

**Hochschule Pforzheim  
Fakultät Technik  
Bereich Informationstechnik  
Labor für Automatisierungstechnik**

**Evaluierung von Protel  
für den Einsatz in der Lehre**

**mit freundlicher Unterstützung  
von**



**Projektarbeit im 3. Semester**

von

Marc Braun

**Hochschule Pforzheim  
Fakultät Technik  
Bereich Informationstechnik  
Labor für Automatisierungstechnik**

**Evaluierung von Protel  
für den Einsatz in der Lehre**

**mit freundlicher Unterstützung  
von**



Projektarbeit im 3. Semester

erstellt von: M. Braun, 294324  
Beginn.: 14.10.2005  
Abgabe: 14.12.2005

# Inhalt

1	Einleitung.....	4
2	Grundlagen.....	5
2.1	Der Design Explorer .....	5
2.2	Designablauf .....	6
3	Grundlegende Funktionen.....	6
3.1	Anlegen eines neuen Projektes .....	6
3.1.1	Hinzufügen von Dokumenten.....	7
3.2	Bibliotheken-Verwaltung und die Suchfunktion von Protel.....	8
3.3	Der Umgang mit dem Schaltplan Editor .....	9
3.3.1	Plazieren von Bauteilen .....	9
3.3.2	Verdrahten der Bauteile .....	10
3.4	Der Umgang mit dem Layout Editor .....	11
3.4.1	Voreinstellungen .....	11
3.4.2	Verknüpfung zwischen Schaltplan und Layout .....	11
3.4.3	Erstellen einer Design Rule.....	12
3.4.4	Platzieren der Bauteile .....	12
3.4.5	Ändern der Bauform.....	12
3.4.6	Erstellen von Leiterbahnen .....	12
3.4.7	Der Design-Rule Check .....	12
3.5	Globales Editieren.....	13
4	Erweiterte Funktionen .....	14
4.1	Erstellen eigener Layout-Bibliotheken.....	14
4.1.1	Erstellen einer neuen PCB-Bibliothek .....	14
4.1.2	Einbinden vorhandener Footprints .....	14
4.1.3	Erstellen eigener Footprints .....	15
4.2	Erstellen eigener Schaltplan-Bibliotheken.....	16
4.2.1	Erstellen einer neuen Schematic-Bibliothek.....	16
4.2.2	Einbinden vorhandener Bauteile .....	16
4.2.3	Erstellen eigener Bauteile .....	18
4.2.4	Zuweisen eines Layout-Modells .....	21
5	Zusammenfassung und Ausblick .....	22

# 1 Einleitung

Im Rahmen dieser Anleitung sollen die Grundlagen für den Umgang mit Protel 2004 erarbeitet werden, damit im Labor für Automatisierungstechnik zukünftig Protel für die Erstellung von Schaltplänen und Layouts eingesetzt werden kann.

Zusätzlich soll bei dieser Projektarbeit die Arbeit mit Protel so beschrieben werden, dass der Einsatz von Protel in der Lehre erleichtert wird. Studenten soll die Möglichkeit geboten werden, Platinen im Rahmen eigener Projekte zu erstellen und auf diesem Wege den Umgang mit einer professionellen Software für Ihren späteren Berufsweg kennen zu lernen.

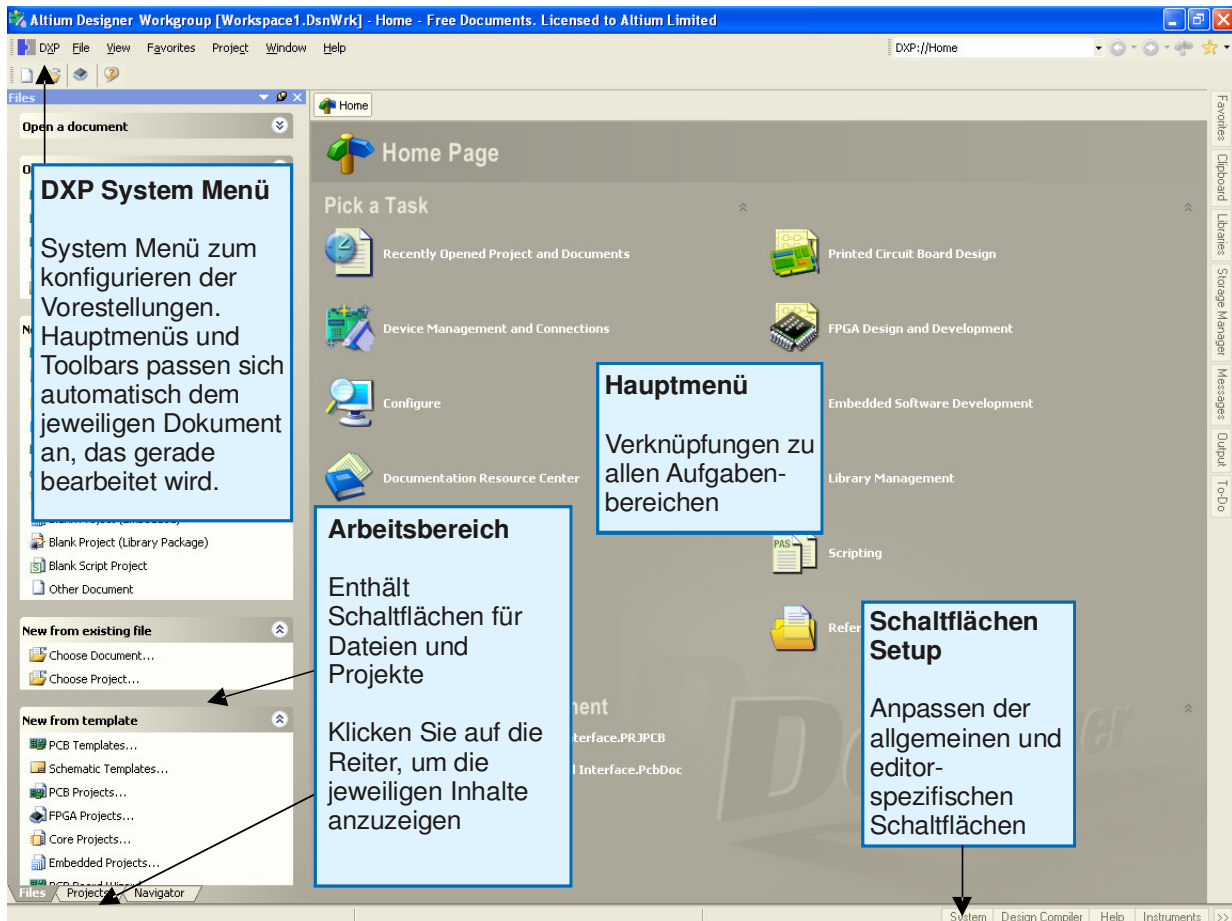
Wir möchten uns an dieser Stelle bei der Firma Altium bedanken, die durch Ihre freundliche Unterstützung das Arbeiten mit dieser Software ermöglicht hat.

Die hier verwendeten Bibliotheken und Dateien sowie weitere Unterlagen können unter <http://automatisierungstechnik.fh-pforzheim.de/index.php?id=276> heruntergeladen werden.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Der Design Explorer

Der Design Explorer ist die Benutzeroberfläche von Protel. Er erscheint nach dem Aufruf über das Startmenü (**Start → Programme → Altium SP2 → DXP 2004 SP2**).

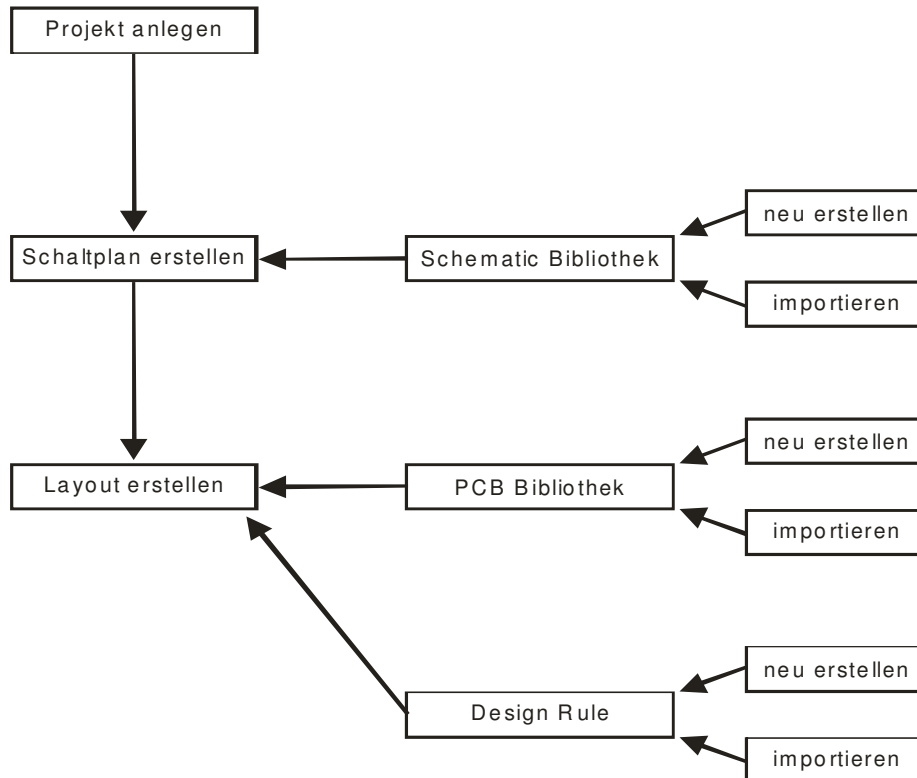


(Bild 2.1)

Einer der wichtigsten Aufrufe ist wohl der des „Default Desktop“ über **View → Desktop Layouts → Default**, da so das Standard-Layout des Arbeitsbereiches wiederhergestellt wird, was sehr hilfreich ist, falls man versehentlich ein Menü des Arbeitsbereichs geschlossen hat und nicht weiß, wie man es wiederherstellen kann.

## 2.2 Designablauf

Hier ein kurzer Überblick über die Vorgehensweise beim Erstellen eines PCB Projekts.

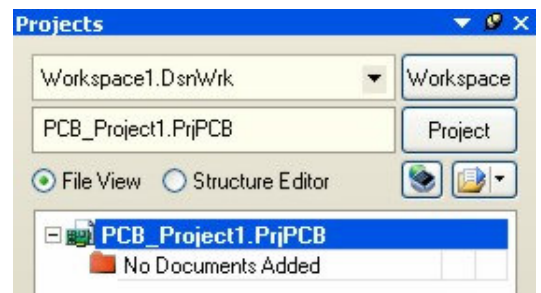


## 3 Grundlegende Funktionen

### 3.1 Anlegen eines neuen Projektes

Obwohl es in Protel möglich ist, zuerst Dokumente zu erstellen und sie nachträglich zu einem Projekt hinzuzufügen, empfiehlt es sich, zuerst ein Projekt anzulegen. Dies geschieht am einfachsten durch klicken auf **File → New → Project → PCB Project**. Im Arbeitsbereich am linken Bildschirmrand (*Bild 3.1*) öffnet sich das Menü „Projects“. Wählt man die Ansicht „File View“ sieht man das neue Projekt mit dem Namen „PCB\_Projekt1.PrjPCB“. Es enthält noch keine Dokumente.

Als erstes benennen wir das Projekt um und speichern es ab. Hierzu klickt man mit der rechten Maustaste auf das Projekt und wählt „**Save Project As...**“. Als Beispiel vergeben wir den Projekt-Namen „SPS\_Design5“ und speichern es in einem separaten Ordner (z.B. SPS\_Design5) auf der Festplatte ab.



(Bild 3.1)

### 3.1.1 Hinzufügen von Dokumenten

#### 3.1.1.1 Hinzufügen eines Schaltplans

Zunächst fügen wir unserem Projekt einen Schaltplan hinzu. Dies geschieht durch einen Klick mit der rechten Maustaste auf den Projektnamen. In dem sich öffnenden Menü wählt man **Add New to Project → Schematic**. Im Projekt-Unterknoten „Source Documents“ wurde nun eine Datei mit dem Namen „Sheet1.SchDoc“ erstellt, die wir mit der rechten Maustaste anklicken, im sich öffnenden Menü „Save as“ auswählen, den Dateinamen „Schaltplan1“ vergeben und im angelegten Projektordner abspeichern.

#### 3.1.1.2 Hinzufügen eines Layouts

Dies geschieht im Prinzip wie das Anlegen eines Schaltplans. Wiederum ein Klick mit der rechten Maustaste auf den Projektnamen. Man wählt **Add New to Project → PCB**. Im Projekt-Unterknoten „Source Documents“ wurde jetzt zusätzlich eine Datei mit dem Namen „PCB1.PcbDoc“ erstellt. Wie beim Schaltplan vergeben wir einen passenden Namen (z.B. „Layout1“ und speichern die Datei im angelegten Projektordner.

#### 3.1.1.3 Hinzufügen einer Bibliothek

Die benötigten Bibliotheken können unter <http://automatisierungstechnik.fh-pforzheim.de/index.php?id=276> heruntergeladen werden. Wir kopieren sie in unseren Projektordner, wählen **Project → Add Existing To Project...**, wechseln im sich öffnenden Fenster in den Projektordner, markieren die Dateien „SPS\_Design5.SchLib“ und „SPS\_Design5.PcbLib“ und klicken auf öffnen. In der Projektübersicht im Arbeitsbereich wurde nun ein neues Verzeichnis „Libraries“ erstellt, das die beiden Bibliotheken enthält.

## 3.2 Bibliotheken-Verwaltung und die Suchfunktion von Protel

Protel kann nur Bauteile aus Bibliotheken verwenden, die für die Arbeit installiert sind oder die zum Projekt selbst gehören. Eine Übersicht über die installierten Bibliotheken erhält man über den Button „Libraries...“ im Menü „Libraries“, das man durch **Design → Browse Library** öffnet. Hier kann man manuell Bibliotheken installieren und entfernen, sofern dies nötig ist.

Durch den Button „Search...“ im Menü Libraries öffnet man die Suchfunktion von Protel. Sie dient zum Auffinden von Bauteilen und Footprints. Ein direkter Aufruf ist über den Button „Search“ Im Menü „Libraries“ (**Design → Browse Library**) möglich.

Wir wollen als Beispiel den IC 74LS00 finden. Wir wählen also **Design → Browse Library** und klicken auf den Button Search. Es öffnet sich das „Libraries Search“ Menü. Im oberen Feld geben wir den zu suchenden Begriff ein. Es werden immer die Einträge für den Namen und die Beschreibung des Bauteils durchsucht. Wir geben „\*74LS\*“ ein, wählen im Feld „Search Type“ den Eintrag „Components“ und setzen das Häkchen bei „Clear existing query“ um evtl. vorangegangene Suchergebnisse zu löschen. Eine wichtige Option ist „Scope“. Setzt man diese Option auf „Available libraries“ durchsucht Protel alle installierten Bibliotheken, bei „Refine last search“ wird im vorangegangenen Suchergebnis gesucht und mit der Option „Libraries on path“ werden die Bibliotheken durchsucht, die direkt unter dem im Feld „Path“ eingestellten Ordner zu finden sind. Sollen auch die Unterordner durchsucht werden, setzt man das Häkchen bei „Include Subdirectories“.

Wenn man weiß, in welchem Ordner sich die Bibliothek mit dem gewünschten Bauteil befindet, empfiehlt es sich immer, diesen Ordner unter „Path“ einzugeben und „Include Subdirectories“ zu deaktivieren, da dies eine erhebliche Zeitersparnis mit sich bringt.

Da wir jedoch nicht wissen, wo sich unser Bauteil befindet wählen wir „Libraries on path“, geben den Library Ordner im Protel-Verzeichnis an, wählen „Include Subdirectories“ und klicken auf den Button „Search“. Nach einiger Zeit erhalten wir das Suchergebnis, in dem alle Bauteile aufgelistet sind, die unserem Suchkriterium entsprechen. Wir können jetzt entweder das Bauteil aus der Liste suchen oder die Suche verfeinern. Eine dritte Möglichkeit ist die Eingabe einer Einschränkung in das Feld direkt über den Suchergebnissen, was wir hier auch machen werden. Durch die Eingabe von „\*00\*“ werden nur noch die Bauteile in der Liste angezeigt, die auch diesen String enthalten und wir können das passende Bauteil mit der entsprechenden Bauform auswählen.



## 3.3 Der Umgang mit dem Schaltplan Editor

Zunächst öffnen wir den Schaltplan durch Doppelklick auf „Schaltplan1.SchDoc“. Es erscheint jetzt der leere Schaltplan.

### 3.3.1 Plazieren von Bauteilen

Bauteile werden über den Befehl **Place** → **Part...** zum Schaltplan hinzugefügt. Es öffnet sich das Menü „Place Part“, in dem wir durch einen Klick auf den Button „...“ in der rechten oberen Ecke in das Menü „Browse Libraries“ gelangen. Im Feld „Libraries“ werden sowohl die Bibliotheken zur Auswahl angeboten, die standardmäßig in jedem neuen Schaltplan vorinstalliert sind als auch jede, die zum Projekt hinzugefügt wurden. Über den Button „Find...“ gelangt man zur Suchfunktion von Protel.

Wir wollen einige Bauteile aus unserer eigenen Projektbibliothek platzieren. Wir wählen also im Feld „Libraries“ die Bibliothek „*SPS\_Design5.SchLib*“ aus. Es werden jetzt alle enthaltenen Bauteile unserer Bibliothek aufgelistet. Wir wollen als Erstes die 10-poligen Stiftleisten platzieren. Das Feld „Mask“ dient als Filter und ist, auch wenn unsere Bibliothek klein und überschaubar ist, sehr nützlich. Wir geben im Feld „Mask“ „*\*stift\**“ ein, woraufhin nur noch die Bauteile angezeigt werden, deren Namen oder Beschreibung diesen String enthalten, was in unserem Fall die 10-polige und die 2-polige Stiftleiste ist. Wir wählen die 10-polige Version aus, wählen das Footprint „Stiftleiste10\_5.08“ und klicken OK. Im Menü „Place Part“ geben wir im Feld „Designator“ „*P1*“ als Startwert ein. Protel erkennt die Nummer im Designator und erhöht sie automatisch beim Platzieren der Bauteile. Wir schließen das Menü durch einen Klick auf OK und platzieren unsere Bauteile im Schaltplan an die gewünschte Position durch einen Klick mit der linken Maustaste. Während des Platzierens können Bauteile durch das Drücken der Taste LEER gedreht werden und die Taste TAB öffnet das „Component Properties“ Menü zum ändern der Bauteileinstellungen. Durch einen Klick mit der rechten Maustaste gelangt man zum „Place Part“ Menü zurück, um ein anderes Bauteil auszuwählen und die Taste ESC beendet die Bauteilplatzierung. Wir platzieren 3 der 10-poligen Stiftleisten, eine 2-polige Stiftleiste und 10 Widerstände des Typs „Res2“. Abschließend benutzen wir die Suchfunktion um einen 20-Poligen Flachbandstecker zu finden und zu platzieren. Das Suchkriterium für diesen Stecker ist „*\*flat\*cable\*connector\**“. Mit dem Feld „Mask“ schränken wir die gefundenen Bauteile durch den Eintrag von „*\*20\**“ auf alle 20-poligen Typen ein und wählen schließlich den Typ „09 18 520 6903“ und klicken auf OK. Da die Bibliothek, die diesen Stecker enthält, nicht standardmäßig installiert ist, werden wir gefragt ob Diese installiert werden soll, was wir bestätigen. Zuletzt vergeben wir für den Designator den Startwert „*P5*“, da P1 bis P4 bereits im Schaltplan vorhanden sind und platzieren 2 dieser Bauteile.

Will man Bauteile verschieben, so klickt man sie mit der Maus an und hält die Taste gedrückt, solange man sie verschieben will. Durch das Drücken der Taste LEER während des Verschiebens wird das Bauteil gedreht. Ein Doppelklick auf ein bereits platziertes Bauteil öffnet das Menü „Component Properties“ zum verändern der Einstellungen (Designator, Footprint, Pins etc.)

## 3.3.2 Verdrahten der Bauteile

### 3.3.2.1 Verdrahten mittels einzelner Leitungen

Leitungen werden mit **Place → Wire** erstellt. Eine gültige elektrische Verbindung zwischen Pin und Leitung, also das Fangen eines Pins, wird durch ein rotes Kreuz während des Platzierens der Leitung dargestellt.

Das Zeichnen beginnt und endet durch einen Klick mit der linken Maustaste auf den gewünschten Punkt. Mit der rechten Maustaste wird das Zeichnen der Leitung unterbrochen, mit der Taste ESC beendet man das Zeichenmenü. Durch das Drücken der TAB Taste während des Zeichnens lassen sich die Eigenschaften der Leitung (Farbe, Dicke) einstellen. Ein nachträgliches Editieren ist durch einen Doppelklick auf die entsprechende Leitung möglich. Durch die Taste LEER und die Tastenkombination SHIFT+LEER während des Zeichnens werden die Winkeleinstellungen der Leitung geändert.

### 3.3.2.2 Verdrahten mittels Bus

Ein Bus wird mit **Place → Bus** erstellt. Einzelne Leitungen können angeschlossen werden, indem sie mit dem Bus wie mit einem Bauteilpin verbunden werden. Ebenso ist es möglich, hierfür einen Bus Entry über **Place → Bus Entry** zu verwenden. In beiden Fällen erscheint ein rotes Kreuz, um die korrekte Verbindung zu signalisieren. Die Anzahl der im Bus enthaltenen Leitungen und der Name des Bus werden durch ein Net Label definiert, welches durch **Place → Net Label** an den Bus angebracht wird. Die korrekte Zuweisung wird wie beim Platzieren von Leitungen durch ein rotes Kreuz symbolisiert. Die Ein- und Ausgangsleitungen des Bus werden ebenfalls durch Net-Label der entsprechenden Bus-Leitung zugewiesen.

Wir wollen einen Bus erstellen, der die Bauteile P1 und P2 verbindet. Wir wählen **Place → Bus** und führen den Bus vor den Pins der Bauteile P1 und P2 vorbei. Als nächstes wählen wir **Place → Net Label**. Vor dem Platzieren am Bus drücken wir die Taste TAB und geben den Busnamen und die Anzahl der Leitungen in der Form „**OUTPUT[1..10]**“ ein und platzieren das Net Label am Bus. Der Bus trägt jetzt die Bezeichnung „**INPUT**“ und führt die Signale „**OUTPUT1**“ bis „**OUTPUT10**“. Als nächstes erstellen wir über **Place → Bus Entry** die benötigten Verbindungen zum Bus, indem wir die eine Seite des Bus Entry direkt auf dem Bus platzieren und die andere Seite durch eine normale Leitung mit den Pins der Bauteile P1 und P2 verbinden. Zuletzt platzieren wir an jeder dieser Leitungen ein Net Label. Wir vergeben für die erste Leitung des ersten Bauteils die Bezeichnung „**OUTPUT1**“, nach dem Platzieren des Net Labels ändert Protel die Bezeichnung automatisch in „**OUTPUT2**“ ab, sodass wir das Label sofort an die nächste Leitung anbringen können. Sind alle Leitungen des Bauteils P1 mit Net Labels versehen, verfahren wir mit dem Bauteil P2 auf die selbe Weise und vergeben wiederum die Bezeichnungen „**OUTPUT1**“ bis „**OUTPUT10**“. Hierbei ist darauf zu achten, dass Leitungen mit gleichen Bezeichnungen eine elektrische Verbindung darstellen. Trägt also die Leitung die an den Pin1 des Bauteils P1 führt das gleiche Net Label wie die Leitung die an den Pin1 des Bauteils P2 führt, so sind diese Pins mit einander verbunden. Abschließend verdrahten wir alle platzierten Bauteile und speichern unseren Schaltplan ab.

## 3.4 Der Umgang mit dem Layout Editor

### 3.4.1 Voreinstellungen

Wir öffnen zunächst das Layout durch einen Doppelklick auf die Datei „*Layout1.PcbDoc*“. Um die Bauteile richtig platzieren zu können, sollten die Grids (Raster) entsprechend eingestellt sein. Wir wählen **Help** → **Popups** → **Options** → **Grids...** und gelangen zum Menü Board Options, in dem wir zunächst im Feld Unit den Eintrag Imperial wählen. Entscheidend sind auch die Einstellungen für „Snap Grid“ (Fangraster der Leiterbahnen) und die des „Component Grid“ (Fangraster für Bauteile). Sie entscheiden darüber, in welchen Schritten Bauteile und Leiterbahnen im Layout bewegt und platziert werden. Wir stellen die X- und Y- Werte beider Grids auf „50 mil“. Die Einstellungen für Visible Grid (sichtbare Hilfslinien im Layout) ändern wir auf „10 mil“ (für Grid1) und „100 mil“ (für Grid2) und schließen das Menü durch OK.

Als nächstes erstellen wir die Form unserer Platine. Dies geschieht durch das Zeichnen von Linien auf dem „Keep-Out Layer“ über **Place** → **Line**. Unsere Platine soll die Abmessungen 7350 mil x 4950 mil haben.

Das Zeichnen beginnt durch einen Klick mit der linken Maustaste auf den gewünschten Startpunkt und endet durch einen Klick mit der linken Maustaste auf den gewünschten Endpunkt. Mit der rechten Maustaste wird das Zeichnen der Linie unterbrochen, mit der Taste ESC beendet man das Zeichenmenü. Durch das Drücken der TAB Taste während des Zeichnens lassen sich die Linieneigenschaften einstellen. Linieneigenschaften (Dicke und Layer) lassen sich auch nachträglich durch einen Doppelklick auf die Linie ändern. Das Drücken der Taste LEER und der Tastenkombination SHIFT+LEER während des Zeichnens ändern die Winkel- und Eckeinstellungen der Linie.

Die Punktkoordinaten werden in der unteren linken Ecke des Bildschirms angezeigt. Wir wechseln durch die Reiter am unteren Bildschirmrand in das „Keep-Out-Layer“, beginnen das Zeichnen der ersten Linie im Punkt (400,800) und enden im Punkt (7750,800). Die Zoomfunktion über die BILD-Tasten der Tastatur und die Tastenkombination „z a“ (Zoom all) sind hierbei sehr hilfreich. Die weiteren Linien zeichnen wir dann von (7750,800) nach (7750,5750), von (7750,5750) nach (400,5750) und von (400,5750) nach (400,800).

Wenn wir diese Umrandung gezeichnet haben markieren wir alle Linien und wählen **Design** → **Board Shape** → **Define from selected objects**. Abschließend speichern wir unsere bisherige Arbeit ab.

### 3.4.2 Verknüpfung zwischen Schaltplan und Layout

Nun wollen wir unseren Schaltplan mit dem Layout verknüpfen. Hierzu öffnen wir nochmals unseren fertigen Schaltplan und wählen **Design** → **Update PCB Document Layout1.PcbDoc**. Im sich öffnenden Menü „Engineering Change Order“ bekommen wir jetzt einen Überblick darüber, welche Änderungen im Layout vorgenommen werden und können die gewünschten Änderungen durch ein Häkchen in das jeweilige Kästchen aktivieren. Bis auf die unter der Rubrik „Add Component Classes“ stehenden Änderungen wollen wir alle übernehmen. Wir wählen also alle bis auf diese aus und klicken auf den Button „*Validate Changes*“. Ein grünes Symbol in der Spalte „Check“ hinter jeder ausgewählten Änderung symbolisiert, dass Protel die gewünschten Aktualisierungen akzeptiert hat. Wir klicken auf den Button „*Execute Changes*“ um die Aktualisierung durchzuführen. Ein grünes Symbol in der Spalte „Done“ zeigt an, dass die Änderungen übernommen wurden. Wir können das Menü schließen und wieder in unser Layout wechseln.

### 3.4.3 Erstellen einer Design Rule

Das Erste was wir machen ist das Erstellen einer Design Rule. Über **Design → Rule Wizard...** öffnet sich der "New Rule Wizard" der uns bei dieser Arbeit unterstützen wird. Im Feld „Name“ vergeben wir den Namen „*SPS\_Design5\_DR*“ und klicken auf den Button „Next“. Da die Design Rule für das gesamte Layout gelten soll wählen wir die Option „*Whole Board*“ und klicken „Next“. Nun versehen wir unsere Design Rule mit der Priorität „1“ indem wir Sie in der Liste ganz nach oben bewegen und klicken auf „Next“. Abschließend setzen wir einen Haken in das Kästchen „Launch main design rules dialog“ und klicken auf „Finish“, woraufhin sich das Menü „PCB Rules and Constraints Editor“ öffnet. In diesem Editor ändern wir unter **Design Rules → Electrical → Clearance → SPS\_Design5\_DR** unter dem Menüpunkt „Constraints“ die „Minimum Clearance“ für „*Differential Nets only*“ auf „10 mil“. Hierzu klicken wir einfach auf die bisherige Zahl in der Grafik und editieren Sie. Als Letztes werden die Durchmesser der Leiterbahnen festgelegt. Unter **Design Rules → Routing → Width → Width** ändern wir sowohl für Top als auch für Bottom Layer die Werte für „Min Width“ auf 10 mil, für „Preferred Size“ auf 30 mil und für „Max Width“ auf 100 mil. Durch einen Klick auf OK beenden wir das Menü und befinden uns nun wieder im Layout Editor.

### 3.4.4 Platzieren der Bauteile

Zunächst zoomen wir mit der Tastenkombination „z a“ auf alle im Layout vorhandenen Elemente. Diese können jetzt mit der Maus an die gewünschte Position innerhalb der gezeichneten Platine verschoben werden. Während des Verschiebens halten wir die linke Maustaste gedrückt. Wie bereits im Schaltplaneditor kennen gelernt kann man das Bauteil durch einen Druck auf die LEER-Taste, während es mit der Maus 'gehalten' wird, um 90° drehen.

### 3.4.5 Ändern der Bauform

Durch einen Doppelklick auf das jeweilige Bauteil öffnet sich ein Setup-Menü, indem neben verschiedenen anderen Bauteileigenschaften unter Footprint auch die Bauform des Bauteils verändert werden kann. Durch einen Klick auf den Button „...“ hinter dem Feld „Name“ gelangt man ins Menü „Browse Libraries“, in dem man unter zu Hilfenahme der Suchfunktion das gewünschte Footprint auswählen kann.

### 3.4.6 Erstellen von Leiterbahnen

Die elektrischen Verbindungen, die im Schaltplan erstellt wurden, werden durch Luftlinien im Layout dargestellt. Die gewünschten Leiterbahnen werden über **Place → Interactive Routing** erstellt. Die Eigenschaften des Zeichenmenüs (Layer, Durchmesser, etc.) sind die gleichen wie beim Zeichnen von Linien. Allerdings werden Leiterbahnen auf dem Top- bzw Bottom-Layer erstellt und müssen die in den Design Rules vorgegebenen Eigenschaften (z.B. Durchmesser) erfüllen.

Wir platzieren alle Bauteile und erstellen die Leiterbahnen.

### 3.4.7 Der Design-Rule Check

Der Design Rule Check wird über **Tools → Design Rule Check** aufgerufen. Er überprüft, ob das Layout den in den Design Rules vorgegebenen Kriterien entspricht und meldet in einem Textfile (\*.DRC) etwaige Verstöße.

## 3.5 Globales Editieren

Protel bietet umfangreiche Funktionen, um die Eigenschaften von Objekten und Objektgruppen zu verändern. Hierzu dient der „Inspector“, der über die Taste F11 aufgerufen wird. Man kann jetzt Objekte, z.B. Leiterbahnen oder Bauteile, markieren und über den Inspector die Eigenschaften (Layer, Breite, Position, etc) verändern.

Um sich das lästige markieren von Hand zu ersparen, bietet es sich jedoch an, dies über die Funktion **Edit → Build Query** von Protel erledigen zu lassen.

Wir wollen die Pads des Flachbandsteckers P5 editieren. Wir wählen **Edit → Build Query** woraufhin sich das Menü „Building Query from Board“ öffnet. Hier können wir über Einschränkungen die gewünschten Elemente auswählen. Wir klicken auf „Add first Condition“ und wählen als erste Einschränkung „Belongs to Component“. Unter „Condition Value“ wählen wir das Bauteil „P5“ aus. Die zweite Einschränkung die wir setzen ist „Objekt Kind is“, als „Condition Value“ wählen wir hier „Pad“ aus. Wir entfernen das Häkchen für „Mask Matching“ und setzen ein Häkchen für „Select Matching“, „Clear Existing“ und „Run Inspector“. Durch einen Klick auf den Button „Apply“ markiert Protel alle Pads des Bauteils P5 und öffnet den Inspector.

Wir suchen uns im Inspector den Eintrag „Hole Size“ und ändern diesen Wert auf 20 mil ab. Ebenso ändern wir die Werte „Pad X Size (All Layers)“ und „Pad Y Size (All Layers)“ auf 60 mil und schließen den Inspector. Abschließend schließen wir das Menü „Building Query from Board“ und speichern die Einstellungen ab.

# 4 Erweiterte Funktionen

## 4.1 Erstellen eigener Layout-Bibliotheken

Obwohl die Bibliotheken von Protel sehr umfangreich sind, gibt es in der Praxis oft Bauformen, die nicht vorhanden sind. Man ist deshalb gezwungen, eigene Footprints (Layout eines Bauteils) zu erstellen.

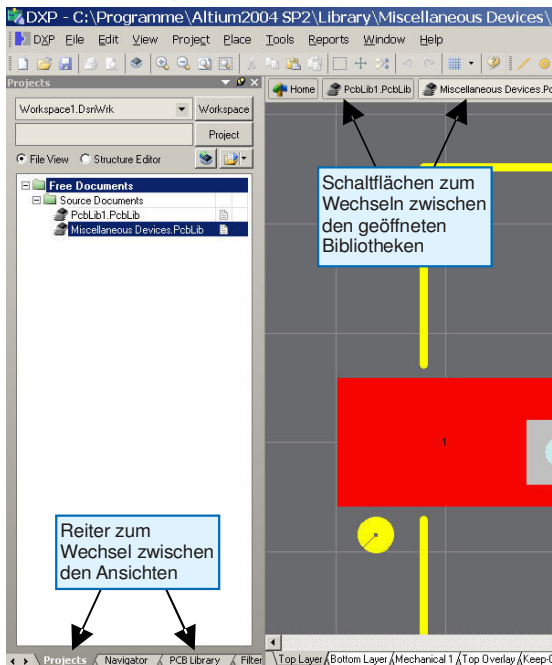
### 4.1.1 Erstellen einer neuen PCB-Bibliothek

Zum Erstellen einer neuen Bibliothek wählt man **File → New → Library → PCB Library**. Im Arbeitsbereich am linken Bildschirmrand im Menü *Projects* entsteht eine neue Bibliothek mit dem Namen „PcbLib1.PcbLib“. Wir klicken mit der rechten Maustaste auf diese Datei, wählen „Save As...“ und speichern diese in unserem Projektordner mit dem Dateinamen „SPS\_Design5“ ab.

### 4.1.2 Einbinden vorhandener Footprints

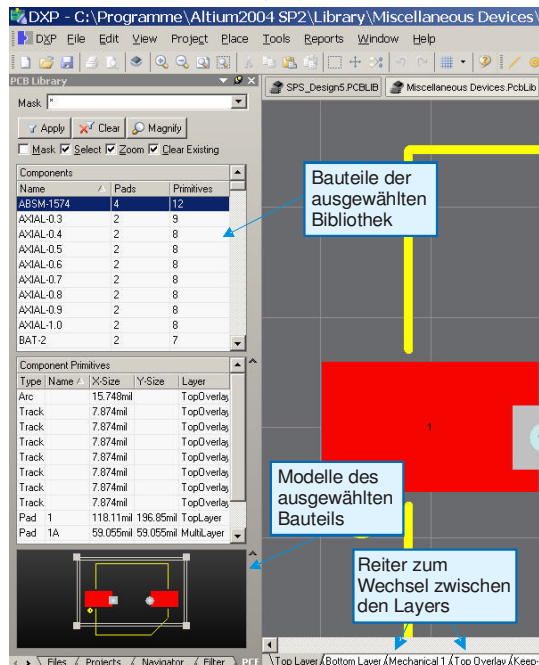
In diese Bibliothek wollen wir zunächst vorhandene Bauteile aus anderen Bibliotheken einbinden. Hierzu wird zunächst die PCB-Bibliothek geöffnet, welche die gewünschten Footprints enthält. Sollte sich das gewünschte Footprint in einer sogenannten „integrierten Bibliothek“ (Dateiendung *.IntLib*) befinden, so muss man diese zunächst extrahieren. Dies geschieht durch das Öffnen der gewünschten Bibliothek über **File → Open**. Im sich öffnenden Fenster „Extract Sources or Install“ wählen wir „Extract Sources“. Im Ordner auf der Festplatte, in dem sich die integrierte Bibliothek befindet, wurde nun ein neuer Unterordner angelegt. In diesem befindet sich jetzt die entsprechende PCB-Bibliothek, die wir jetzt öffnen können.

Ansicht: „Projects“



(Bild 4.1)

Ansicht: „PCB Library“



(Bild 4.2)

Als Beispiel wollen wir ein vorhandenes Footprint eines Widerstands in unsere Bibliothek einbinden. Dieser befindet sich in der Bibliothek „Miscellaneous Devices“ im Protel Ver-

zeichnis. Wir wählen **File** → **Open**, öffnen im Protel-Verzeichnis den Ordner *Library*, wählen hier den Unterordner *Miscellaneous Devices* und öffnen die Datei „*Miscellaneous Devices.PcbLib*“.

Im Arbeitsbereich am linken Bildschirmrand (*Bild 4.1*) im Menü *Projects* öffnet sich jetzt die Bibliothek mit dem Namen „*Miscellaneous Devices.PcbLib*“, die wir durch einen Doppelklick öffnen. Wir wechseln die Ansicht (*Bild 4.2*) des Arbeitsbereiches durch einen Klick auf den Reiter „PCB Library“ am unteren Bildschirmrand. Hierdurch wird der Inhalt der jeweiligen ausgewählten Bibliothek sichtbar.

Das Footprint das wir suchen trägt die Bezeichnung „*AXIAL-0.3*“. Wir suchen es in der Bauteilliste der „*Miscellaneous Devices.PcbLib*“, markieren ihn durch einen Klick mit der Rechten Maustaste und wählen im sich öffnenden Fenster „*Copy*“. Nun wechseln wir in unsere Bibliothek „*SPS\_Design5.PcbLib*“, klicken mit der rechten Maustaste auf die Bauteilliste und wählen *Paste*. Das Footprint „*AXIAL-0.3*“ wurde nun zu unserer PCB-Bibliothek hinzugefügt. Wir können die Bibliothek „*Miscellaneous Devices.PcbLib*“ ohne speichern schließen.

### 4.1.3 Erstellen eigener Footprints

Wir wollen ein Footprint für eine 10-poligen Steckleiste im Rastermaß 200 mil erstellen. Hierzu klicken wir mit der rechten Maustaste in die Bauteilliste unserer PCB-Bibliothek und wählen im sich öffnenden Menü den Eintrag „*New Blank Component*“. Es entsteht ein neues Footprint mit dem Namen „*PCBCOMPONENT1*“. Wir stellen unter **Help** → **Popups** → **Options** → **Grids...** die Werte für „*Snap Grid*“ (das Raster auf dem die platzierten Elemente verschoben werden) auf 25 mil und „*Visible Grid*“ (sichtbares Raster) auf 100 mil. Als nächstes setzen wir die Pads über **Place** → **Pad**. Vor dem Plazieren des ersten Pads drücken wir die TAB-Taste, um die Voreinstellungen der Pads zu setzen und ändern die folgenden Einstellungen:

<b>Voreinstellungen</b>		
<b>Einstellung</b>	<b>Wert</b>	<b>Erklärung</b>
Hole Size	5 mil	Bohrlochdurchmesser
X-Size	100 mil	Pad-Breite
Y-Size	100 mil	Pad-Länge
Layer	Multi-Layer	Multilayer-Pads sind auf allen Layern sichtbar
Designator	1	Startwert der automatischen Pad-Nummerierung

Der Einfachheit halber sollte darauf geachtet werden, dass die vergebene Designator-Bezeichnung der Pads mit den Pin-Bezeichnungen des Bauteils aus der Schematic-Bibliothek übereinstimmen, da Protel sonst die Pads nicht automatisch den Pins zuordnet, was ein lästiges nacheditieren in der Schematic-Bibliothek zur Folge hat.

Die Punktkoordinaten werden in der unteren linken Ecke des Bildschirms angezeigt. Wir platzieren das erste Pad im Punkt (0,0), die weiteren neun Pads jeweils um 200 mil in X-Richtung versetzt und beenden das Menü durch die Taste ESC.

Jetzt fehlt nur noch die Dimension des Bauteils, die wir einzeichnen müssen, um nicht später im Layout versehentlich ein anderes Bauteil an die Stelle zu setzen, an der sich die Steckerleiste befindet. Diese Umrandung zeichnen wir auf das „*Top Overlay Layer*“, welches wir zunächst am unteren Bildschirmrand auswählen. Unsere Steckerleiste hat die Abmessungen 350 mil x 2100 mil, wir zeichnen also ein Rechteck mit diesen Abmessungen über **Place** → **Line** in unser Footprint ein.

Das Zeichnen beginnt durch einen Klick mit der linken Maustaste auf den gewünschten Startpunkt und endet durch einen Klick mit der linken Maustaste auf den gewünschten Endpunkt. Mit der rechten Maustaste wird das Zeichnen der Linie unterbrochen, mit der Taste ESC beendet man das Zeichenmenü. Durch das Drücken der TAB Taste während des Zeichnens lassen sich die Linieneigenschaften einstellen. Linieneigenschaften (Dicke und Layer) lassen sich auch nachträglich durch einen Doppelklick auf die Linie ändern. Das Drücken der Taste LEER und der Tastenkombination SHIFT+LEER während des Zeichnens ändern die Winkel- und Eckeinstellungen der Linie. Unser Rechteck hat die Eckpunkte (-150,-175),(1950,-175),(1950,175) und (-150,175), wobei alle Angaben in mil sind. Nach dem Einzeichnen der Linien ist unser Footprint fertig, wir benennen es durch einen Doppelklick auf den bisherigen Namen „PCBCOMPONENT1“ in „Stiftleiste10\_5.08“ um, geben im Feld „Description“ *Stiftleiste 10-Pol RM5.08mm* ein und speichern die Bibliothek ab.

## 4.2 Erstellen eigener Schaltplan-Bibliotheken

Das Erstellen eigener Bibliotheken kann sehr sinnvoll sein, da es Zeit spart und die Arbeit wesentlich übersichtlicher wird. Fasst man beispielsweise oft benötigte Bauteile in einer eigenen Bibliothek zusammen, so muss man nicht für jeden Widerstand die Suchfunktion benutzen. Protel arbeitet mit drei verschiedenen Bibliotheken. Die Schematic-Bibliotheken (Endung .SchLib) und die PCB-Bibliotheken (Endung .PcbLib). Schließlich gibt es noch die sogenannten integrierten Bibliotheken (Endung .IntLib), welche Schematic- und PCB-Bibliothek vereint.

### 4.2.1 Erstellen einer neuen Schematic-Bibliothek

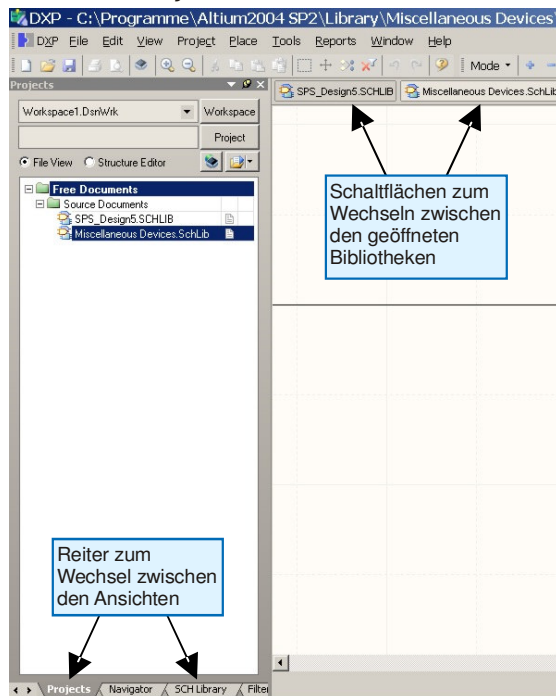
Zum Erstellen einer neuen Bibliothek wählt man **File → New → Library → Schematic Library**. Im Arbeitsbereich am linken Bildschirmrand im Menü *Projects* entsteht nun eine neue Bibliothek mit dem Namen „Schlib1.SchLib“. Wir klicken mit der rechten Maustaste auf diese Datei, wählen „Save As...“ und speichern diese in unserem Projektordner mit dem Dateinamen „SPS\_Design5“ ab.

### 4.2.2 Einbinden vorhandener Bauteile

In diese Bibliothek wollen wir zunächst vorhandene Bauteile aus anderen Bibliotheken einbinden. Sollten sich diese in sogenannten „integrierten Bibliotheken“ (Dateiendung .IntLib) befinden, so muss man diese zunächst extrahieren. Dies geschieht durch das Öffnen der gewünschten Bibliothek über **File → Open**. Im sich öffnenden Fenster „Extract Sources or Install“ wählen wir „Extract Sources“. Im Arbeitsbereich am linken Bildschirmrand erscheint im Menü „Projects“ die geöffnete Bibliothek.

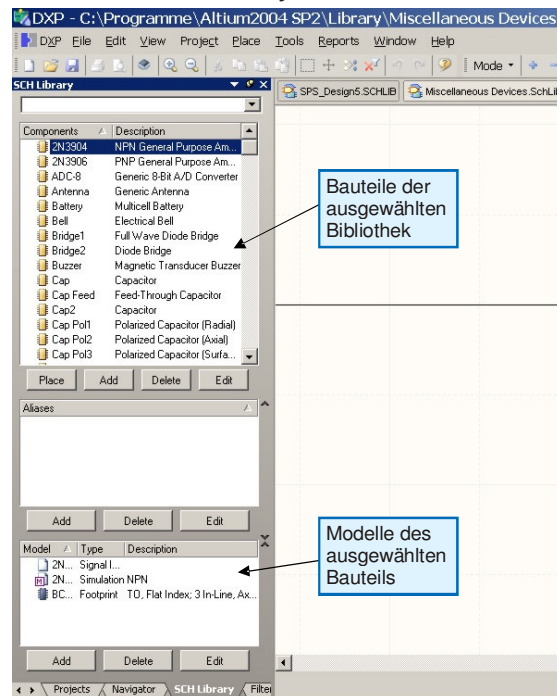


Ansicht: "Projects"



(Bild 4.3)

Ansicht: "SCH Library"



(Bild 4.4)

Als Beispiel wollen wir einige vorhandene Bauteile in unsere Bibliothek einbinden. Zunächst einen Widerstand. Dieser befindet sich in der Bibliothek „Miscellaneous Devices“ im Protel Verzeichnis. Wir wählen **File** → **Open**, öffnen im Protel-Verzeichnis den Ordner *Library*, wählen hier den Unterordner *Miscellaneous Devices* und öffnen die Datei „Miscellaneous Devices.SchLib“. Da es sich nicht um eine integrierte Bibliothek handelt, muss diese nicht extrahiert werden.

Im Arbeitsbereich am linken Bildschirmrand (Bild 4.3) im Menü *Projects* öffnet sich jetzt die Bibliothek mit dem Namen „Miscellaneous Devices.SchLib“, die wir durch einen Doppelklick öffnen. Wir wechseln die Ansicht des Arbeitsbereiches durch einen Klick auf den Reiter „SCH Library“ am unteren Bildschirmrand. Hierdurch wird der Inhalt der jeweiligen ausgewählten Bibliothek sichtbar (Bild 4.4).

Den Widerstand den wir suchen trägt die Bezeichnung „Res2“. Wir suchen ihn in der Bauteilliste der „Miscellaneous Devices.SchLib“, markieren ihn durch einen Klick und wählen **Tools** → **Copy Component...** Im darauffolgenden Fenster bestimmen wir die Zielbibliothek (in unserem Fall ist das die „SPS\_Design5.SchLib“) und bestätigen unsere Wahl durch einen Klick auf OK. Der Widerstand wurde zu unserer Bibliothek hinzugefügt. Es wurden auch die Bauformen für das Layout (sog. „Footprints“) übernommen.

Als nächstes wollen wir einen Jumper in unserer Bibliothek implementieren. Auch er befindet sich in der Bibliothek „Miscellaneous Devices“ im Protel Verzeichnis. Da wir diese Bibliothek bereits geöffnet haben, müssen wir den Jumper nur noch aus der Bauteilliste auswählen und wie oben über **Tools** → **Copy Component...** in unsere Bibliothek einbinden. Wir bestätigen durch einen Klick auf OK. Auch der Jumper wurde mit den Footprints zu unserer Bibliothek hinzugefügt. Zuletzt speichern wir unsere Bibliothek mit **File** → **Save** ab.

Auf die gleiche Weise ist es auch möglich, mehrere Bauteile gleichzeitig in die eigene Bibliothek zu kopieren. Will man weitere Bauteile einbinden, so empfiehlt es sich die Suchfunktion zu benutzen, um herauszufinden, in welcher Bibliothek sich das gewünschte Bauteil befindet.

## 4.2.3 Erstellen eigener Bauteile

Nicht alle Bauteile sind in den vorinstallierten Bibliotheken zu finden. Man ist deshalb manchmal gezwungen, eigene Bauteile zu erstellen.

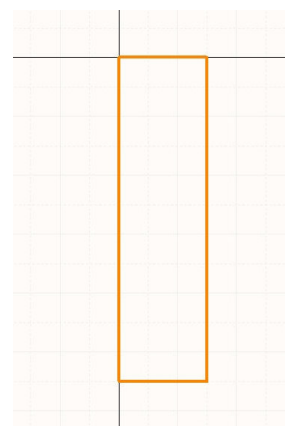
### 4.2.3.1 Voreinstellungen

Wir wollen eine 10-polige Anschlussleiste selbst erstellen. Normalerweise fügt man Bauteile zu bestehenden Bibliotheken über **Tools** → **New Component** hinzu. Da aber in unserer Bibliothek „SPS-Design5.SchLib“ bereits ein leeres Bauteil namens „Component\_1“ existiert, benennen wir dies einfach über **Tools** → **Rename Component...** in „Stiftleiste\_10POL“ um. Klicken wir dieses Bauteil an, öffnet sich ein leeres Dokument, in dem wir unser Bauteil zeichnen können. Ein schwarzes Kreuz markiert den Punkt, an dem später das Bauteil beim platzieren “gehalten“ wird. Es empfiehlt sich also, diesen Punkt in der Nähe des ersten Pins zu platzieren. Über **Edit** → **Jump** → **Origin** (oder die Tastenfolge „j+o“) zentriert man dieses Kreuz auf die Seitenmitte. Unser Bauteil erstellen wir nun um diesen Punkt herum. Über **Tools** → **Document Options...** lassen sich die Seiteneinstellungen ändern. Unter dem Reiter „Library Editor Options“ ändern wir die Werte für „Snap Grid“ (das Raster auf dem die platzierten Elemente verschoben werden) auf 1, „Visible Grid“ (sichtbares Raster) auf 10 und setzen Häkchen in beide Kontrollkästen. Unter dem Reiter Units lassen sich die Längeneinheiten einstellen. Wir arbeiten jedoch mit dem „Imperial Unit System“ und lassen die Einstellungen auf „DXP Defaults“. Durch einen Klick auf OK bestätigen wir unsere Einstellungen. Sollte kein Raster im Dokument sichtbar sein, zoomen wir über die Bild-Tasten der Tastatur (Page Up/Down) hinein, bis das Raster sichtbar wird.

### 4.2.3.2 Zeichnen eigener Bauteile

Die Punktkoordinaten werden in der unteren linken Ecke des Bildschirms angezeigt. Eine Linie zeichnen wir durch den Aufruf von **Place** → **Line**. Das Zeichnen beginnt durch einen Klick mit der linken Maustaste auf den gewünschten Startpunkt und endet durch einen Klick mit der linken Maustaste auf den gewünschten Endpunkt. Mit der rechten Maustaste wird das Zeichnen der Linie unterbrochen, mit der Taste ESC beendet man das Zeichenmenü. Durch das Drücken der TAB Taste während des Zeichnens lassen sich die Linieneigenschaften einstellen. Linieneigenschaften (Farbe, Dicke etc.) lassen sich auch nachträglich durch einen Doppelklick auf die Linie ändern. Das Drücken der Taste LEER und der Tastenkombination SHIFT+LEER während des Zeichnens ändern die Winkel- und Eckeinstellungen der Linie. Sollte sich der Platzierungspunkt verschieben, so lässt er sich über **Edit** → **Jump** → **Origin** (Tasten „j+o“) erneut zentrieren.

Als erstes erstellen wir die Umriss des Bauteils (Bild 4.5). Hierzu wählen wir **Place** → **Line** und ändern die Linienfarbe in orange (TAB). Die erste Linie beginnen wir im Punkt (0,0) und beenden sie im Punkt (0,-110). Die zweite Linie beginnen wir bei (0,-110) und beenden sie bei (30,-110). Die übrigen 2 Linien zeichnen wir von (30,-110) nach (30,0), danach von (30,0) nach (0,0) und beenden das Zeichenmenü (ESC). Linieneigenschaften (Farbe, Dicke etc.) lassen sich auch nachträglich durch einen Doppelklick auf die Linie ändern.



(Bild 4.5)

### 4.2.3.3 Hinzufügen der Pins

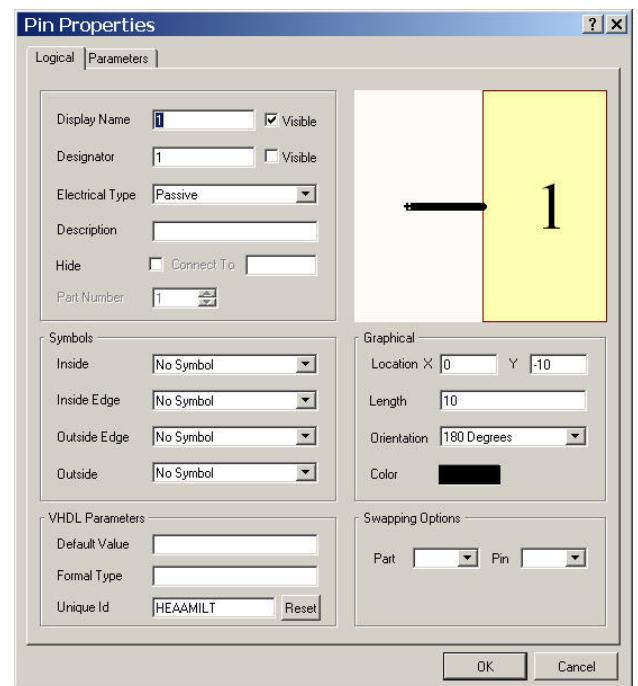
Die Pins sind das wichtigste an einem Bauteil, denn sie stellen die Verbindungspunkte zur Schaltung dar. Pins haben 2 Enden, wobei jedoch nur eine Seite elektrische Eigenschaften hat. Diese Seite ist durch ein kleines schwarzes Kreuz markiert und muss immer vom Bauteil weg zeigen, da dieses Kreuz der spätere Verbindungspunkt für eine Leitung sein wird.

Einen Pin erstellen wir durch den Aufruf von **Place** → **Pin**. Wie beim Erstellen von Linien ruft auch hier das Drücken der TAB Taste während des Platzierens der Pins ein Menü für die Voreinstellungen auf. Es empfiehlt sich, dieses Menü vor dem Platzieren des ersten Pins aufzurufen, da die eingestellten Parameter als Voreinstellung für alle Pins übernommen werden und man sich somit lästiges nacheditieren erspart. Auch die Pin-Nummern werden so automatisch vergeben. Pins werden durch einen Klick mit der linken Maustaste platziert, ESC beendet die Eingabe.

Während des Platzierens lassen sich die Pins durch die Taste LEER in die gewünschte Position drehen.

Wir wollen unsere Pins hinzufügen. Wir wählen **Place** → **Pin** und rufen das Parameter-Menü (TAB) auf (Bild 4.6). Wir ändern die Werte für „Display Name“ und „Designator“ auf 1, da dies die Startwerte für die Pin-Nummern sind, die automatisch vergeben werden. Es reicht jedoch, „Display Name“ anzuzeigen, deshalb aktivieren wir hier „visible“, während wir diese Option für „Designator“ deaktivieren. Die Option „Electrical Type“ wird für den ERC (Electrical Rule Check) benötigt. Für die meisten Bauteile, wie auch hier, reicht die Option „passive“ völlig aus. Die Option „Hide“ ist für Pins gedacht, die einem festen Signal zugewiesen werden sollen und deshalb versteckt werden. Beispielsweise könnte man einen Pin verstecken und ihm über das Feld „Connect To“ den Wert GND

zuweisen, woraufhin er dann automatisch auf dieses Signal gelegt wird. Diese Option macht in unserem Fall jedoch keinen Sinn, deshalb lassen wir sie unberührt. Zum Schluß ändern wir noch den Wert für die Pin-Länge, also den Wert „Length“ unter „Graphical“ auf 10 und bestätigen unsere Einstellungen mit OK.

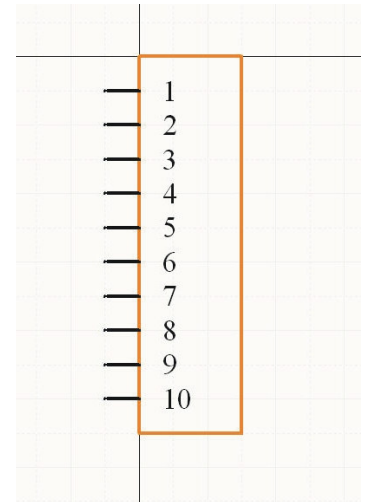


(Bild 4.6)

Bevor wir nun den ersten Pin setzen, überprüfen wir ob der Anschlusspunkt des Pins vom Bauteil weg zeigt und drehen ihn gegebenenfalls in die richtige Position (LEER).

Den ersten Pin erstellen wir im Punkt (-10,-10). Die nächsten Pins setzen wir an die Stellen (-10,-20),(-10,-30),...(-10,-100) und beenden die Eingabe (ESC).

Als letztes öffnen wir durch einen Doppelklick auf den Bauteilnamen in der Bauteilliste der Bibliothek das Menü „Library Component Properties“ und geben dort im Feld „Default Designator“ den Wert „P?“ ein. Das Fragezeichen steht als Platzhalter für die später beim Platzieren vergebene Nummerierung.



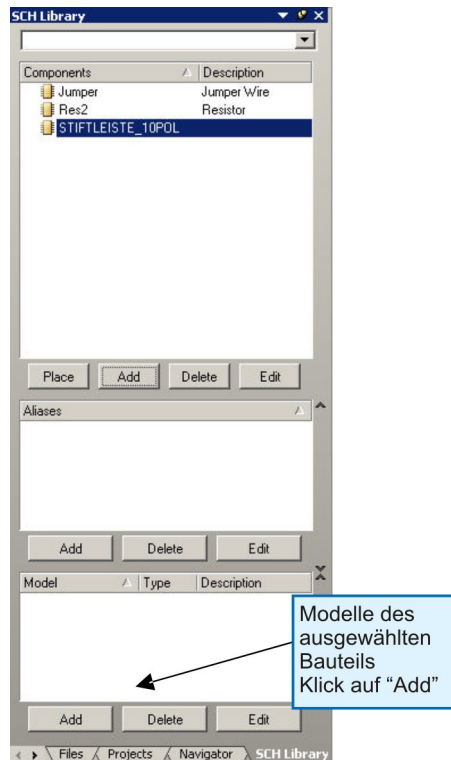
(Bild 4.7)

Mit **File** → **Save** speichern wir unsere Bibliothek „SPS\_Design5.SchLib“ ab.

Sollten nun für mehrere Pins die Einstellungen geändert werden, so ist dies am komfortabelsten über den „Component Pin Editor“ möglich. Man öffnet ihn durch einen Klick auf den Button „Edit Pins“ in der linken unteren Ecke des Menüs „Library Component Properties“.

## 4.2.4 Zuweisen eines Layout-Modells

Wir wollen zuerst entscheiden, welche Bauform das Bauteil im späteren Layout haben soll. Protel arbeitet hierfür mit sogenannten „Footprints“ (Modelle), die in eigenen PCB-Bibliotheken (Endung .PcbLib) gespeichert werden. Im Gegensatz zu den Schaltplan-Bibliotheken (Endung .SchLib) können jedoch keine integrierten Bibliotheken (Endung .IntLib) verarbeitet werden. Man kann eine beliebige Anzahl von Footprints aus verschiedenen PCB-Bibliotheken zu einem Bauteil hinzufügen, die später im Layout ausgewählt werden können.



(Bild 4.8)

Wir wollen als erstes ein fertiges Layout hinzufügen. Hierzu markieren wir zunächst unser Bauteil „Stiftleiste\_10POL“. Durch einen Klick auf den Button „Add“ im Fenster „Modell“ (Bild 4.8) öffnet sich das Menü „Add New Modell“. Wir wählen „Footprint“ und klicken OK. Es öffnet sich das Menü „PCB Model“. Durch einen Klick auf den Button „Browse...“ gelangen wir zum Menü „Browse Libraries“.

Das Modell das wir hinzufügen wollen trägt den Namen „HDR1X10“ und befindet sich in der PCB-Bibliothek „Miscellaneous Connectors.PcbLib“ im Verzeichnis *Library\Miscellaneous Connectors* von Protel. Wir benutzen die Suchfunktion, darum klicken wir auf den Button „Search...“ und geben den Namen des Footprints (HDR1x10) ein. Um die Suchzeit zu verkürzen empfiehlt es sich, unter „Path“ den entsprechenden Ordner anzugeben, „Include Subdirectories“ zu deaktivieren und „Scope“ auf „Libraries on Path“ zu setzen. Nach einem Klick auf den Button „Search“ sollte die entsprechende Datei schnell gefunden und im Menü „Browse Libraries“ aufgelistet sein. Wir markieren Sie und klicken OK. Im Menü „PCB Model“ klicken wir auf „Pin Map...“.

Es öffnet sich das Menü „Model Map“, in dem die Verknüpfung zwischen den Pins (Component Pin Designator) und den Pads (Model Pin Designator) angezeigt wird. Sollten die Pad-Designators des gewählten Footprints nicht mit denen der Pins übereinstimmen, können hier unter „Model Pin Designator“ die entsprechenden Pad-Designators eingetragen werden. Nach dem bearbeiten bestätigen wir alle noch offenen Menüs mit OK. Das entsprechende Layout-Modell wurde hinzugefügt und wir können unsere Bibliothek abspeichern.

Auf die gleiche Weise implementieren wir noch unser selbst erstelltes Modell „**Stiftleiste10\_5.08**“ aus der PCB-Bibliothek „*SPS\_Design5.PcbLib*“, speichern unsere Bibliothek ab und schließen sie.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Protel ist die richtige Wahl für all diejenigen, die ihre Platinen professionell erstellen möchten. Durch seine umfangreichen Funktionen bietet es dem versierten Benutzer die Möglichkeit, strukturiert und zeitsparend zu arbeiten. Bringt man eine gewisse Erfahrung im Umgang mit anderen Layout-Programmen (z.B. Eagle) mit, ist der Umstieg recht einfach und die Einarbeitung sollte keine größeren Probleme mit sich bringen. Der enorme Funktionsumfang wird es einem Anfänger jedoch schwer machen, den Einstieg zu finden. Es macht daher wenig Sinn, Protel als Einstieg in der Lehre zu verwenden. Hierfür ist ein Programm wie Eagle mit sehr überschaubarem Funktionsumfang sicherlich besser geeignet. Wenn man jedoch intensiver mit diesen Programmen arbeitet stößt man sehr schnell an die Grenzen. Protel bietet hier einfach die effizienteren Möglichkeiten, da Bibliothekenverwaltung, Suchfunktionen, Bauteilmodellierung, Projektverwaltung und das Editieren von Schaltungen und Layouts wesentlich einfacher und schneller zu bewerkstelligen sind. Eagle bietet diese Funktionen nur sehr eingeschränkt oder gar nicht. Für den Einsatz in der Lehre wäre es jedoch wünschenswert, wenn es Studentenversionen bzw. Versionen mit eingeschränktem Funktionsumfang (beispielsweise in der Platinengröße) dieses Programms geben würde, da Studenten dann diese Programme auch zuhause nutzen könnten, was die Arbeit erleichtern würde.

Im Rahmen dieser Arbeit sollte nur ein erster Einstieg in Protel gegeben werden, indem die Grundfunktionen erklärt werden. Protel bietet jedoch weitere interessante Möglichkeiten, mit denen man sich in weiteren Arbeiten befassen sollte. Noch offene Themen wären beispielsweise:

- Hierarchisches Arbeiten
- Schaltungssimulation & Electrical Rule Check
- Autorouting & Autoplacer
- VHDL mit Protel
- 3D & Simulationsmodelle für Bauteile