	***Alle Bohrungen***
Bei Unterscheidung von durchkontaktiert und nicht-durchkontaktiert			
❑	*%N.**drl***	***44 Drills***	***Durchkontaktierte Bohrungen***
❑	*%N.**hol***	***45 Holes***	***Nicht durchkon-taktierte 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!

Bitte beachten Sie, dass bei Innenlagen ein Unterschied zwischen normalen Signallagen und Supply-Layern besteht:
Einfache Innenlagen (evtl. mit Polygonen als Kupferflächen) werden wie Top oder Bottom behandelt, also mit den Layern Pads und Vias gemeinsam ausgegeben! Supply-Layer hingegen werden ohne weitere Layer ausgegeben!

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?

Einfache Innenlagen

Die normalen Innenlagen werden genauso behandelt wie die äußeren Signallagen. Mit dem Signallayer werden immer 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!*

Supply-Layer

Bei einem Supply-Layer, zum Beispiel $GND, dürfen die Layer *Pads* und *Vias* nicht aktiviert werden. Im Supply-Layer werden automatisch Isolationsringe, sogenannte Annulus-Symbole, und Thermalanschlüsse generiert. Diese haben nichts mit den Pads und Vias in den normalen Signallagen zu tun. Der Supply-Layer wird invertiert dargestellt und auch so ausgegeben.

> *Supply-Layer werden **niemals** mit Pads und Vias 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.

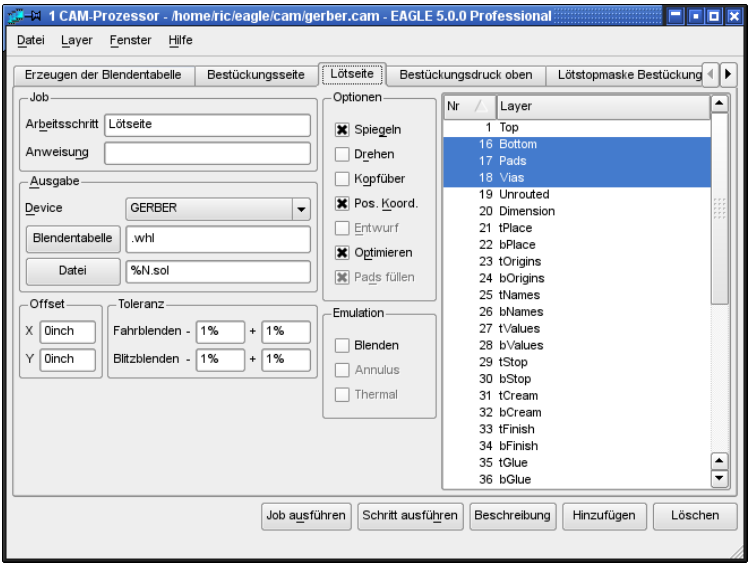
Sofern Sie nicht den EXCELLON-Treiber verwenden, bekommt der Leiterplattenhersteller zusätzlich die Bohrertabelle *name.drl*, die über *drillcfg.ulp* erzeugt wurde.

9.6 Ausgabe-Parameter einstellen

Dieser Abschnitt beschreibt, welche Einstellungen für die Ausgabe einer Platine oder eines Schaltplans im CAM-Prozessor getroffen werden können.

Laden Sie eine Schaltplan- oder Board-Datei über das Menü *Datei/Öffnen* des CAM-Prozessors, und treffen Sie die gewünschten Einstellungen.

Das CAM-Prozessor-Fenster ist in verschiedene Bereiche (*Ausgabe*, *Job*, *Optionen*, *Layer*, *Offset* usw.) unterteilt. Manche Bereiche, wie *Emulation*, *Toleranz*, *Stift*, und *Seite*, sind nur für bestimmte Treiber oder Dateien relevant und werden nur bei Bedarf angezeigt.



➢ ***CAM-Prozessor: gerber.cam, Arbeitsschritt Lötseite***

Ausgabe:

- Wählen sie unter *Device* den Treiber für das gewünschte Ausgabegerät bzw. Ausgabeformat.
- Wählen Sie über die Schaltfläche *Datei* Name und Pfad der Ausgabedatei.
  Wollen Sie eine Datei auf ein bestimmtes Laufwerk ausgeben, stellen Sie die Laufwerksbezeichnung bzw. den Pfad der Endung voran, also z. B. *d:\%N.cmp* für die Ausgabe der Datei *boardname.cmp* in das Wurzelverzeichnis des Laufwerks *D* unter Windows. Für die Linux-

oder Mac-Version gilt das ebenfalls, also z. B. */dev/hdc2/%N.cmp*, um die Datei auf Laufwerk *hdc2* auszugeben.
%H kann als Platzhalter für das Home-Verzeichnis verwendet werden, *%P* für den Verzeichnispfad der geladenen Datei.
Soll direkt an einen Plotter ausgegeben werden, geben Sie den Namen der Druckerqueue, die mit der entsprechenden Schnittstelle des Rechners verbunden ist, in UNC-Schreibweise an, z. B. *\\Servername\Plottername*.

- Je nach gewähltem Device kann nach einer *Blendentabelle* oder nach einer *Bohrertabelle* gefragt werden. Wählen Sie dann den Pfad zur Datei über die Schaltfläche aus.

Layer-Auswahl:

- Wählen Sie die Layer, für die eine gemeinsame Datei erzeugt werden soll. Klicken Sie dazu auf die Layernummern in der Liste.
  Über das Menü *Layer/Alle abwählen* kann man zunächst alle Layer deaktivieren.
  Mit *Layer/Ausgewählte zeigen* werden, im Gegensatz zu *Alle zeigen*, nur die aktuell ausgewählten gezeigt.
- Bei manchen Treibern (HPGL, spezielle Plotter) ist es möglich, in einer zusätzlichen Spalte *Color* eine Farbnummer beziehungsweise eine Stiftnummer zu wählen.

Optionen:

- *Spiegeln:* Ausgabe spiegeln.
  Es kann sinnvoll sein die Ausgaben, die sich auf die Unterseite der Platine gespiegelt auszugeben.
- *Drehen*: Die Zeichnung wird um 90 Grad gedreht.
- *Kopfüber*: Die Zeichnung wird um 180 Grad gedreht.
  Zusammen mit *Drehen* wird die Zeichnung um insgesamt 270 Grad gedreht.
- *Pos. Koord.*: Verhindert negative Koordinaten bei der Ausgabe.
  Die Zeichnung wird an die Koordinatenachsen herangeschoben, auch wenn sie schon im positiven Koordinatenbereich ist. Negative Koordinaten führen bei vielen Peripheriegeräten zu Fehlern! Diese Option sollte standardmäßig immer eingeschaltet sein.
  Schaltet man die Option aus, werden die Koordinaten aus dem Layout-Editor unverändert übernommen.
- *Entwurf*: Beschleunigte Ausgabe, bei der nur die Umrisse von Objekten erscheinen. Diese Option ist nur bei bestimmten Treibern (HPGL, verschiedene Plotter) einstellbar.
- *Optimieren*: Mit dieser Option schalten Sie die Wegoptimierung für die Plotterausgabe ein oder aus. Sie sollte immer eingeschaltet sein.

- *Pads füllen*: Diese Option ist immer eingeschaltet. Nur bei den Treibern PS und EPS ist es möglich, diese Option zu deaktivieren. Die Bohrlöcher sind dann in den Pads

  und

  Vias sichtbar (so wie beim Ausdruck mit PRINT).

Job:

- Wenn Sie einen CAM-Job definieren, der aus mehreren Schritten besteht, ist es sinnvoll, die einzelnen Schritte zu benennen. In der Zeile *Arbeitsschritt* kann man einen Namen vergeben, der oben im Tab angezeigt wird.
  Vergeben Sie beispielsweise für einen Arbeitsschritt den Namen *Blendentabelle: Erzeugen der Blendenkonfigurationsdatei*, wird nur der Teil vor dem Doppelpunkt als Tab-Name verwendet.
- *Anweisung* kann man mit einem Text versehen, wenn man vor dem Ausführen des aktuellen Schrittes eine Meldung ausgeben möchte. Zum Beispiel *Bitte neues Blatt einlegen*. Erst wenn diese Meldung bestätigt wird, geht die Ausgabe weiter.

Offset:

- Offset auf einem Blatt in x- und y-Richtung.
  Es können Werte in Inch oder Millimeter eingegeben werden, zum Beispiel `15mm` oder `0.5inch`.

Toleranz:

- Toleranzen für *Fahrblenden* und *Blitzblenden* sind für die Gerber-Treiber notwendig, die eine Blendentabelle verwenden (*GERBER*, *GERBER_23*). Üblicherweise gibt man 1% in allen Feldern an. Damit kompensiert man kleine Rundungsfehler in der Tabelle, die beim Umrechnen von Inch in Millimeter und umgekehrt entstehen können.
- Bei Treibern für die Bohrdatenerzeugung mit separater Bohrertabelle erscheint das Feld *Bohrung*. Hier gibt man eine Toleranz an, die eventuelle Rundungsfehler beim Konvertieren von Inch in Millimeter und umgekehrt in der Tabelle kompensiert. Es hat sich der Wert von ± 2.5% bewährt.

Emulation:

- Wird die Emulation für *Blenden* aktiviert, nimmt das Programm kleinere Blenden, um die Werte, die nicht in der Blendentabelle vorhanden sind, zu emulieren. Plot-Zeiten und -Kosten steigen, deshalb sollte man die Blenden-Emulation vermeiden, wenn es geht.
- *Thermal*- bzw. *Annulus*-Blenden in Supply-Layern werden mit Fahrblenden emuliert, wenn auch die Optionen *Thermal* bzw. *Annulus* gewählt sind.

- Bögen mit geraden Enden (CHANGE CAP FLAT) werden bei der Gerber-Ausgabe immer emuliert ausgegeben, also durch dünne kurze Linien gezeichnet.
  Bögen mit runden Enden nicht (CHANGE CAP ROUND).
- Auskunft darüber, ob und welche Blenden emuliert wurden, gibt die Infodatei *name.gpi*.

> *Enthält das Layout in beliebigen Winkeln gedrehte Bauteile, muss die Emulation aktiviert werden. Bestimmte Padformen müssen mit einer kleineren runden Blende gezeichnet werden.*

Blatt:

- Angabe der *Höhe* und *Breite* des zu bedruckenden Blattes standardmäßig in Inch. Die Angabe ist auch in Millimeter möglich, zum Beispiel `297mm`.

Stift:

- Der *Durchmesser* des Plotter-Stiftes wird hier in Millimeter angegeben.
- Für Plotter, die verschiedene Stift-*Geschwindigkeit*en unterstützen, kann eine Angabe in cm/s erfolgen. Wird kein Wert gewählt, gilt die Standardeinstellung des Plotters.

Seite:

- Wählen Sie die *Seite* des Schaltplans, die ausgegeben werden soll.

9.7 Automatisierte Ausgabe mit CAM-Prozessor-Jobs

Neuen CAM-Job definieren

Ein CAM-Job besteht aus einem oder mehreren Schritten, die es erlauben beispielsweise einen vollständigen Satz Fertigungsdaten für eine Platine mit wenigen Mausklicks automatisch erstellen zu lassen. Unter einem Schritt versteht man einen Satz von Einstellungen, wie im vorherigen Abschnitt *Ausgabe-Parameter einstellen* beschrieben, der die Ausgabe einer Datei definiert.

So definieren Sie einen Job:

- Starten Sie den CAM-Prozessor.
  Es wird zunächst kein Job geladen, außer es existiert eine Datei mit dem Namen *eagle.cam* im *cam*-Verzeichnis oder ein bestehender Job wird über eine Projektdatei automatisch gestartet.
- Falls noch nicht geschehen, laden Sie eine Boarddatei, für die der Job erstellt werden soll (auch mit Schaltplänen möglich).

- Als Basis laden Sie am besten einen bereits bestehenden Job, zum Beispiel *gerb274x.cam,* über das Menü *Datei/Öffnen/Job* im CAM-Prozessor.
- Speichern Sie diesen Job unter einem neuen Namen über *Datei/Job Speichern*. So bleibt der ursprüngliche Job unverändert.
- Klicken Sie auf die Schaltfläche *Hinzufügen*.
  Es wird dabei der bisher aktuelle Schritt mit seinem vollständigen Parametersatz kopiert.
- Tragen Sie im Feld *Arbeitsschritt* einen neuen Namen ein.
- Falls Sie das wünschen, tragen Sie für den Arbeitsschritt im Feld *Anweisung* eine Meldung ein, die vor der Ausführung auf dem Bildschirm erscheinen soll.
- Stellen Sie einen kompletten Parametersatz ein, also den Ausgabetreiber (*Device*), die Layer, die ausgegeben werden sollen, das Ausgabeziel (*Datei)*, ggf. einen *Skalierungsfaktor* und die Optionen (*Spiegeln, Drehen, Kopfüber...*).
- Definieren Sie weitere Schritte auf die gleiche Weise.
  Ganz wichtig: Zuerst mit *Hinzufügen* neuen Schritt anlegen, dann die Parameter einstellen.
- *Löschen* Sie einen Arbeitsschritt, falls erforderlich.
- Speichern Sie alle Schritte als einen gemeinsamen Job mit einem von Ihnen gewählten Namen über das Menü *Datei/Job speichern...*

Alle Schritte eines Jobs werden nacheinander ausgeführt, wenn Sie auf die Schaltfläche *Job ausführen* klicken.
Wenn Sie auf *Schritt ausführen* klicken, wird nur der angezeigte Schritt ausgeführt.

Die Schaltfläche *Beschreibung* erlaubt eine Beschreibung des gesamten CAM-Jobs. Diese wird im Control Panel angezeigt.

Job gerber.cam für Multilayer-Platinen erweitern

Für Multilayer-Platinen kann man als Grundlage den Job *gerber.cam* verwenden. Man erweitert ihn einfach um die zusätzlichen Innenlagen.

Beispiel:
Sie wollen eine Platine mit SMD-Bestückung auf der Top- und Bottom-Seite, einer Versorgungslage $GND in Layer 2 und einer weiteren Innenlage mit einem Polygon VCC in Layer 15 (der in VCC umbenannt wurde) ausgeben.
Sie brauchen den Bestückungsdruck für Ober- und Unterseite, Lötstopmaske und Lotpastenmaske für beide Seiten.

Bevor Sie beginnen, den Job zu verändern, speichern Sie diesen unter neuem Namen über das Menü *Datei/Job speichern...*

Gehen Sie so vor, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben.

Folgende Schritte sollte der CAM-Job dann enthalten:

Neu	***Ausgabe-datei***	***Ausgewählte Layer***	***Bezeichnung***
☑*	*%N.$$$*	***1, 2, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 25, 26, 29, 30, 31, 32***	Blendentabelle .whl erzeugen * modifiz. Layerwahl
	%N.cmp	***1 Top, 17 Pads, 18 Vias***	Bestückungsseite
☑	*%N.ly2*	***2 $GND***	Supply-Layer
☑	*%N.l15*	***15 VCC, 17 Pads, 18 Vias***	Innenlage 15
	%N.sol	***16 Bottom, 17 Pads, 18Vias***	***Lötseite***
	%N.plc	***21 tPlace, 25 tNames, 20 Dimension***	***Bestückungsdruck oben***
☑	*%N.pls*	***22 bPlace, 26 bNames 20 Dimension***	***Bestückungsdruck unten***
	%N.stc	***29 tStop***	***Lötstopmaske oben***
	%N.sts	***30 bStop***	***Lötstopmaske unten***
☑	*%N.crc*	***31 tCream***	***Lotpastenmaske oben***
☑	*%N.crs*	***32 bCream***	***Lotpastenmaske unten***

Prüfen Sie jetzt nochmal, ob alle benötigten Layer zur Erzeugung der Blendentabelle im ersten Schritt aktiv sind. Die Ausgabedatei, die im ersten Schritt erzeugt wird, kann nicht genutzt werden. Darum sollte die Datei *boardname.$$$* gelöscht werden.

In den vordefinierten Jobs werden alle Lagen, die sich auf die Platinenunterseite beziehen, gespiegelt ausgegeben. Sollte Ihr Leiterplatten-Hersteller nicht gespiegelte Ausgaben bevorzugen, deaktivieren Sie die Option *Spiegeln* in allen Schritten Ihres Jobs.

> *Bei der Ausgabe der Versorgungslage (hier $GND) darf nur der Signallayer eingeblendet werden! Keine Pads, keine Vias!*
> *Bei anderen Innenlagen, die z. B. Polygone enthalten können, müssen hingegen die Layer Pads und Vias aktiviert werden!*

Fehlermeldung: Blenden fehlen

Sollte beim Starten des erweiterten CAM-Jobs die Fehlermeldung *BLENDEN FEHLEN - ES WURDE KEINE AUSGABEDATEI ERZEUGT* erscheinen, finden Sie in der Gerber-Infodatei *boardname.gpi* Informationen über die Ursache des Problems.
Möglicherweise sind nicht alle notwendigen Blenden definiert oder konnten aufgrund fehlender Toleranzangaben nicht gefunden werden. Haben Sie im Schritt *Blendentabelle erzeugen* auch wirklich alle benötigten Layer aktiviert?

Es könnte auch sein, dass Bauteile mit nicht runden Pads in beliebig gedrehten Winkeln im Layout vorhanden sind. In diesem Fall muss man die Blendenemulation einschalten.

Gerber-Infodateien

Beim Erzeugen einer Gerber-Datei wird gleichzeitig eine Infodatei mit der Dateiendung *.gpi* erstellt. Diese gibt unter anderem Auskunft über die verwendeten Blenden und über das Datenformat des Treibers.

Falls Sie einen Job für Gerberdaten definieren, der Dateien mit den Namenserweiterungen wie in der vorherigen Tabelle vorgeschlagen erzeugt, wird die Infodatei bei jedem Schritt überschrieben.

Wenn Sie für jede Ausgabedatei eine eigene Infodatei an Ihren Fotoplot-Service bzw. Leiterplattenhersteller mitschicken sollen, gehen Sie wie folgt vor:

Verwenden Sie den Platzhalter *%I{xxx},* um der Infodatei einen besonderen Namen zu geben. Zum Beispiel:

%N.xxx%I{.info}

Dabei gilt: *%N* steht für den Board-Namen, *xxx* steht für beliebige Zeichen, die die Dateierweiterung beschreiben, *%I{.info}* steht für eine zusätzliche Erweiterung des Dateinamens um *.info* für die Infodatei.

Die ausgegebenen Dateien erhalten dann folgende Namen:

Gerberdatei:	*boardname.xxx*
Infodatei:	b*oardname.xxx.info*

Beispiel:
Es ist die Platine ***myboard.brd*** geladen. Im *Datei*-Feld ist ***%N.cmp%I{.info}*** eingetragen. Die Ausgabedatei heißt ***myboard.cmp***, die Infodatei heißt ***myboard.cmp.info***.

Die Ausgabedateien befinden sich üblicherweise im selben Verzeichnis, wie die Board-Datei.

Bohrdatenerzeugung mit separater Bohrertabelle

Sollen die Bohrdaten in einem anderen Datenformat, zum Beispiel Sieb&Meyer 1000 oder 3000 (*SM1000*, *SM3000*) oder im Excellon mit separater Bohrertabelle (*EXCELLON_RACK*) erzeugt werden, ist es notwendig, zuerst die Bohrertabelle (Rack-File) zu generieren.

Bohrertabelle (Rack-File) erzeugen

Diese Datei wird direkt im Layout-Editor für die Platine mit Hilfe von *drillcfg.ulp* erzeugt (RUN-Befehl) und erhält den Dateinamen *boardname.drl*. Es ist natürlich auch möglich, mit Hilfe des Texteditors eine Bohrertabelle zu definieren.
Bei der Datenausgabe im CAM-Prozessor geben Sie im Feld *Bohrertabelle* nur die Endung *.drl* oder den vollständigen Pfad zur Datei an.

Beispiel für eine Bohrertabelle:

```
T01 0.010
T02 0.016
T03 0.032
T04 0.040
T05 0.050
T06 0.070
```

Maßangaben ohne Einheit werden als Zoll interpretiert. Man kann die Werte auch mit Einheit, z. B. `0.010in` oder `0.8mm` angeben. Kommentare in Bohrertabellen sind mit einem Strichpunkt gekennzeichnet, der entweder am Zeilenanfang steht oder dem ein Leerzeichen vorangeht.

Job für Bohrdatenausgabe definieren

- Starten Sie den CAM-Prozessor.
- Laden Sie den mitgelieferten Job *excellon.cam*.
- Ändern Sie den Ausgabetreiber in *EXCELLON_RACK*, *SM1000* oder *SM3000* und überprüfen Sie die eingestellten Parameter. Es dürfen **nur** die Layer 44 *Drills* und 45 *Holes* aktiv sein! Keine anderen Layer! Eine Übersicht der aktiven Layer erhalten Sie über das Menü *Layer/Ausgewählte zeigen*.

  ☞ Falls Sie durchkontaktierte Bohrungen von nicht-durchkontaktierten Bohrungen explizit unterscheiden wollen, wählen Sie an dieser Stelle nur den Layer 44 *Drills* und fügen nach dem nächsten Punkt mit der Schaltfläche *Hinzufügen* einen weiteren Schritt an, der nur den Layer 45 *Holes* in eine eigene Datei ausgibt.
  Fragen Sie ihren Leiterplattenhersteller, ob das die bevorzugte Methode ist.
- Nach dem Verändern des Ausgabetreibers erscheint die Zeile *Bohrertabelle*. Geben Sie zum Beispiel *%N.drl* an oder klicken Sie auf die Schaltfläche, um den vollständigen Pfad zur Datei zu wählen.

☞ Bei Unterscheidung von durchkontaktiert/nicht-durchkontaktiert: Mit *Hinzufügen* definieren Sie einen neuen Schritt, der nur den Layer 45 *Holes* in eine weitere Bohrdatei mit modifiziertem Namen ausgibt. Eventuell *.ndk* für nicht-durchkontaktiert.

- Speichern Sie den Job mit *Datei/Job speichern* unter einem neuen Namen ab.

> Erlauben Sie für die Auswahl der Bohrdurchmesser eine Toleranz, um Rundungsfehler beim Umrechnen von Inch in Millimeter und umgekehrt zu kompensieren. Es hat sich ein Wert von ± 2.5% als sinnvoll erwiesen.

Drill-Infodatei

Die Datei *name.dri* wird bei jeder Ausgabe mit einem Bohrtreiber erzeugt. Sie enthält eine Liste der verwendeten Bohrer und weitere Informationen zum Datenformat.

Sollte bei der Erzeugung der Bohrdaten die Fehlermeldung *BOHRUNGEN FEHLEN – ES WURDEN KEINE BOHRDATEN ERZEUGT* erscheinen, finden Sie in der Infodatei Hinweise, welche Bohrdurchmesser in der Bohrertabelle nicht gefunden wurden. Ergänzen Sie die Tabelle entsprechend oder prüfen Sie die angegebenen Toleranzen.

Die Datei wird in dasselbe Verzeichnis wie die Ausgabedatei geschrieben. Auf Wunsch kann man sie an den Leiterplattenhersteller weitergeben.

9.8 Treiberdefinition in der Datei eagle.def

Die Treiber für die Ausgabegeräte 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
```

9.9 Gerberdateien für Fotoplotter mit festem Blendenteller

Dieser Abschnitt beschäftigt sich etwas genauer mit der Definition der Blendentabelle. Mancher Leiterplattenhersteller verwendet vielleicht noch einen Gerber-Plotter, der mit festem Blendenteller arbeitet. In diesem Fall muss man die Blendentabelle an die begrenzten Möglichkeiten des Gerber-Plotters anpassen. Dateien für Gerber-Fotoplotter mit festem Blendenteller

werden mit dem Treiber GERBER erstellt. Die vorherige Abstimmung mit dem Leiterplattenhersteller ist dabei unerlässlich, da nur bestimmte Größen für Pads und Leiterbahnen sinnvoll sind. Außerdem muss die für den Plotter passende Blendentabelle von Hand erstellt werden.

Es gibt verschiedene Arten von Blenden. Sie unterscheiden sich in Größe und Form. Allgemein üblich sind: Kreise (Round), Achtecke (Octagon), Quadrate (Square) sowie Spezialsymbole für Thermal- bzw. Annulus-Blenden in Supply-Layern. Zum Zeichnen von Leiterbahnen werden üblicherweise runde Fahrblenden (Draw) verwendet.

Erstellen Sie die Konfigurationsdatei *name.whl* gemäß den Angaben Ihres Service-Unternehmens mit dem EAGLE-Texteditor und laden Sie diese Datei dann im CAM-Prozessor nach der Auswahl des GERBER-Treibers über das Eingabefeld *Blendentabelle*. Siehe auch Abschnitt *Ausgabe-Parameter einstellen* ab Seite 285.

Definieren einer Blendentabelle

Der CAM-Prozessor unterscheidet zwischen Fahrblenden (*Draw*), mit denen z. B. Leitungen gezeichnet werden, und Blitzblenden (*Flash*), mit denen z. B. Lötaugen belichtet werden. Es müssen auf alle Fälle Fahrblenden definiert sein, damit Leitungen gezeichnet werden können. Wenn der Fotoplotter nicht zwischen Fahr- und Blitzblenden unterscheidet, müssen Sie die runden oder achteckigen Blenden zusätzlich als Draw-Blende definieren.

Folgende Blendenarten sind möglich:

Name	**Abmessung**
Draw	Durchmesser
Round	Durchmesser
Square	Seitenlänge
Octagon	Durchmesser
Rectangle	Länge-X x Länge-Y
Oval	Durchmesser-X x Durchmesser-Y
Annulus	Außendurchm. x Innendurchm.
Thermal	Außendurchm. x Innendurchm.

Diese Blendenformen werden im CAM-Prozessor so verwendet:

Draw	zum Zeichnen von Wires und für Blenden-Emulation
Round	für runde Lötaugen
Square	für quadratische Lötaugen und Smds
Octagon	für achteckige Lötaugen mit gleicher X- und Y-Abmessung
Rectangle	für Rechtecke und Smds
Oval	für längliche Lötaugen
Annulus	für Isolationsringe in Versorgungs-Layern
Thermal	für Anschlüsse in Versorgungs-Layern

Beispiel einer Blendentabelle:

```
D001    annulus        0.055 x 0.000
D002    annulus        0.059 x 0.000
D017    annulus        0.063 x 0.000
D020    round          0.004
D033    round          0.059
D040    square         0.004
D052    square         0.059
D054    thermal        0.090 x 0.060
D057    thermal        0.120 x 0.080
D105    oval           0.090 x 0.030
D100    rectangle      0.060 x 0.075
D101    rectangle      0.075 x 0.060
D110    draw           0.004
```

Der D-Code legt die Werkzeugnummer fest, nach mindestens einem Leerzeichen folgt der Blendentyp, dann die Abmessung der Blende.

Angaben ohne Maßeinheit werden standardmäßig als Inch-Wert interpretiert. Die Einheit kann auch angegeben werden, z. B. `0.010in` oder `0.8mm`.

Kommentare in Blendentabellen sind mit einem Strichpunkt gekennzeichnet, der entweder am Zeilenanfang steht oder dem ein Leerzeichen vorangeht.

Blendenemulation

Eine Möglichkeit, eine Gerber-Datei zu erzeugen, obwohl nicht die exakten Blenden vorhanden sind, ist das Zulassen der Blendenemulation. Der CAM-Prozessor wählt dann eine kleinere Blende aus um größere, die nicht in der Blendentabelle vorkommen, damit zu emulieren. Die Emulation verursacht allerdings längere Plotzeiten und damit verbunden höhere Kosten. Deshalb sollte man die Emulation möglichst vermeiden.

Thermal- und Annulus-Symbole in Supply-Layern werden nur emuliert, wenn man die Optionen *Annulus* bzw. *Thermals* aktiviert.

Auskunft über die verwendeten Blenden gibt die Infodatei *name.gpi*.

Diese
Seite
wurde
absichtlich
leer
gelassen.

Kapitel 10
Anhang

10.1 Layer und Ihre Verwendung

Im Layout- und Package-Editor

1	Top	Leiterbahnen oben
2	Route2	Innenlage (Signal- oder Versorgungs-Layer)
3	Route3	Innenlage (Signal- oder Versorgungs-Layer)
4	Route4	Innenlage (Signal- oder Versorgungs-Layer)
5	Route5	Innenlage (Signal- oder Versorgungs-Layer)
6	Route6	Innenlage (Signal- oder Versorgungs-Layer)
7	Route7	Innenlage (Signal- oder Versorgungs-Layer)
8	Route8	Innenlage (Signal- oder Versorgungs-Layer)
9	Route9	Innenlage (Signal- oder Versorgungs-Layer)
10	Route10	Innenlage (Signal- oder Versorgungs-Layer)
11	Route11	Innenlage (Signal- oder Versorgungs-Layer)
12	Route12	Innenlage (Signal- oder Versorgungs-Layer)
13	Route13	Innenlage (Signal- oder Versorgungs-Layer)
14	Route14	Innenlage (Signal- oder Versorgungs-Layer)
15	Route15	Innenlage (Signal- oder Versorgungs-Layer)
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

```
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 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
*.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 erlaubt:

```
-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
-Wxxx   aperture Wheel file
-X-     eXecute CAM Processor
-a-     emulate Annulus
-c+     positive Coordinates
-dxxx   Device (-d? for list)
-e-     Emulate apertures
-f+     Fill pads
-hxxx   page Height (inch)
-m-     Mirror output
-oxxx   Output filename/channel
-pxxx   Pen diameter (mm)
-q-     Quick plot
-r-     Rotate output 90 degrees
-sxxx   Scale factor
-t-     emulate Thermal
-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
-s 1.25

- Option ist standardmäßig ausgeschaltet
+ Option ist standardmäßig eingeschaltet

Beispiel:

-e schaltet Emulation ein
-e+ dto.
-e- schaltet Emulation aus

Flag-Optionen können ohne Wiederholung des Zeichens - aneinander angereiht werden:

-eatm schaltet die Emulation ein, emuliert Annulus- und Thermalblenden und spiegelt die Ausgabe

-ea-t+ schaltet die Emulation ein, emuliert Annulusblenden
NICHT und emuliert Thermalblenden.

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 stellt die Draw-Toleranz auf + 10 % und
               - 5 % ein
```

Hinweise zu den einzelnen Optionen:

-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.

-W **Blenden-Konfigurations-Datei**
Mit dieser Option geben Sie die Blenden-Konfigurations-Datei an.

-X **Kommandozeilen-Version des CAM-Prozessors starten**

-a **Annulus-Symbole emulieren**
Default: aus

-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. 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. Ist sie ausgeschaltet, werden keine Blenden emuliert, auch keine Thermal- und Annulus-Blenden.
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 Parameter -w.

-m **Ausgabe spiegeln:**
Default: aus.

-o **Ausgabe-Datei:**
In diese Datei werden die Daten geschrieben.

-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

-t **Thermalsymbole emulieren:**
Funktioniert nur in Verbindung mit -e+.
Default: aus

-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

Beispiel für den Aufruf von eaglecon.exe:

```
eaglecon -X -dgerber -Wblenden.whl -oplatine.sol
-D-0.1 platine.brd pad via bottom
```

Es wird die Gerberdatei platine.sol erzeugt. Sie enthält Daten der Layer Pads, Vias und Bottom. Die Toleranz der Draw-Blenden darf -10 % betragen. Es dürften also Blenden aus der Blendentabelle blenden.whl verwendet werden, die bis zu 10 % kleiner sind als der exakte Wert.

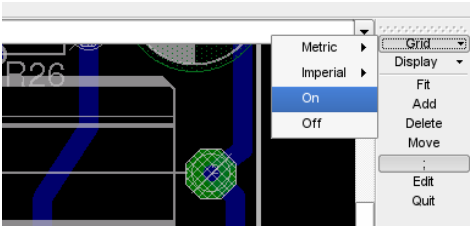
Werte sind mit Dezimalpunkt einzugeben!
Alle Parameter müssen in einer Zeile angegeben werden!

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
#
# This is an example that shows how to set up a complex
# command menu, including submenus and command aliases.
MENU '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.



➢ ***Textmenü aus menu.scr im Layout-Editor***

10.5 Platzhaltertexte

Platzhalter	Bedeutung
>NAME	Bauteilname (evtl. + Gate-Name) 1)
>VALUE	Bauteilwert/-typ 1)
>PART	Bauteilname 2)
>GATE	Gate-Name 2)
>SHEET	Blattnummer eines Schaltplans 3)
>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.usr* unter Windows beziehungsweise *.eaglerc* unter Linux und Mac 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.

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

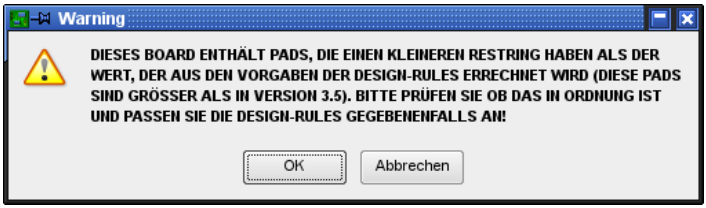
```
Interface.UseCtrlForPanning = "1"
```

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.

10.7 Fehlermeldungen

Beim Laden einer Datei

Restring größer als in älterer Version

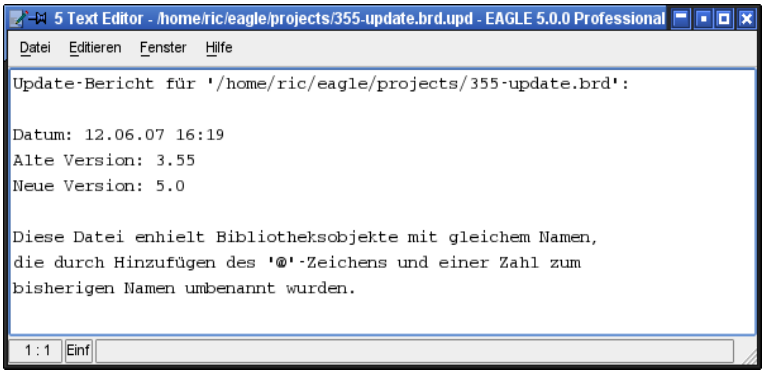


➢ *Paddurchmesser verändert*

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 Restring-Einstellungen. Starten Sie in jedem Fall DRC um eventuelle Abstandsverletzungen zu erkennen.

Bibliotheksobjekte mit gleichen Namen



➢ *Update-Bericht: Objekte mit gleichem 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.

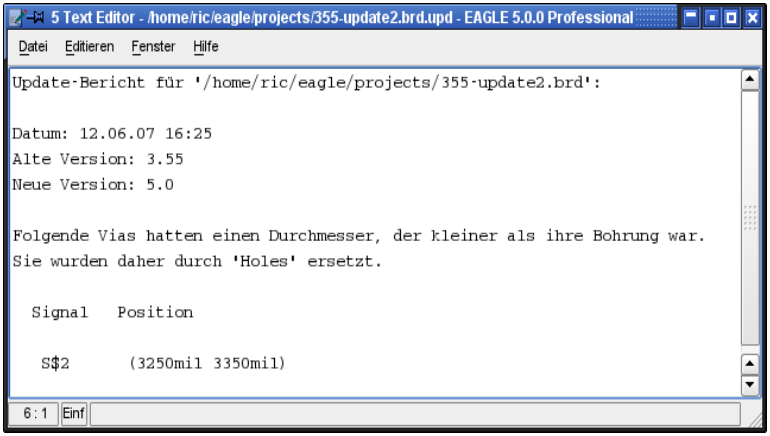
Die Meldung kann auch beim Einfügen einer Schaltung oder eines Layouts über CUT und PASTE erfolgen.

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.

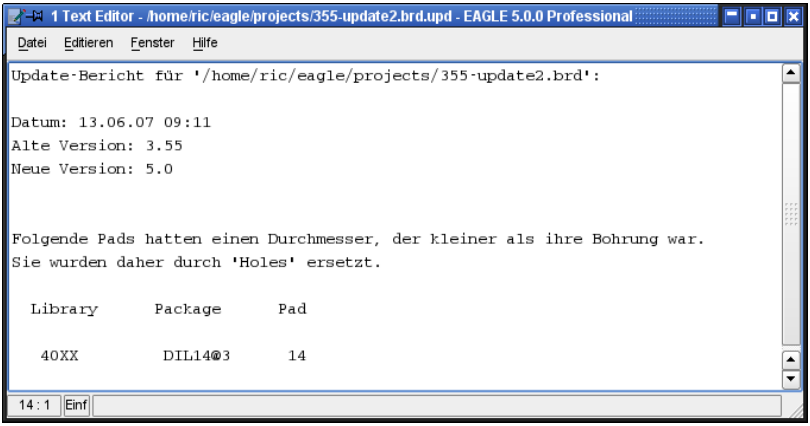
Versuchen Sie eine Board-Datei zu laden, die mit einer Vorgängerversion erstellt wurde und ein solches Pad enthält, erscheint folgende Meldung:

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***

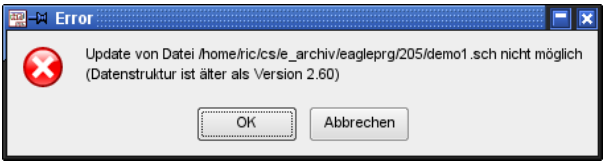
Die Bibliotheksdatei muss in diesem Fall bearbeitet und das Pad korrigiert werden. Anschließend kann man das Layout mit der neuen Bibliotheksdefinition aktualisieren.

Ungeeignete Objekte wurden nicht berücksichtigt

Erscheint beim Laden einer Datei oder bei CUT 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.
Das könnte der Fall sein, 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 schon in einem Device verwendet, dürfen keine Pads/Pins gelöscht bzw. hinzugefügt werden. Wählen Sie also den PAD- oder PIN Befehl, erscheinen folgende Meldungen:

➢ ***Fehler beim Bearbeiten von Package/Symbol***

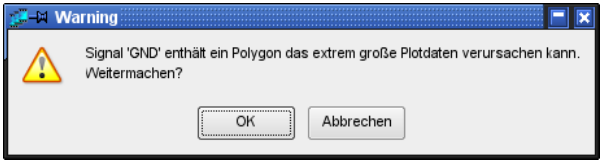
Das Verändern von Pads/Pins über CHANGE oder NAME ist jedoch erlaubt.

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

Um unnötig große Plotdateien zu vermeiden, sollten Sie dem Polygon einen höheren Wert für die Strichstärke zuordnen (CHANGE width).

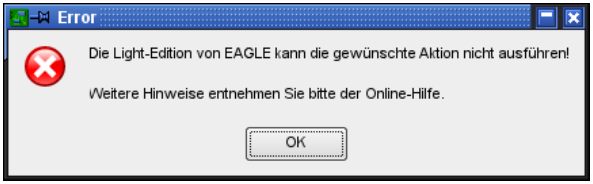


➢ ***Polygone mit Strichstärke 0***

Diese Meldung wird immer dann ausgegeben, wenn Sie im Layout ein Signal-Polygon gezeichnet haben, dessen Strichstärke unter der Auflösung des gewählten Ausgabetreibers (*Device*) liegt.

In der Light- oder Standard-Edition

Kann die gewünschte Aktion nicht ausführen



➢ ***Light-/Standard-Limits***

Die Meldung wird gezeigt, wenn die Beschränkungen der Light- oder der Standard-Edition überschritten werden. Wenn also zum Beispiel Bauteile außerhalb der erlaubten Layoutgrenzen abgesetzt werden sollen oder der Autorouter gestartet werden soll, obwohl Bauteile außerhalb der Layoutgrenzen liegen oder eine nicht frei gegebene Innenlage angelegt werden soll usw.

Stichwortverzeichnis

A

Addlevel **239**
- Always 246, 247
- Can 246
- Must 246
- Next 246
- Request 239, 246

Airwire **18**

Aktionsleiste **46, 49**

Aktuelle Einheit **90**

Alias **92**
- Löschen 93

Alt-X **41**

Annulus-Symbol **18, 138, 163**

Attribute
- Bauteil-Attr. 124
- Definieren 57, 123, 241
- Globale A. 123

Autorouter
- Backup 196
- Blind-Via 166
- Bus-Router 182
- Design-Regeln 183
- Einseitige Platine 199
- Info 197
- Kostenfaktoren 190
- Layer 186
- Leiterbahnbreite 183
- Menü 188
- Micro-Via 195
- Mindestabstände 184
- Minimales Raster 181
- Multilayer 186
- Optimierung 183
- Parameter laden/speichern 189
- Platzierungsraster 184
- Protokolldatei 198
- Ripup/Retry 194
- Routing-Lauf 183
- Routing-Raster 184
- Sicherungsdatei 196
- Signal auswählen 189
- Speicherbedarf 186
- Sperrflächen 69, 248
- Starten 70, 188
- Statusanzeige 197
- Steuerdatei 198
- Steuerparameter 190
- Steuerung 182
- Supply-Layer 164, 195
- Unerreichb. Smd 185, 187
- Unterbrechen 196
- Versorgungspolygone 195
- Via-Bohrdurchmesser 183
- Vorzugsrichtungen 188
- Wiederaufsetzen 190, 196
- Zeitbedarf 184

B

Backup **42, 301**

Ball-Grid-Array **224**

Bauteile
- Aktualisieren 173
- Alpha-Blending 102
- Anordnen 144
- Attribute definieren 124
- Auf Lötseite 205, 252
- Aus LBR holen 53, 65
- Aus mehreren Gates 115
- Austauschen 54, 148
- Beschreibung 206
- Beschriftung 206
- Drehen 144
- Entwerfen 75
- Gehäuse tauschen 146
- In Bibliothek kopieren 258
- Mit Drag&Drop kopieren 260
- Name 206
- Package-Editor 207
- Platzierungsraster im BRD 142
- Präfix festlegen 76
- Querverweise 249
- Suchen 113
- Technology ändern 148
- Value immer Device-Name 307
- Verriegeln 65
- Wert 206

Bauteileliste **97**

Befehl
- Abbrechen 50
- Aktivieren 81
- Ausführen 50
- Zurücknehmen 50

Befehle

ADD 53, 65, 75, 211
ARC 56, 68
ASSIGN 57, 83
ATTRIBUTE 57, 69, 76
AUTO 70
BOARD 49, 142
BUS 56, 121
CHANGE 53, 64, 75, 207
CIRCLE 56, 68, 85, 89
CLASS 57, 119
CLOSE 57
CONNECT 75, 213, 234
COPY 52, 63
CUT 53, 64
DELETE 53, 64
DESCRIPTION 73, 76
DISPLAY 51, 62, 92
DRC 70, 154
EDIT 58, 71
ERC 57, 70, 126
ERRORS 70, 155
EXPORT 58, 96
FRAME 58, 250
GATESWAP 54, 212
GRID 49
GROUP 52, 63
HELP 48
HOLE 69, 82, 248
INFO 50, 61, 135
INVOKE 55, 115
JUNCTION 56, 116
LABEL 56, 117
LAYER 58, 300
LOCK 65
MARK 51, 62
MENU 58, 100
MIRROR 52, 63, 82, 146
MITER 55, 66
MOVE 51, 62, 82
NAME 54, 65, 75
NET 56, 116
OPEN 58
OPTIMIZE 66
PACKAGE 58, 75, 254
PAD 72, 204
PASTE 53, 64
PIN 73, 90, 208
PINSWAP 54, 65
POLYGON 56, 68, 151, 161
PREFIX 76
PRINT 59, 174
QUIT 59
RATSNEST 69
RECT 56, 68
REDO 50
REMOVE 59, 72, 262
RENAME 72, 262
REPLACE 54, 65, 148
RIPUP 67, 150
ROTATE 52, 63, 144
ROUTE 67, 149
RUN 50
SCRIPT 50
SET 59, 101, 307
SHOW 51, 62
SIGNAL 69
SMASH 54, 66
SMD 72, 204, 223
SPLIT 55, 66
TECHNOLOGY 59, 76
TEXT 55, 68, 206
UNDO 50
UPDATE 59, 173, 263
USE 215
VALUE 54, 66, 76, 213, 236
VIA 69, 82, 171
WINDOW 50
WIRE 55, 67
WRITE 59

Befehls-Parameter **48**

Befehlseingabe
Funktionstasten 83
History-Funktion 82
Koordinaten 88

Befehlsmenü **47**

Benutzerführung **44, 47**

Benutzeroberfläche **43, 100**

Beschriftung
Schaltplan-Symbol 245
Verschieben 54, 66

Bestückungsautomaten **270**

Bestückungsplan
Zeichnen 205

Bewegen
Objekte 51, 62

Bibliothek
Alte Dateien updaten 28
Attribute definieren 241
Aus Liste entfernen 114
Bauteile suchen 112
Beschreibung 214
Device anlegen 211
Eigene erzeugen 261
Element löschen 72, 262
Element umbenennen 262
Elemente kopieren 258
Erstellen 203
Inhaltsliste 96
Kopieren mit Drag&Drop 260
Laden (use) 37, 49
Neu anlegen 217

Öffnen 58
Package anlegen 204
Package-Variante 233
Packages aktualisieren 263
Script-Datei erzeugen 97
Symbol anlegen 207
Übersicht 36

Bibliotheks-Editor 70

Bildausschnitt
Alias definieren 93
Letzten anzeigen 50
Verschieben 50

Bildschirm
Auffrischen 50

Bill Of Material 270

Blendentabelle 266, 295

Blind-Via 18, 165, 172

Blind-Via-Ratio 134

BMP-Daten 97

Board 19

Bohrdaten 267
Blind/Buried Vias 284
Bohrertabelle (Rack) 292
drillcfg.ulp 292
EXCELLON 267
EXCELLON_RACK 292
Fehler: Bohrungen fehlen 293
Führende Nullen 294
Infodatei 293
Maßeinheit Bohrertabelle 295
Multilayer-Platine 284
SM1000 268
SM1000/SM3000-Treiber 292
SM3000 268
Toleranz 293

Bohrer-Konfigurations-Datei 20

Bohrerlegende 273

Bohrertabelle 292

Bohrplan 271

Bohrsymbole 272

Bohrung 20, 69
Befestigungsloch 248
Durchkontaktiert 267
Mindestdurchmesser 134
Nicht durchkontaktiert 267
Von Hand bohren 269

bRestrict 187

Buried-Via 19, 165

C

CAM-Job
Arbeitsschritt benennen 287
Beschreibung 289
Bohrdatenausgabe 292
excellon.cam 275
geber.cam erweitern 289
gerb274x.cam 274
gerber.cam 279
Parameter einstellen 285

CAM-Prozessor 76
Anweisungsfeld 279
Arbeitsschritt benennen 287
Bestückungsdruck 281
Bestückungsseite 280
Blind-, Buried Vias 284
Bohrdaten 267, 282
Dateiendungen 283
Device-Treiber 293
EPS-Ausgabe 269
Extrem große Plotdaten 314
Fehler: Blenden fehlen 291
Fehler: Bohrungen fehlen 293
Fräskonturen 281
HPGL 98
Innenlage 281
Job 288
Job laden 78
Klebemaske 282
Lotpastenmaske 281
Lötstopmaske 281
Multilayer-Platine 289
Optionen 286
Pads füllen 287
Platzhalter 283
Plotter 286
Pos. Koord. 286
PostScript-Ausgabe 269
Schritt, Section 288
Starten 49, 77
Stiftnummer zuordnen 286
Supply-Layer 281
Tipps 273
Toleranz 287
Treiber definieren 293
Über Batchdatei starten 301
UNC-Pfad 286
Veredelung 282
Versorgungslage 290

Cmd-Taste 85

Control Panel 35
Ansicht aktualisieren 41

Core 19, 165

Cream **140**
Ctrl-Taste **19, 85**

D

Datei
Aus älterer Version 312
Drucken 49
Laden 58
Löschen 59
Neu anlegen 40
Öffnen 40, 49
Speichern 49, 59
Datenausgabe **77**
Default **19**
Design Rule Check **19, 154**
Bedeutung d. Fehler 157
Fehler anzeigen 70, 156
Fehler billigen 157
Linienart 160
Prüfungen ein-/ausschalten 141
Sperrflächen 141
Design-Regeln **38**
Clearance, Distance 134
Definieren 130
Einheiten in Dialogen 308
Layer-Setup 133
Optionen 132
Restring 134
Desktop-Publishing **269**
Device **19**
Attribute 241
Austauschen 54
Description 214
Device-Set anlegen 231
Entwerfen 74, 211
Gate-Name 212
Kopieren 259
Löschen 72
Package zuordnen 212
Platzhalter im Namen 232
Präfix 213
Technology 235
Umbenennen 72
Value on/off 76
Device-Set **19, 231**
Direkthilfe **44, 47**
Dokumentation
Doku-Druck 205
Drag&Drop **35**
DRC
Siehe Design Rule Check 154
Drehen **52, 63**
Drill -- siehe Bohrung **19**
Drucken **59, 174**
Bildunterschrift 176
PDF-Datei 176
Durchkontaktierung -- siehe Via **69**
DXF-Format **98**

E

eagle.def **293**
eagle.epf **108**
eagle.scr **106**
eaglecon.exe **301**
eaglerc, eaglerc.usr **108, 307**
Edition **32**
Light 34
Professional 32
Standard 34
Einheiten in Dialogen **308**
Electrcal Rule Check
Billigen 127
Electrical Rule Check **19, 57, 126**
Elektro-Schaltplan **118, 249**
Elongation **137**
Encapsulated-PostScript **269**
excellon.cam **292**
Experten-Optionen **307**
Exportieren **95**
Grafikdaten 97

F

Fadenkreuz **44**
Fang-Funktion **55**
Fangradius **105**
Farb-Einstellungen **102**
Fehlermeldung
Beim Datei laden 310
DRC - Bedeutung 157
Im CAM-Prozessor 314
In Bibliothek 313

Ungeeignete Objekte 312
Fenster
In d. Vordergrund holen 84
Menü 45
Nummer 45
Position festlegen 44
Schließen 57
Film-Erstellung 269
First-Flag 137
Foliendruck 269
Font-Check 141, 159
Forward&Back-Annotation 19, 99
Forward&Back-Annotation
Konsistenzverlust 178
Fräskontur 252
Fräskonturen 143
Fräsmaschine 268
Funktionstasten 57, 83, 100

G

Gate 19, 232
Gate
Holen 55
Versteckte Versorgungspins 115
Vertauschen 54
Gateswap 122
Gehäuse -- siehe Package 65
Gerber-Ausgabe
Annulus-Blenden 287
Auflösung 266
Blenden definieren 296
Blenden-/Bohrertabelle 295
Blenden-Emulation 287
Blendenemulation 297
Blendenformen 296
Blendentabelle (Bsp.) 297
Blendenteller 295
Blitzblenden 296
Bögen 288
Fahrblenden 296
Fehler: Blenden fehlen 291
Fester Blendenteller 295
GERBER 279
gerber.cam 279
gerber.cam erweitern 289
GERBERAUTO 279
Hinweise gerber.cam 279
Infodatei 291
Multilayer-Platine 289
Supply-Layer 284
Gerber-Treiber
RS-274D 266
RS-274X 266
GND-Symbol 239
Grafik
Import 99
Grafikdaten erzeugen 97
Grid -- siehe Raster 20
Gruppe
Bewegen 51
Definieren 52, 63
Drehen 257
Selektieren mit Ctrl 308

H

Hilfe-Funktion 45
Hilfefunktion 47
History-Funktion 82
Hole -- siehe Bohrung 20
HOME-Variable 42

I

Import 95
Innenlagen 161
Installation 23
Invalid Polygon 158

J

Job 279, 288
Junction 20
Automatisch setzen 105

K

Keepout 158, 206
Knick einfügen 55, 66

Knickmodus **151**
Kommandosprache **85**
Kommandozeile **47, 81**
Konfigurieren
EAGLE konf. 100
eagle.scr 106
eaglerc, eaglerc.usr 108, 307
Konsistenzprüfung **70, 100**
Konsistenzverlust **178**
Kontaktspiegel
>CONTACT_XREF 118
>XREF 249
Kontextmenü **39, 82**
Koordinatenangaben
Anzeige 47, 51, 258
Kommandozeile 82
Modifier 89
Polar 89, 258
Rechter Mausklick 89
Relativ 88, 258
Textuell 88
Kopieren
Mit CUT/PASTE 53, 64
Kreis **56, 68**
Gefüllt 248
Kupferfläche **151**

L

Langloch **252**
Layer **20**
Alias definieren 92
Anzahl d. Signallayer 132
Dicke 133, 167
Ein-/Ausblenden 51, 62
Neu definieren 58
Setup 132, 164, 166
Sperrflächen 187
Stack 20, 165
Verwendung 299
Wählen 58
Layout-Editor **60**
Leiterbahn
Alle löschen 64
Auflösen 150
Verlauf glätten 151
Verlegen 149
Library
siehe Bibliothek 20
Light-Edition **34**
Linie **21**
Fang-Funktion 67
Knickpunkt löschen 65
Zeichnen 55, 67
Linienart **67**
Lizenz
Erweiterung 28
Information 45
Neu-Installation 23
Lizenzierung **45**
Logo importieren **99**
Löschen **53, 64**
Bibliothekselement 72
Datei 59
Schaltplanblatt 59
Lötauge **20**
Lotpastenmaske **140**
Lötstopmaske **140**
Luftlinie **18**
Luftlinie
Berechnen 69
Ein-/Ausblenden 69, 145

M

Magnetische Pads **150**
Masse-Symbol **239**
Mausklick **87**
Maustasten **60**
Mauszeiger-Darstellung **44**
Mehrbenutzer-Lizenz **29**
Menü
Inhalt Parametermenü 101
Textmenü definieren 306
Menüleiste **46**
Micro-Via **20, 166, 172**
Micro-Via
In Smd setzen 172
Restring, Durchmesser 134
Miter **20**
Montagebohrung **248**
Multilayer-Platine
4-Lagen 166
6-Lagen 168
8-Lagen 170

Blind-/Buried-Vias 165
Definition 161
Durchgehende Vias 164
Schichtdicken 167
Via-Darstellung 166

N

Name
Automatisch vergeben 95
Länge 94
Verbotene Zeichen 94
Net **20**
Netscript **96**
Netz **20**
Anknüpfungspunkt 210
Beschriftung 56
Querverweis 56, 117
Verbindungspunkt 56
Zeichnen 56
Netzklassen **119**
Netzliste
Exportieren 58, 96
Nutzen erstellen **177**

O

Objekt
Selektieren 60
Objekt-Eigenschaften **50, 61**
Ändern 53, 64, 207
Anzeigen 44
Voreinstellen 100
Optimierungslauf **181**
Optionen-Menü **41**

P

Package **20**
Auf Unterseite 205
Aufhängepunkt 204
Austauschen 65, 147
Beschreibung 206
Definieren 204
Gedreht anlegen 257
In Bibliothek aktualisieren 261
In Bibliothek löschen 262
Kopieren 258
Löschen 72
Neu entwerfen 72
P. wird verwendet 313
Pad-Durchmesser 204
Radiale Pad-Anordnung 257
Umbenennen 72
Variante löschen 255
Variante neu anlegen 253
Variante umbenennen 233
Variante wählen 233
Zuordnen 212
Pad **20**
Bohrlöcher anzeigen 105
Darstellung im Editor 138
Durchmesser in Innenlagen 136
Durchmesser, Restring 134
First-Flag 137, 219
Form 137, 218
Form ändern 207
Layerfarbe 138
Lötstopsymbol 219
Magnetische Pads 150
mit Langloch 253
Name 205
Name im Layout zeigen 105, 219
Offset-Pad 137
Radiale Anordnung 257
Seitenverhältnis 137
Stop-Flag 140, 219
Thermals-Flag 140, 219
Palette **102**
Parameterleiste **47, 48**
Partlist **97**
Passermarken **273**
PBM-Daten **97**
PDF-Ausgabe **176**
Pfadangabe **41**
PGM-Daten **97**
Pick-and-Place-Daten **270**
Pin **20**
Anschlusspunkt 116
Direction 209
Function 208
Gleichnamige P. 239
Length 209
Name 210
Negiertes Signal 228
Orientation 208
Parameter 208
Swaplevel 210
Übereinanderliegend 129

Versorgungs-Pin 237
Vertauschen 54, 65
Visible 209
Pin-Liste 128
Pin/Pad-Liste 97
Pin/Pad-Zuordnung 213, 234
Pinlist 97
Pinswap 122
Platine
Attribute, global 146
Ausfräsungen 143, 253
Bauteile anordnen 144
Bauteile verriegeln 65
Beidseitig bestückt 146
Design-Regeln 130
Erstellen 142
Layer-Aufbau 132
Leiterbahnen verlegen 149
Platzierungsraster 142
Prüfen 154
Umriss festlegen 142
Vorüberlegungen 129
Platinenaufdruck 205
Platinenfertigung 265
Platzhalter
Für Attribute 244
>CONTACT_XREF 118, 252
>DRAWING_NAME 251
>GATE 245
>LAST_DATE_TIME 251
>NAME 210, 245
>PART 245
>PLOT_DATE_TIME 251
>SHEET 251
>VALUE 210
>XREF 249
Platzhaltertexte 307
PNG-Daten 97
Polygon
Berechnen ein/aus 105
Breite d. Thermalanschlüsse 153
Isolate 153
Orphans 153
Pour 152
Rank 152, 162
Spacing 152
Thermals 153, 161
Umrissdarst. nach Ratsnest 154
Ungültiges P. 153
Zeichnen 151
Postscript 176, 269
PPM-Daten 97
Präfix 213
Prepreg 20, 165
Professional-Edition 32
Programm
Beenden 41, 59
Projekt
Anlegen 39, 108
Beschreibung 39
Datei, eagle.epf 108
Schließen 40
Verwalten 39
Verzeichnis 41
Zuletzt geöffnete 40
Projektdatei 108
Prototypenfertigung 268
Prüfen
Konsistenz 57
Layout 70

Q

Querverweise
Format festlegen 118
Für Bauteile/Kontakte 118, 249
Für Netze 56, 117

R

Rack 20, 292
Rädchenmaus 44
Raster
Alias definieren 93
Alternatives R. 91
Einstellen 90
Im Package einstellen 204
Min. sichtbare Größe 105
Ratsnest 20
Rechteck 56, 68
Relais 246
Restring 21, 134
RGB-Wert 102

S

Sackloch **18**

Schaltplan
- Attribute, global 123
- Beachtenswertes 129
- Editor 33
- Entwerfen 111
- Fehlerprüfung 126
- In anderen einfügen 129
- Mit mehreren Seiten 128
- Netze verlegen 116
- Raster 112
- Seite anlegen 112
- Seite löschen 112
- Seiten sortieren 128
- Seitenvor. ein/ausschalten 128
- Seitenvorschau 47
- Stromversorgung 122
- Supply-Symbole 123
- Versorgungsspannung 122
- Zeichnungsrahmen 112

Schaltplanblatt
- Anlegen 112
- Anzahl max. 31
- Laden 49
- Löschen 59
- Sortieren 47, 128

Schematic **21**

Schriftart
- Ändern 55
- In Zeichnung einprägen 44
- No vector font 159
- Prüfen 141, 159
- Vektor 44, 141

Schriftfeld **251**

Script-Dateien **84, 95**
- defaultcolors.scr 104
- Kommentar-Zeichen 96
- Syntax 85

Selektionsfaktor **105**

Seriennummer **45**

Sheet -- siehe Schaltplanblatt **21**

Sicherungskopie **42, 301**

Signal **21**
- Alle löschen 96

Signallayer **161**

Signallinie ein-/ausblenden **69**

Signalname anzeigen **149**

Smd
- Automatische Namensverg. 95
- Benennen 205
- Cream-Flag 224
- Größe festlegen 223
- Lotpastenmaske 140
- Lötstopmaske 140
- Platzieren 223
- Roundness 137
- Runde Fläche 224
- Stop-Flag 224
- Thermals-Flag 140, 224

SMD **21**

Speichern
- Datei 59

Sperrfläche **149, 187, 248**

Sperrfläche
- Für Bauteile 206

Spiegeln **52, 63**

Spin-Flag **144**

Standard-Edition **34**

Statuszeile **47**

Stromversorgung **122**

Stückliste **270**

Supply
- Layer 162
- Symbol 21, 123, 239

Swaplevel **54, 65, 122, 212, 239**

Symbol **21**
- Beschriftung 245
- Entwerfen 73, 207
- Kopieren 258
- Löschen 72
- S. wird verwendet 313
- Umbenennen 72
- Versorgungs-S. 239
- Zeichnen 210

T

Tastenbelegung **83**

Technology
- Ändern 148

Terminal-Fenster **301**

Testautomaten **270**

Text
- Drehen m. Spin-Flag 145
- Editor 79
- Höhe 55
- HTML-Text 206

In Kupferlayern 274
Invertiert in Kupferlayer 68
Kopfüber darstellen 220
Menü 58, 100, 306
Min. sichtbare Höhe 105
Schriftart 55
Strichstärke 55
Überstrichener Text 94
Variable 251
Vom Bauteil lösen 145
Thermal-Symbol 138, 161, 163
Thermals-Flag 140
TIF-Daten 97
Titelzeile 46
tRestrict 187

U

Umgebungsvariable 42
UNC-Notation 30
Undo ein/aus 105
Update
Auf Update prüfen 45
Datei älter 2.6 312
User Language 21, 98
User-Language-Programm
Ausführen 50
bom.ulp 270
cam2dxf.ulp 177
cam2print.ulp 177
dif40.ulp 270
drill-aid.ulp 269
drill-legend.ulp 273
drillcfg.ulp 285
dxf.ulp 98
fabmaster.ulp 270
Fräsdatenberechnung 268
gencad.ulp 270
mill-outlines.ulp 268
mount_smd.ulp 270
outlines.ulp 268
panelize.ulp 177
Übersicht aller 38
unidat.ulp 270

V

Value
Im Device 236
Platzhalter f. Package 220
Platzhalter f. Symbol 229
V. ist immer Device-Name 307
Warnung 309
Variable
$EAGLEDIR 42
$HOME 42
Variante 233
Löschen 255
Neu anlegen 253
Veränderte verwenden 255
Vektor-Font 43
In Zeichnung einprägen 44
Prüfung 141
Verbindungspunkt 56
Versorgungs-Gate 115, 246
Versorgungslage 186
Autorouten 195
Mit einem Signal 162
Versorgungsspannungen 123
Vertauschen
Gates 54
Pins 54, 65
Verzeichnisse 41
Via 21
Blind/Buried 165
Darstellung im Editor 138
Durchmesser bei INFO 135
Durchmesser in Innenlagen 136
Form in Innenlagen 137
Länge, Tiefe 171
Layerfarbe 138
Lötstopmaske 141
Restring, Durchmesser 134
Stop-Flag 141
Thermal-Symbol 139
Voreinstellung 100
vRestrict 149, 187

W

Wert
Bauteil-Wert 54, 66
Fest/änderbar 76, 213
Wheel 21, 296
Wiederholungspunkte 87
Wire 21
Bend-Modus 151

Knicke löschen 308
Radiusmodus deaktivieren 307
Style 67
Zusammenfassen 66

X

XBM-Daten 97
XPM-Daten 97
XREF-Label 118

Z

Zeichnungsrahmen 70, 250, 252
Zoomen 50
Zoomlimit 44