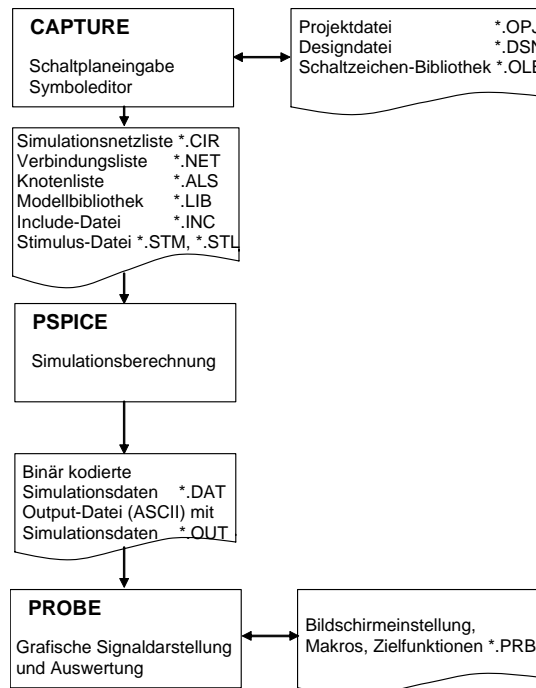


## 2 Schneller Einstieg in CAPTURE und PSPICE

Zum Softpaket ORCAD gehört eine Reihe von Programmen, welche die Eingabe einer Schaltung, deren Test sowie das Layout der Leiterkarte und EMV-Untersuchungen ermöglichen.

Der erste vorhandene Programmteil war PSPICE, der für die Simulation von Schaltungen zuständig ist. Ursprünglich wurde die Schaltung in einen Texteditor als so genannte Circuit-Datei eingegeben und PSPICE lieferte als Ergebnis der Simulation ebenfalls wieder eine Textdatei, die so genannte Output-Datei. Beide Dateien sind auch heute noch als Zwischenprodukte vorhanden, aber das Erstellen des Schaltplans und die Ausgabe der Ergebnisse erfolgen auf einer grafischen Oberfläche. Die Schaltungen werden heute überwiegend mit einem grafischen Schaltungplaneditor, früher SCHEMATICS, ab Version 9 CAPTURE (s. Bild 2.1) eingegeben. Die Ergebnisse der Simulation können in vielen Fällen mit dem „Oszilloskop-Programm“ PROBE grafisch dargestellt werden. Nur in wenigen Fällen wird noch die Output-Datei benötigt.

Bei der Entwicklung einer Schaltung geht man in vier Schritten vor:



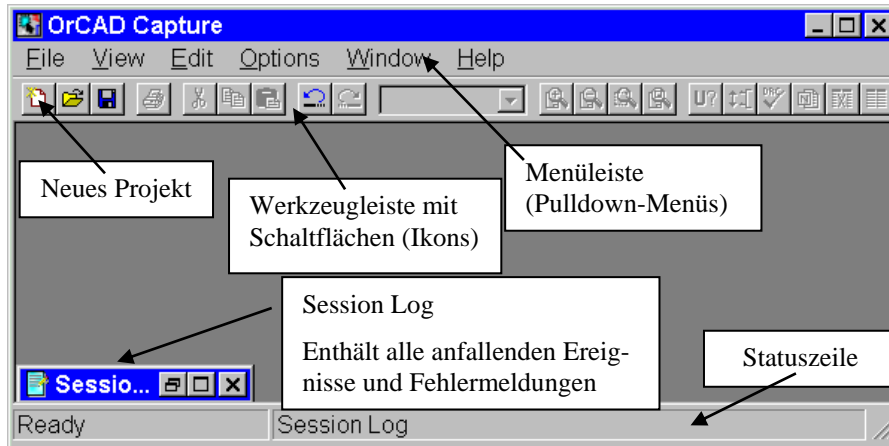
**Bild 2.1** Die wichtigsten Programmteile und Dateien

1. Mit dem Programmteil CAPTURE die Schaltung zeichnen
2. Die Analyseart auswählen und festlegen, ebenfalls in CAPTURE
3. Mit PSPICE die Schaltung simulieren
4. Die Ergebnisse mit PROBE darstellen

### 2.1 Mit CAPTURE die Schaltung eingeben

Sie starten den Schaltungplaneditor CAPTURE, indem Sie im WINDOWS Programmmenü (START-Taste, PROGRAMME) den Ordner ORCAD anklicken und darin je nach installierter

Version CAPTURE, CAPTURE CIS (LITE oder DEMO)<sup>1</sup> auswählen. Es öffnet sich darauf das CAPTURE-Fenster mit dem Titel OrCAD CAPTURE, wie in Bild 2.2 dargestellt.



**Bild 2.2** Oberfläche des Schaltplaneditors CAPTURE

Die zahlreichen Funktionen des Schaltplaneditors können über die Pull-down-Menüleiste ausgewählt werden. Die wichtigsten Befehle stehen zusätzlich über Werkzeug-Schaltflächen (Ikons, Buttons) zur Verfügung. Bewegt sich der Cursor auf eine dieser Schaltflächen, so wird nach kurzer Zeit eine Bezeichnung der Funktion eingeblendet.

Die Arbeit mit CAPTURE ist projektorientiert, d.h. Sie müssen erst ein Projekt anlegen, bevor Sie eine Schaltung eingeben und simulieren können. Diesem Projekt werden alle anfallenden Dateien, wie Schaltungs-, Stimulus- und Ergebnisdatei sowie die verwendeten Bauteile und Simulationsprofile zugeordnet. Legen Sie nun ein neues Projekt an, indem Sie im Menü FILE den Eintrag NEW/PROJECT anwählen oder auf die zugehörige Schaltfläche klicken. Es öffnet sich das Fenster NEW PROJECT (s. Bild 2.3).

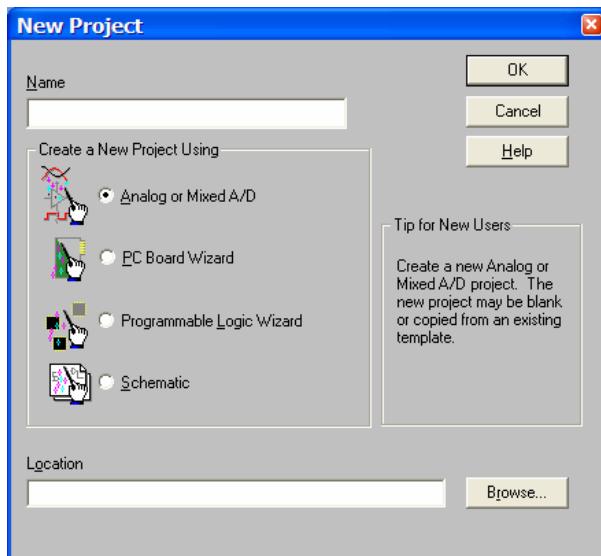


Geben Sie im Feld NAME einen Namen für das neue Projekt ein, beispielsweise *RCTiefpass*. Wählen Sie die Option ANALOG OR MIXED-A/D und tragen Sie unter LOCATION ein, in welchem Unterverzeichnis (vollständiger Pfad) das Projekt abgespeichert werden soll<sup>2</sup>. Falls der Ordner noch nicht vorhanden ist, wird er angelegt. Wenn Sie alle Angaben eingegeben haben, verlassen Sie das Fenster durch Anklicken von OK.

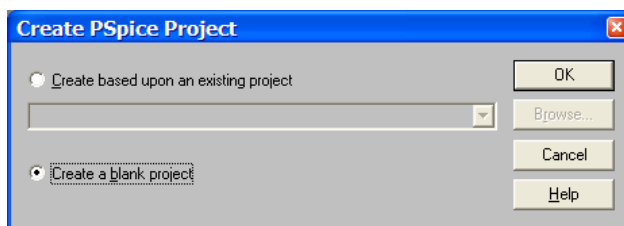
Es wird sogleich das Fenster CREATE PSPICE PROJECT geöffnet. In den meisten Fällen werden Sie ein vollständig neues Projekt beginnen und deshalb den Schalter CREATE A BLANK PROJECT betätigen. Falls Ihr Projekt ähnlich sein soll, wie ein bereits vorhandenes, können Sie dessen Eigenschaften durch Anklicken des Schalters CREATE BASED UPON AN EXISTING PROJECT und Eingabe des Projektnamens in das neue Projekt kopieren.

<sup>1</sup> Selbstverständlich können Sie die Beispiele in diesem Buch auch mit der Vollversion durcharbeiten.

<sup>2</sup> Legen Sie zuvor in Ihrem OrCAD-Ordner ein Unterverzeichnis für ihre Projekte an, z.B. *C:\Program Files\OrCAD\_Demo\Projects*. Es ist sehr zu empfehlen, jedes einzelne Projekt in einem separaten Unterverzeichnis abzulegen.



**Bild 2.3** Das Fenster NEW PROJECT zum Anlegen eines neuen Projekts



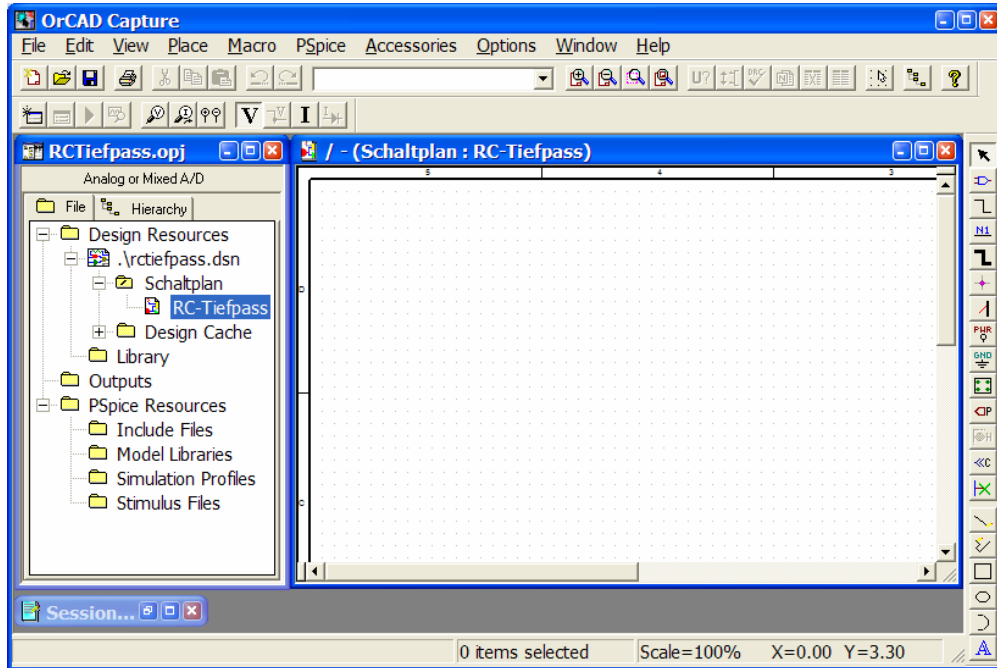
**Bild 2.4** Das Fenster CREATE PSPICE PROJECT zur Auswahl einer Projektvorlage

**Hinweis:**

Falls Sie noch mit einer älteren Version arbeiten und sich nicht das Fenster CREATE PSPICE PROJECT, sondern das Fenster ANALOG MIXED-MODE PROJECT WIZARD öffnet, klicken Sie einfach auf die Schaltfläche FERTIG STELLEN. Die gewünschten Bibliotheken werden später unter PLACE/PARTS geladen.

Im Arbeitsfenster von CAPTURE finden Sie jetzt zwei zusätzliche Fenster, die Sie nach Ihren Vorstellungen anordnen können (s. Bild 2.5). Das Fenster des Projektmanagers ist mit RCTIEFPASS.OPJ überschrieben, also mit dem Namen, den wir vorher eingegeben haben. Der Projektmanager gibt einen Überblick über die im Projekt angelegten Schaltungen und Simulationsprofile sowie über den hierarchischen Aufbau. Unter *rctiefpass.dsn* finden Sie einen Ordner *SCHEMATIC1* mit der ersten Seite *PAGE1*, dem noch leeren Schaltplan, dessen noch leere Zeichenoberfläche im rechten Fenster geöffnet ist. Dem Zeichnungsordner und der leeren Seite geben wir gleich einen sinnvollen Namen. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Namen *SCHEMATIC1* und wählen Sie im sich öffnenden Kontextmenü den Eintrag *Rename* (alternativ: *DESIGN/RENAME*). Geben Sie im Dialogfenster *RENAME SCHEMATIC* den Namen *Schaltplan* ein. Verändern Sie ebenso die Bezeichnung *PAGE1* in *RC-Tiefpass*. Entsprechend wird sich die Kopfzeile im Fenster des Schaltplans ändern in *Schaltplan:RC-Tiefpass*.

Im Ordner *Design Cache* legt CAPTURE alle verwendeten Bauteile ab, sodass die Schaltung später unabhängig von den Bibliotheken wird. Im Ordner *Library* werden später die ausgewählten Schaltzeichenbibliotheken aufgeführt.

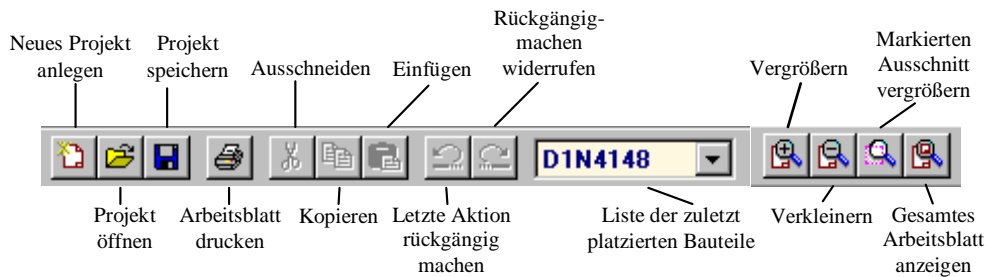


**Bild 2.5** Das CAPTURE-Arbeitsfenster mit Projektmanager, Zeichenoberfläche und Session-Log-Fenster

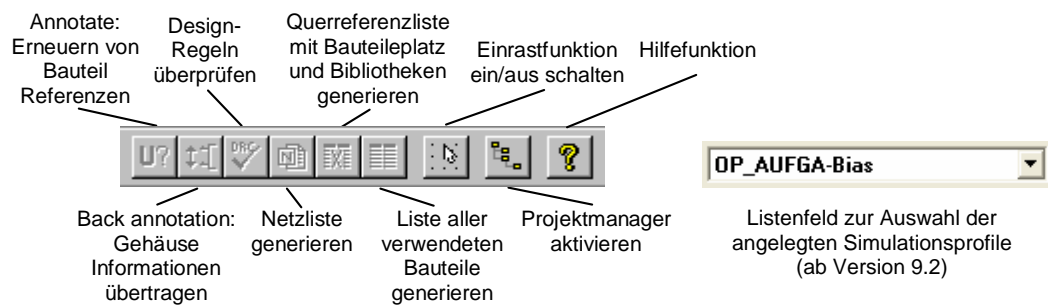
Wenn Sie mit der Maus in das Zeichenfenster klicken, wird am rechten Rand die Werkzeugpalette sichtbar. Klicken Sie nacheinander in die einzelnen Fenster und beobachten Sie, wie sich dadurch die Fenster und die Schaltflächen in den Werkzeugleisten verändern. Die gewünschten Funktionen können über die Ikonen und die Pulldown-Menüs sowie über Tastenkombinationen (Shortcuts) und über das kontextsensitive Popup-Menü, das sich über die rechte Maustaste öffnet, ausgewählt werden.

Hier nun einen Überblick über die Bedeutung der Symbole in den Werkzeugleisten. Es werden immer nur die Symbole farbig dargestellt, die im Augenblick angewendet werden können. Die anderen sind grau. Die Symbole sind im Folgenden in den gleichen funktionalen Gruppen wie in CAPTURE angeordnet. In den weiteren Kapiteln dieses Buches insbesondere bei den Übungsaufgaben werden die gerade hilfreichen Ikonen am äußeren Rand, in der Marginalspalte, aufgeführt.

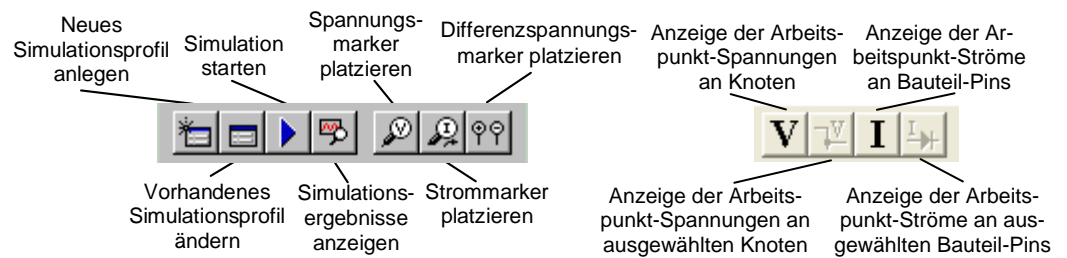
Das Fenster SESSION LOG kann evtl. verdeckt sein, weil entweder der Projektmanager oder die Zeichenoberfläche darüber liegt. Es ist aber auch möglich, dass das CAPTURE-Fenster erst vergrößert werden muss. Vorerst kann dieses Fenster noch minimiert bleiben. Es wird verwendet, um Fortschrittsbericht und Fehlermeldungen bei der Simulation einzutragen.



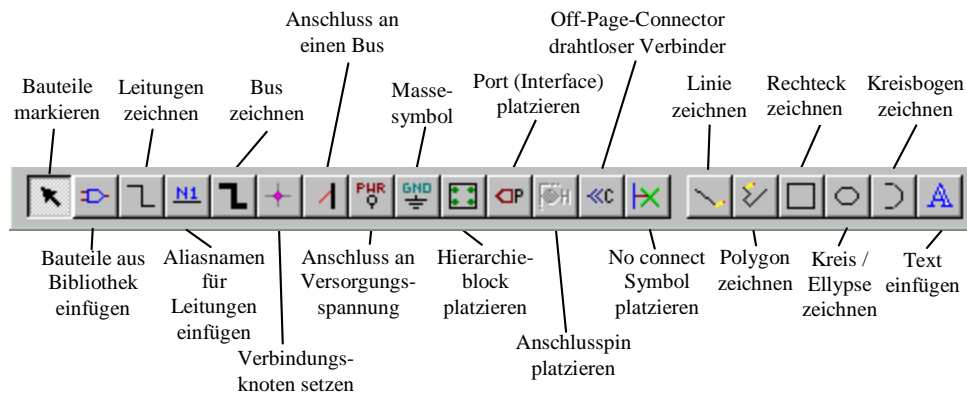
**Bild 2.6** Standard CAPTURE Schaltflächen



**Bild 2.7** Weitere Schaltflächen in CAPTURE



**Bild 2.8** Schaltflächen für Simulationsprofile, Simulationsstart, Marker sowie Spannungs- und Stromanzeige



**Bild 2.9** Schaltfläche in der Werkzeug-Palette

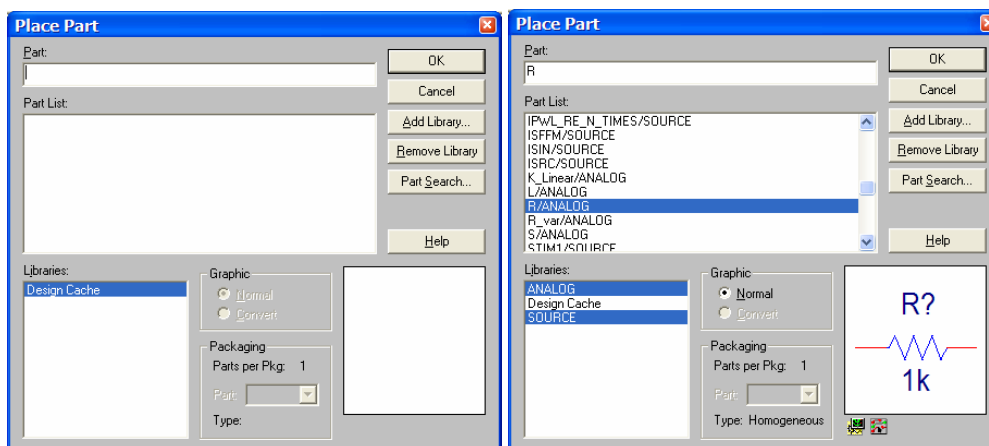


Wir werden nun eine kleine Schaltung eingeben. Aktivieren Sie dazu das Zeichenfenster mit einem Mausklick und gehen Sie über das Menü PLACE/PART oder durch Anklicken der entsprechenden Schaltfläche in das Dialogfenster PLACE PART (s. Bild 2.10). Im Feld *Libraries* sind noch keine Bibliotheken eingetragen und der *Design Cache* ist noch leer, deshalb sehen Sie im Feld *Part List* auch keine Bauteile.

Bauteile sind in Bibliotheken untergebracht. Es gibt Schaltzeichenbibliotheken (Symbolbibliotheken), in denen die Schaltzeichen als grafische Information untergebracht sind, und die Modellbibliotheken, in denen sich die Modelle für die Berechnung des Verhaltens der Bauteile befinden. Zunächst benötigen wir die Schaltzeichenbibliotheken, um den Schaltplan zeichnen zu können. Diese haben in CAPTURE die Endung *.olb*. Die Berechnungsmodelle befinden sich in Bibliotheken mit der Dateiendung *.lib*. Die Anzahl der vorhandenen sowie der in einem Design gleichzeitig einsetzbaren Bibliotheken ist in der Demoversion stark begrenzt.

Nach Klick auf die Schaltfläche ADD LIBRARY öffnet sich das Fenster BROWSE FILE, in dem Sie in den Demoversionen den Inhalt des Verzeichnisses `..\CAPTURE\LIBRARY\PSPICE` sehen. Wir benötigen für das erste sehr einfache Beispiel nur Bauteile aus den Bibliotheken *analog.olb* und *source.olb*. Markieren Sie nacheinander beide Dateinamen und halten Sie dabei die Taste <Strg> gedrückt. Nach Klick auf ÖFFNEN sind Sie wieder im Fenster PLACE PART und finden dort im Feld *Libraries* die gewählten Bibliotheken und im Feld *Part List* deren Inhalt.

Tippen Sie nun im linken oberen Fensterteil PART den Buchstaben r oder R ein. Es erscheint darunter der Eintrag *R/ANALOG*, also das Bauteil *R* aus der Bibliothek *analog.olb*. Wenn Sie dies markieren, erhalten Sie rechts unten das entsprechende Symbol des Bauteils abgebildet. Mit einem Klick auf die Schaltfläche OK übernehmen Sie den Widerstand in die Zeichenoberfläche.

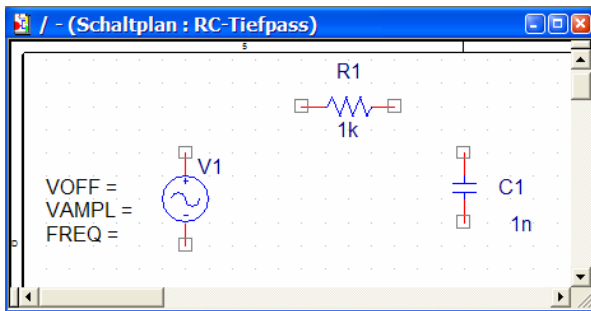


**Bild 2.10** Fenster PLACE/Part

links: noch keine Bibliotheken ausgewählt, rechts: zwei Bibliotheken hinzugefügt.

Das Bauteil klebt nun am Mauszeiger und kann mit Mausklicks beliebig oft platziert werden. Bei Bedarf können Sie das Symbol durch Betätigen der Taste <R> (Rotate) bereits vor dem Platzieren von der waagrechten in die senkrechte Position drehen. Das Platzieren eines Bauteils können Sie nun auf zwei verschiedene Weisen abbrechen. Am einfachsten ist das Betätigen der Taste <ESC>. Sie können aber auch mit der rechten Maustaste das Popup-Menü aufrufen

fen und darin den Eintrag END MODE anwählen. In diesem Menü finden Sie auch die wichtigen Funktionen Spiegeln (MIRROR HORIZONTALLY, MIRROR VERTICALLY) und Rotieren. Für unsere kleine Schaltung benötigen wir den Widerstand nur einmal. Holen Sie sich dann auf die gleiche Weise je ein Bauelement C und VSIN und platzieren Sie diese in der Anordnung wie im Bild dargestellt.



**Bild 2.11** Die drei Bauteile für die Beispielschaltung

Zum Verdrahten der Bauteile müssen Sie auf die entsprechende Schaltfläche in der Werkzeugpalette oder auf die Option im Menü PLACE/WIRE klicken. Der Mauszeiger verwandelt sich in ein Fadenkreuz, das Sie in die quadratischen Kästchen am Ende der Anschlussdrähte der Bauteile führen und mit einem Mausklick platzieren müssen. Zu Ihrer Kontrolle verwandelt sich das Anschlusskästchen in einen roten Kreis, sobald Sie mit einem Draht am Mauszeiger nicht genau in dieses hineingehen. Zusätzlich weist ein gelbes Warndreieck mit einem Ausrufezeichen auf eine entstehende Verbindung hin.

**Wichtiger Hinweis:**

Beim Platzieren von Bauteilen und beim Verdrahten sollten Sie unbedingt darauf achten, dass die Funktion "Einschnappen in die Rasterung" eingeschaltet ist. Sie sehen das ganz schnell an der Schaltfläche SNAP TO GRID. Sie verfärbt sich rot, wenn die Rasterung ausgeschaltet ist.

Die Schaltung ist nun fast fertig, es fehlt nur noch das Massezeichen. Dieses heißt 0 und ist in der Bibliothek SOURCE.OLB gespeichert. Sie kommen aber nicht über das Menü PLACE/PART an dieses Symbol, sondern nur über PLACE/GROUND oder über die zugehörige Schaltfläche<sup>3</sup>. Der Grund dafür ist, dass in CAPTURE über PLACE/PART nur die Bauteile verfügbar sind, die auch für ein Platinen-Layout berücksichtigt werden müssen. Das Massezeichen gehört zu den so genannten Pseudo-Elementen, die nur über spezielle Befehle bzw. Schaltflächen platziert werden können. Platzieren Sie nun das Massesymbol in Ihrer Schaltung. Falls Sie ein falsches Massesymbol verwenden, wird die Simulation mit der Fehlermeldung "ERROR -- Node N00xyz is floating"<sup>4</sup> abgebrochen.

Wenn Sie zuletzt die Bauteilbezeichnungen (Namen und Werte) an die von der Norm verlangten Stellen bringen wollen, so wird Ihnen dabei das Einrasten (Schnappen) auf den Rasterpunkten des Schaltplans hinderlich sein. Sie können das Einrasten aber über das Menü

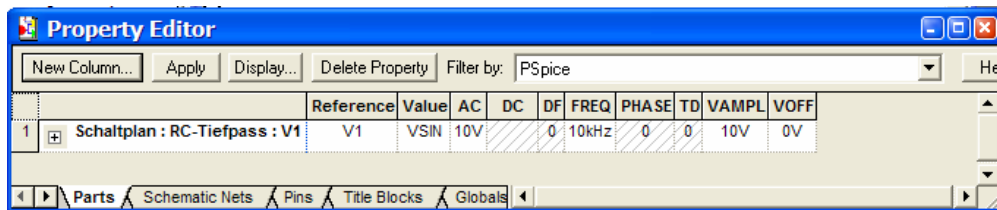
<sup>3</sup> Falls Sie im Dialogfenster PLACE GROUND das Massezeichen 0 nicht finden, so müssen Sie zunächst über die Schaltfläche ADD LIBRARY die Bibliothek *source.olb* (im Ordner PSPICE) hinzufügen.

<sup>4</sup> Diese Fehlermeldung steht wie viele andere Fehlermeldungen auch in dem Output-File (s. Abschnitt 2.5)



OPTIONS/ PREFERENCES/GRID DISPLAY/POINTER SNAP TO GRID oder über die zugehörige Schaltfläche ein- und ausschalten. Beim Ausschalten verfärbt sich der Ikon zur Warnung rot, denn nur bei eingeschalteter Einrastfunktion können die Bauteile sicher elektrisch verbunden werden. Sie könnten sonst später auch beim Setzen der Marker Probleme bekommen. Am besten Sie schalten hinterher das Einrasten gleich wieder ein.

Einige Eigenschaften (Properties, früher Attribute) der Bauteile sind bereits neben den Symbolen dargestellt und können leicht verändert werden. So können Sie beispielsweise den Widerstandswert dadurch ändern, dass Sie einen Doppelklick auf den Standardwert 1k ausführen. Daraufhin öffnet sich das Fenster DISPLAY PROPERTIES, in dem Sie im Feld VALUE den gewünschten Wert (im Beispiel: 2k) eingeben. Aber nicht alle Eigenschaften können auf diese einfache Weise geändert werden. Alle nicht dargestellten Eigenschaften müssen mit dem Property Editor bearbeitet werden. Bei der Quelle VSIN ist dies z.B. die Eigenschaft AC. Markieren Sie die Quelle mit einem Mausklick und rufen Sie den Property Editor über das Pop-up-Menü der rechten Maustaste oder durch einen Doppelklick auf das Quellensymbol auf (s. Bild 2.12). Es öffnet sich das Fenster PROPERTY EDITOR.



**Bild 2.12** Property Editor für die Bearbeitung der Eigenschaften der Quelle VSIN

Achten Sie zunächst darauf, dass Sie sich in der Karteikarte *Parts* befinden<sup>5</sup>. Reduzieren Sie dann die Anzahl der angebotenen Eigenschaften, indem Sie unter FILTER BY die Option PSPICE wählen. In diesem Fall wechseln Sie einfach zur gewünschten Karteikarte. Sie sehen, der Property Editor ist eine Art Tabelle, bei der die Eigenschaften den Tabellenkopf bilden und die zugehörigen Werte in den jeweiligen Zellen darunter stehen. Über die Schaltfläche NEW COLUMN können Sie neue Eigenschaften (= Spalten) anlegen. Suchen Sie die Spalte FREQ und geben Sie darunter 10kHz (ohne Leerzeichen dazwischen) ein. Ebenso bei VAMPL den Wert 10V, bei VOFF 0V und schließlich bei AC 10V. Sie können auch festlegen, ob eine Eigenschaft in der Schaltung abgebildet wird. Markieren Sie die Spalte AC und wählen Sie nach einem Klick auf die Schaltfläche DISPLAY im Fenster DISPLAY PROPERTIES das Display-Format NAME AND VALUE. Wenn Sie den Editor wieder verlassen, stellen Sie fest, dass sich die dargestellten Eigenschaften der Quelle verändert haben und zusätzlich noch AC = 10V sichtbar ist. Geben Sie alle Werte in Ihrer Schaltung wie in Bild 2.13 dargestellt ein. Speichern Sie Ihre Schaltung über FILE/SAVE oder durch Anklicken der zugehörigen Schaltfläche.



Wenn Sie ein Bauteil platziert haben, es löschen und danach nochmals platzieren erhöht sich automatisch die Nummerierung in der Bauteilbezeichnung (z.B. von R1 auf R2). Sie können dies leicht durch einen Doppelklick auf die Bezeichnung im Fenster DISPLAY PROPERTIES

<sup>5</sup> Falls Sie beim Anklicken nicht das Quellensymbol, sondern beispielsweise einen Anschlussdraht treffen, öffnet sich zwar auch der Property Editor, aber Sie sehen nicht die Karteikarte *Parts*, sondern *Pins*. In diesem Fall wechseln Sie einfach zur gewünschten Karteikarte.



ändern. Achten Sie aber darauf, dass Sie in größeren Schaltungen keine doppelten Bezeichnungen haben.

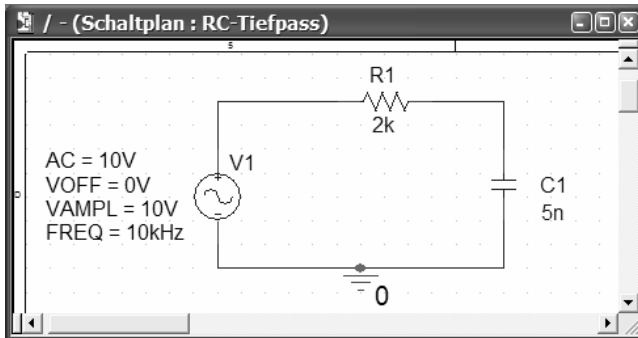


Bild 2.13 Die Beispielschaltung mit editierten Eigenschaften

#### Hinweis auf Fehlerquellen:

Ehe wir die Analyseart für unsere Schaltung festlegen und diese simulieren, müssen noch einige allgemeine Punkte besprochen werden. Sowohl im Property Editor als auch bei der Einstellung der Analysearten müssen die gewünschten Werte der Spannungen, Ströme und anderer Größen eingegeben werden. Dabei benötigt PSPICE nur die reinen Zahlen, die Einheiten darf man hinzufügen, sie werden jedoch von PSPICE ignoriert. Bitte beachten Sie aber, dass die Einheit immer direkt ohne Leerzeichen an den Wert angehängt wird, sie wird wie ein Kommentar behandelt. Andernfalls gibt es eine Fehlermeldung. Allerdings kennt PSPICE die gängigen Maßvorsätze, wie sie in Tabelle 2.1 aufgeführt sind.

Der Maßvorsatz ist ohne Leerzeichen anzuhängen. Hier gibt es eine typische Fehlerquelle bei Anfängern, denn man muss darauf achten, dass PSPICE nicht zwischen großen und kleinen Buchstaben unterscheidet. Der Maßvorsatz für  $10^6$  (Mega) ist also nicht M, wie sonst üblich, sondern Meg oder meg. Also:  $1Meg = 10^6$ . Außerdem verwendet PSPICE keine griechischen Buchstaben. Man muss also für Mikro ( $\mu$ ) den Maßvorsatz u verwenden,  $1u = 10^{-6}$ . Zusammen mit der Einheit ergibt sich somit beispielsweise:  $1n = 1nF$  oder  $10u = 10uV$ .

Tabelle 2.1 Maßvorsätze

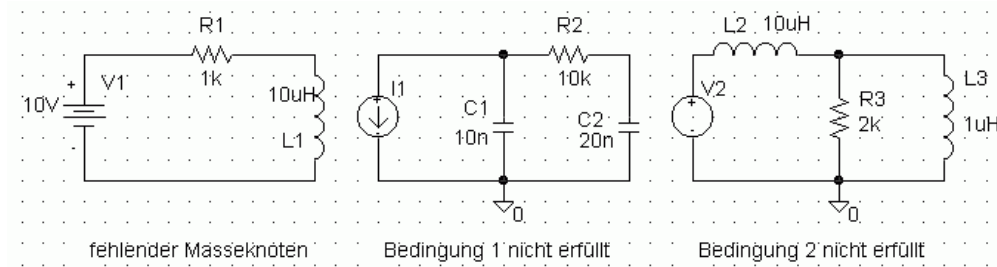
$1p = 10^{-12}$
$1n = 10^{-9}$
$1u = 10^{-6}$
$1m = 10^{-3}$
$1k = 10^3$
$1Meg = 10^6$

Weiterhin ist wichtig zu beachten, dass PSPICE bei gebrochenen Zahlen kein Komma kennt, sondern nur den Dezimalpunkt. Also, statt 2,5kOhm muss 2.5kOhm eingegeben werden.

Beim Zeichnen der Schaltungen gibt es einige typische Fehlermöglichkeiten, die dann zum Abbruch der Simulation führen. Bei analogen Schaltkreisen muss mindestens ein Masseknoten als Bezugspunkt vorhanden sein. Kapazitäten und Induktivitäten sowie Spannungs- und Stromquellen werden als ideale Elemente simuliert. Dies kann zu Problemen führen, wenn folgende Bedingungen nicht erfüllt werden.

1. Von allen Knoten muss ein Gleichstromweg mit einem endlichen Widerstand zum Bezugsknoten 0 (Masse) führen.
2. Es darf keine Masche vorhanden sein, deren gesamter Gleichstromwiderstand gleich Null ist.

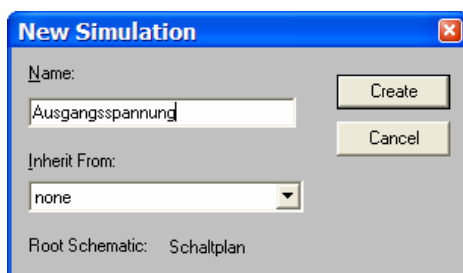
Die Bedingung 1 wird beispielsweise schon dann verletzt, wenn ein Knoten nur über einen Kondensator oder eine Stromquelle angeschlossen ist. Da beide als ideale Bauelemente einen unendlich hohen Innenwiderstand besitzen, fließt kein Strom durch solch einen Zweig. Dieses Problem kann mit einem parallel geschalteten hochohmigen Widerstand beseitigt werden. Die Bedingung 2 wird zum Beispiel mit einer idealen Induktivität oder Spannungsquelle verletzt, da deren Innenwiderstand gleich Null ist. Zur Abhilfe muss hier ein niederohmiger Widerstand in Reihe geschaltet werden.



**Bild 2.14** Beispiele für typische Fehlerquellen

## 2.2 Die Analyseart festlegen

Wenn die Schaltung eingegeben und die Eigenschaften der Bauteile und Quellen festgelegt sind, muss eine Analyseart ausgewählt und bestimmt werden. Zunächst wollen wir nur den zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung in PROBE betrachten. Wir benötigen dafür eine so genannte *Transienten-Analyse*. Unter CAPTURE können Sie dafür ein oder mehrere Simulationsprofile anlegen. Wählen Sie aus dem Menü PSPICE die Option NEW SIMULATION PROFILE oder klicken Sie auf das entsprechende Ikon. Es öffnet sich das Fenster NEW SIMULATION, in dem Sie im Feld NAME eine beliebige Bezeichnung (z.B. *Ausgangsspannung*) für das nun anzulegende Simulationsprofil eingeben. Wählen Sie bei INHERIT FROM die Option NONE aus und verlassen das Fenster über die Schaltfläche CREATE. Das Feld INHERIT FROM bietet die Möglichkeit, vorhandene Simulationsprofile zu kopieren.



**Bild 2.15** Anlegen eines neuen Simulationsprofils über das Fenster NEW SIMULATION

Es öffnet sich nun das Fenster SIMULATION SETTINGS, in dem die Analysearten ausgewählt, zusätzliche Modell-Bibliotheken eingebunden, die Darstellung in PROBE eingestellt und andere Optionen durchgeführt werden können. Es ist also eines der wichtigsten Fenster überhaupt. Klicken Sie auf den „Karteikartenreiter“ ANALYSIS und wählen Sie unter ANALYSIS