HEWLETT PACKARD

HP Solve Equation Library Application Card Benutzerhandbuch

HP 82211A



Ihre Meinung: HP Solve Equation Library Appl. Card Benutzerhandbuch

Vielen Dank für die Beurteilung dieses Handbuchs. Ihre Antwortkarten werden ausgewertet und zur Verbesserung unserer Dokumentation herangezogen.

HP Solve Equation Library Appl. Card
Benutzerhandbuch

Bitte markieren Sie jeweils eine Ziffer neben den nachstehenden Aussagen. Für weitergehende Aussagen können Sie das Kommentarfeld benutzen.

1 = Trifft voll und ganz zu
2 = Trifft zu
3 = Neutral/Unentschieden
4 = Trifft weniger zu
5 = Trifft gar nicht zu

- Das Handbuch ist gut organisiert. 1 2 3 4 5
- Gewünschte Informationen sind schnell zu finden. 1 2 3 4 5
- Die Angaben in diesem Handbuch sind zutreffend. 1 2 3 4 5
- Die Anweisungen sind leicht verständlich. 1 2 3 4 5
- Das Handbuch enthält genügend Beispiele. 1 2 3 4 5
- Die Beispiele sind geeignet und hilfreich. 1 2 3 4 5
- Format und Gestaltung des Handbuchs sind ansprechend und zweckmäßig. 1 2 3 4 5
- Die Abbildungen sind klar verständlich und hilfreich. 1 2 3 4 5
- Der Umfang des Handbuchs ist: zu groß zweckmäßig zu klein
- Die am häufigsten gelesenen Kapitel sind:

1 2 3 4 5 6 7 8 A B C D Index

Kommentare: _____

_____

_____

_____

_____

_____

Name: _____

Straße: _____

PLZ/Ort: _____

Beruf: _____

Tel: (_____) _____

bitte
freimachen

Postkarte

Antwort

Hewlett-Packard GmbH
CPO (Dokumentation)
Herrenberger Str. 130
D-7030 Böblingen

HP Solve Equation Library Application Card

Benutzerhandbuch

HEWLETT PACKARD

1. Auflage Juni 1990
82211-90003

Zur Beachtung

Garantiehinweise finden Sie in Anhang A.

Dieses Handbuch und die darin enthalteten Beispiele werden **"so wie sie sind"** zur Verfügung gestellt und können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Hewlett-Packard haftet nicht für irgendwelche Fehler und mittelbare oder unmittelbare Schäden in Zusammenhang mit der Lieferung, Funktionsfähigkeit oder Verwendung dieses Handbuchs oder der darin enthalteten Beispiele.

© Hewlett-Packard Co. 1990. Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung, Bearbeitung oder Übersetzung dieses Handbuchs ist nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung durch Hewlett-Packard gestattet, soweit nicht durch das Urheberrecht erlaubt.

Die Programme für Ihren Taschenrechner sind urheberrechtlich geschützt und alle Rechte sind vorbehalten. Vervielfältigung, Bearbeitung oder Übersetzung dieser Programme ist ebenfalls nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung durch Hewlett-Packard gestattet.

Die im Anwendungsprogramm "Periodensystem" enthaltenen Daten basieren auf "Periodic Table of the Elements" veröffentlicht von Sargent-Welch Scientific Company, einer VWR-Gesellschaft, und wird mit deren Genehmigung verwendet.

Die in der Konstantenbibliothek enthaltenen Daten basieren auf "The 1986 CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants" veröffentlicht in *Journal of Physical and Chemical Reference Data* für das National Bureau of Standards und wird mit seiner Genehmigung verwendet.

Corvallis Division
1000 N.E. Circle Blvd.
Corvallis, OR 97330, U.S.A.

Drucklegende

1. Auflage Juni 1990

Inhaltsverzeichnis

1

7 **Erste Schritte**
7 Ein- und Ausbauen der Karte
8 Benutzung von Anwendungsprogrammen
8 Betrachten und Auswählen in einem Katalog
10 Berechnungen mit und ohne Einheiten

2

11 **Gleichungsbibliothek**
11 Lösen einer Aufgabe mit der Gleichungsbibliothek
13 Anzeigen von Informationen über eine Gruppe von Gleichungen
14 Darstellung von Gleichungen
16 Darstellung von Variablen und Auswahl von Einheiten
18 Darstellung der Abbildung
18 Verwendung des Lösungsalgorithmus
19 Rückkehr zum Lösungsalgorithmus
19 1. Schritt: Eingabe bekannter Werte
20 2. Schritt: Vorgeben von Schätzwerten (bei Bedarf)
21 3. Schritt: Ermitteln der Lösung
22 Anwendung von HP Solve
23 Anwendung des Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme
23 Handhabung von Variablen
24 Interpretieren der Lösungen
27 Abändern der Aufgabe
27 Anwendung von HP Solve bei mehreren Gleichungen

27 Optionen beim Umgang mit Einheiten
29 Befehle der Gleichungsbibliothek

3 31 **Verzeichnis der Gleichungen**
31 Stützen und Träger (Columns and Beams)
38 Elektrizität (Electricity)
49 Flüssigkeiten (Fluids)
53 Kräfte und Energie (Forces and Energy)
57 Gase (Gases)
62 Wärmeübertragung (Heat Transfer)
66 Magnetismus (Magnetism)
68 Bewegung (Motion)
72 Optik (Optics)
75 Schwingungen (Oscillations)
79 Geometrie der Ebene (Plane Geometry)
83 Geometrie im Raum (Solid Geometry)
86 Halbleiterbauelemente (Solid State Devices)
93 Festigkeit (Stress Analysis)
97 Wellen (Waves)

4 99 **Periodensystem der Elemente**
99 Benutzung des Periodensystems
101 Ermitteln der Eigenschaften von Elementen
106 Grafische Darstellung von Eigenschaften
108 Optionen beim Umgang mit Einheiten
108 Berechnen von Molekulargewichten
110 Befehle für Operationen im Periodensystem
111 Ermittlung von Eigenschaften mit einem Befehl
112 Berechnung von Molekulargewichten mit einem Befehl

5 **113** **Konstantenbibliothek**
115 Ermittlung von Konstanten aus dem Katalog
116 Ermittlung von Konstanten mit einem Befehl

6 **118** **Finanzmathematik**
118 Erstellen eines Zahlungsplans
119 Durchführung von Berechnungen des Geldzeitwerts
124 Berechnung von Tilgungen
126 Programmierung mit Befehlen für die Finanzmathematik

7 **128** **Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme**
128 Lösen einer Gruppe von Gleichungen
129 Angeben einer Gruppe von Gleichungen
129 Aufstellen der Gleichungen
130 Erzeugen von Gleichungen
131 Lösen der Gleichungen
132 Voreinstellen von Einheiten
134 Ändern des Titels und des Menüs
135 Lösen von Gleichungen mit Befehlen

8 **137** **Hilfsprogramme**
137 Spiel Minehunt
138 Benutzerdefinierte Einheiten
138 Befehle
139 Die Funktion ZFACTOR
139 Die Funktion FANNING
140 Die Funktion DARCY
140 Die Funktion F0λ
140 Die Funktion SIDENS
140 Die Funktion TDELTA
141 Die Funktion TINC

141 Der Befehl ELVERSION

A 142 **Unterstützung und Kundendienst**
142 Überprüfen der Karte
142 Umgebungsbedingungen
143 Begrenzte Einjahres-Garantie
143 Im Reparaturfall

B 144 **Variablen, Flags und Kennungen**

C 146 **Literaturhinweise**

D 147 **Meldungen**

149 **Index**

1

Erste Schritte

In diesem Kapitel wird die Installation und Inbetriebnahme der ROM-Steckkarte "HP Solve Equation Library Application Card" HP 82211A erläutert.

Diese Karte beinhaltet im wesentlichen die folgenden sechs Anwendungsprogramme:

- Gleichungsbibliothek (Kapitel 2 und 3)
- Periodensystem (Kapitel 4)
- Konstantenbibliothek (Kapitel 5)
- Finanzmathematik (Kapitel 6)
- Gleichungssysteme (Kapitel 7)
- Hilfsprogramme (Kapitel 8)

Ein- und Ausbauen der Karte

ROM-Steckkarten: Der HP 48 besitzt zwei mit 1 und 2 bezeichnete *Steckplätze* zum Einsetzen von ROM-Steckkarten. Es ist gleichgültig, an welchem Platz Sie die Karte einbauen.

Im *HP 48 Benutzerhandbuch* finden Sie ausführliche Informationen über den Ein- und Ausbau von Einsteckkarten.



Vorsicht

Der Taschenrechner muß während des Ein- oder Ausbauens einer Einsteckkarte abgeschaltet sein. Anderfalls könnte der gesamte Benutzerspeicher gelöscht werden.

Benutzung von Anwendungsprogrammen

In den nachstehenden Abschnitten finden Sie allgemeine Informationen über die Benutzung von Anwendungsprogrammen.

Betrachten und Auswählen in einem Katalog

Ein *Katalog* ist eine besondere Umgebung, in der eine Gruppe von Einträgen dargestellt und zur Auswahl angeboten wird. Ein Anwendungsprogramm stellt in einem solchen *Katalog* einen Eintrag pro Zeile dar. Ein *Balken* (1) markiert einen Eintrag. Wenn der Katalog nicht vollständig ins Display paßt, zeigen *Pfeile* (2) an, daß sich oberhalb bzw. unterhalb der angezeigten Einträge noch weitere befinden.



Sie können den Balken durch den Katalog hindurch bewegen, um alle Einträge zu betrachten. Markieren Sie den Eintrag, den Sie auswählen möchten.

Operationen in einem Katalog

Taste	Wirkung
▲ ▼	Bewegt den Balken im Katalog nach oben und unten (gegebenenfalls vom letzten wieder zum ersten Eintrag und umgekehrt). Wird vorher ↩ gedrückt, bewegt sich der Balken um eine ganze Seite. Wird vorher ↪ gedrückt, springt der Balken auf den Anfang bzw. das Ende des Katalogs.
α...	Setzt den Balken auf den nächsten Eintrag, der mit dem eingetippten Zeichen (inkl. Kleinbuchstaben und Sonderzeichen) beginnt. (Der Balken kann dabei vom Ende zum Anfang zurückspringen, so daß gegebenenfalls immer der ganze Katalog durchsucht wird.)
Menütasten	Führen die in den Menüfeldern angegebenen Funktionen aus, die je nach Anwendungsprogramm verschieden sind.
ENTER	Führt eine Funktion aus, die vom Anwendungsprogramm abhängig ist. Bei einem Eintrag, der größer als die Breite des Displays ist (durch . . . am Ende gekennzeichnet), wird der gesamte Eintrag sichtbar. Durch Drücken von ENTER oder ATTN gelangen Sie in den Katalog zurück.
ATTN	Beendet das Anwendungsprogramm.

Berechnungen mit und ohne Einheiten

In den Anwendungsprogrammen stehen Optionen für den Umgang mit Einheiten zur Verfügung: es kann der *Typ* der Einheiten (SI oder englisch) gewählt werden, und es kann festgelegt werden, ob Einheiten *verwendet* werden oder nicht.

Der *Typ* der Einheiten (SI oder englisch) bestimmt die von diesen Anwendungsprogrammen ausgegebenen Werte sowie die tatsächlichen oder impliziten Einheiten Ihrer Daten. Ein Beispiel: Die universelle Gaskonstante *R* lautet ausgedrückt in SI-Einheiten 8,31451 J/gmol·K und in englischen Einheiten 10,7316 psi·ft^3/lbmol·°R. (Daher kann der Einheitentyp auch dann von Bedeutung sein, wenn Sie keine Einheiten benutzen.)

Die *Verwendung* von Einheiten bestimmt, ob Werten Einheiten angehängt werden oder nicht: Es wird festgelegt, ob Sie Einheiten oder reelle Zahlen als Objekte verwenden.

- Wenn Sie in Ihren Berechnungen Einheiten verwenden, werden gegebenenfalls die erforderlichen Umrechnungsfaktoren berücksichtigt, und die Ergebnisse lassen sich leichter interpretieren.
- Wenn Sie in Ihren Berechnungen keine Einheiten verwenden, laufen Vorgänge wie das Lösen von Gleichungen schneller ab, werden Umrechnungsfaktoren *nicht* berücksichtigt, und Sie müssen selbst sicherstellen, daß die in den Variablen und in den von Anwendungsprogrammen ausgegebenen Lösungen implizit vorhandenen Einheiten zueinander passen.

Der Einheitentyp wird mit den Menütasten SI und ENGL für zwei Anwendungsprogramme gewählt. Der Rechner speichert Ihre Wahl im Flag für den Einheitentyp (Flag 60): rückgesetzt für SI-Einheiten, gesetzt für englische Einheiten.

Die Entscheidung, ob Einheiten verwendet werden sollen oder nicht, wird mit der Menütaste UNITS für drei Anwendungsprogramme getroffen. UNIT▪ bedeutet, daß Einheiten verwendet weBrden, UNITS bedeutet, daß keine Einheiten verwendet werden. Der Rechner speichert Ihre Wahl im Flag für die Verwendung von Einheiten (Flag 61): rückgesetzt für Verwendung von Einheiten, gesetzt für Nichtverwendung von Einheiten.

2

Gleichungsbibliothek

Die Gleichungsbibliothek ist eine Sammlung von Gleichungen und Befehlen, mit deren Hilfe Sie typische Aufgaben aus Wissenschaft und Technik lösen können.

Wenn Sie Aufgaben mit der Gleichungsbibliothek lösen, wird hierbei der gleiche Lösungsalgorithmus wie im Anwendungsprogramm HP Solve verwendet, das im HP 48 fest einprogrammiert ist. Lesen Sie, falls erforderlich, das Kapitel "HP Solve" im *HP 48 Benutzerhandbuch*.

Lösen einer Aufgabe mit der Gleichungsbibliothek

Führen Sie, wenn Sie eine Aufgabe mit der Gleichungsbibliothek lösen wollen, folgende Schritte durch:

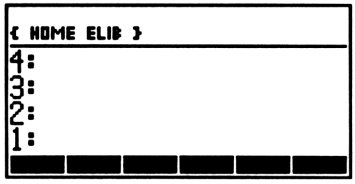
1. Rufen Sie das Menü LIBRARY auf, und aktivieren Sie mit [↰][LIBRARY] EQLIB EQNLI die Gleichungsbibliothek.
2. Wählen Sie mit den Menütasten SI , ENGL und UNITS die gewünschten Optionen aus.
3. Markieren Sie das gewünschte Sachgebiet, und drücken Sie dann [ENTER].
4. Markieren Sie die gewünschte Rubrik.
5. Bei Bedarf: Wenn Sie mehr über die Gleichungen dieser Gruppe erfahren möchten, müssen Sie, wie unter "Anzeigen von Informationen über eine Gruppe von Gleichungen" weiter unten in diesem Kapitel beschrieben, andere Tasten betätigen. Dies kann beispielsweise dann vorkommen, wenn Sie die Einheiten von Variablen ändern möchten (siehe "Optionen beim Umgang mit Einheiten" weiter unten in diesem Kapitel).

6. Mit dem Drücken von SOLV beginnt der eigentliche Problemlösungsprozeß: das Eingeben der bekannten Werte und das Auflösen nach den unbekannten Variablen.

Beispiel: Schräger Wurf. Ermitteln Sie mit Hilfe der Gleichungsbibliothek die Anfangsgeschwindigkeit und die maximale Wurfhöhe eines Körpers.

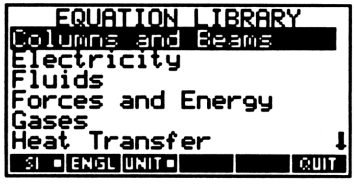
Erzeugen Sie für dieses Beispiel ein Verzeichnis namens *ELIB*.

[→] HOME
[↑] ELIB
[←] MEMORY CRDIR
VAR ELIB



Aktivieren Sie die Gleichungsbibliothek. (Wenn die Menüfelder SI ▪ und UNIT▪ nicht mit kleinen Kästchen gekennzeichnet sind, müssen Sie die entsprechenden Menütasten jeweils einmal betätigen.)

[→] CLR
[←] LIBRARY
EQLIB EQNLI
(SI , falls erforderlich)
(UNITS, falls erforderlich)

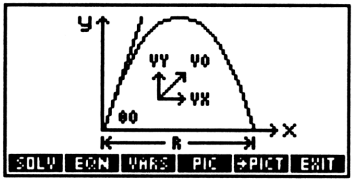


Wählen Sie das Sachgebiet "Motion" und dann die Rubrik "Projectile Motion" aus.

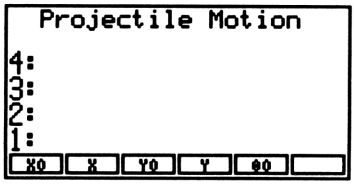
α M ▼ ENTER
▼ ▼



PIC

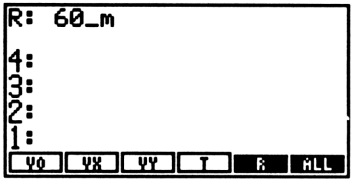


SOLV

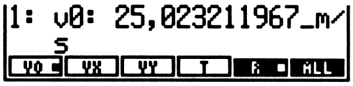


Lösen Sie nach der Geschwindigkeit.

0 XO
0 YO
55 θO
NXT 60 R

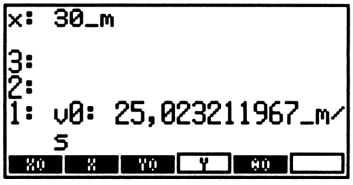


VO

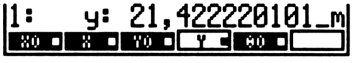


Lösen Sie nach der Höhe.

R
2 ÷ NXT NXT X



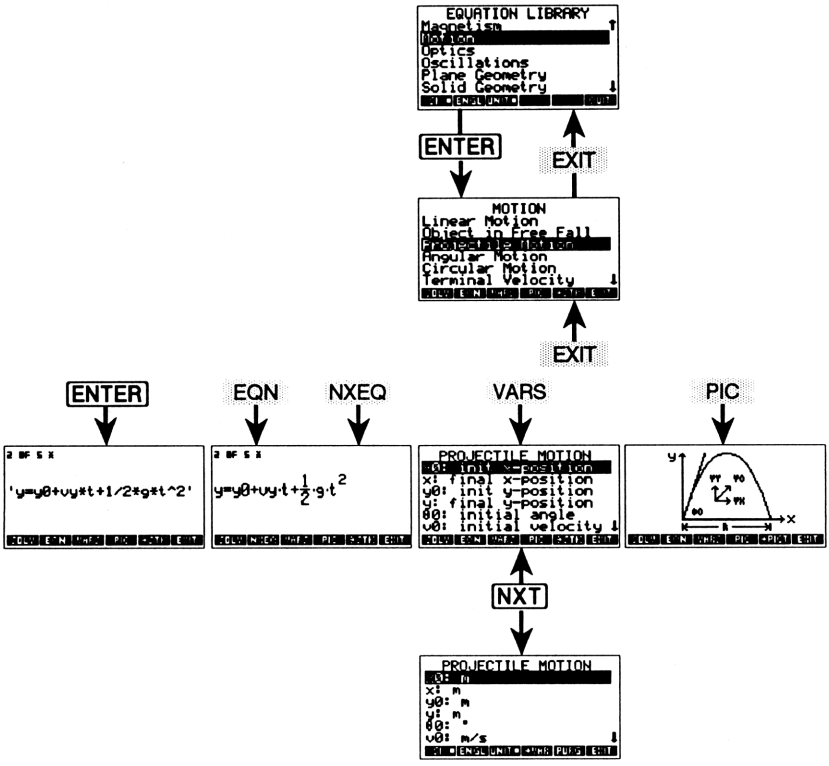
Y



Dieses Beispiel wird später in diesem Kapitel fortgeführt.

Anzeigen von Informationen über eine Gruppe von Gleichungen

Wenn Sie in der Gleichungsbibliothek ein Sachgebiet und eine Rubrik angeben, wählen Sie dadurch eine Gruppe von einer oder mehreren Gleichungen aus. Im nachstehenden Diagramm sehen Sie, wie Sie Informationen darüber erhalten.



Darstellung von Gleichungen

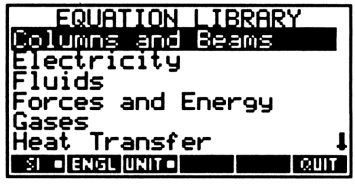
Alle Gleichungen besitzen eine *Anzeigeform*; manche Gleichungen haben zusätzlich noch eine *Rechenform*. In der Anzeigeform sehen Sie eine Gleichung in Ihrer ursprünglichen Form: so wie sie in Büchern erscheint. Die Rechenform enthält für die Berechnung im Computer wichtige Feinheiten. Wenn eine Gleichung eine Rechenform besitzt, wird in der linken oberen Ecke des Displays ✳ angezeigt.

Operationen zur Darstellung von Gleichungen

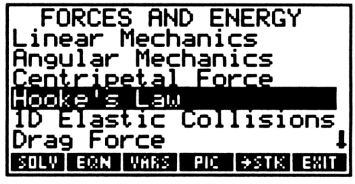
Taste	Wirkung	Beispiel
EQN NXEQ	Stellt die Anzeigeform der aktuellen bzw. der nächsten Gleichung im EquationWriter-Format dar.	$B=\frac{\mu 0 \cdot \mu r \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$
ENTER	Stellt die Anzeigeform der aktuellen bzw. der nächsten Gleichung als algebraisches Objekt dar. ENTER oder ▼ zeigt die nächste, ▲ die vorhergehende Gleichung an.	'B=(μ0*μr*I)/ (2*π*r)'
→STK	Stellt die Rechenform dar, indem eine Liste mit der aktuellen Gruppe von Gleichungen in den Stack geschrieben wird.	'B=IFTE(r<rw, CONST(μ0)*μr*I *r/(2*π*rw^2), CONST(μ0)*μr*I /(2*π*r))'

Beispiel: Darstellung von Gleichungen. Lassen Sie sich die Gleichungen für "Hooke's Law" aus dem Sachgebiet "Forces and Energy" anzeigen.

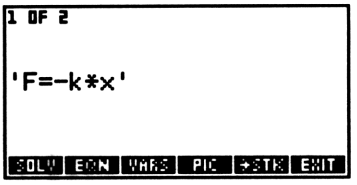
◀ LIBRARY
EQLIB
EQNLI



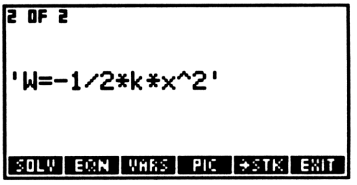
▼ ▼ ▼
ENTER
▼ ▼ ▼



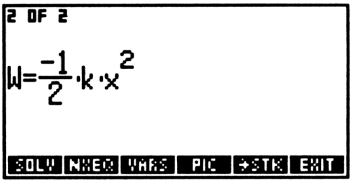
ENTER



▼



EQN



Dieses Beispiel wird später in diesem Kapitel fortgeführt.

Darstellung von Variablen und Auswahl von Einheiten

Operationen in Variablenkatalogen

Taste	Wirkung
NXT	Schaltet zwischen dem Katalog der Beschreibungen und dem Katalog der Einheiten hin und her.
SI ENG	Aktiviert SI- bzw. englische Einheiten.
UNITS	Schaltet die Verwendung von Einheiten ein und aus.

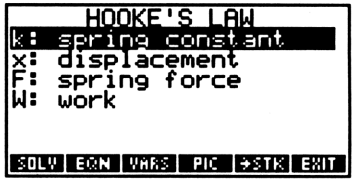
Operationen in Variablenkatalogen (Fortsetzung)

Taste	Wirkung
→VAR	Macht für alle Gleichungsvariablen die mit SI bzw. ENG und UNITS gewählte Einstellung gültig.
PURG	Löscht alle Gleichungsvariablen der markierten Rubrik im aktuellen Verzeichnis.

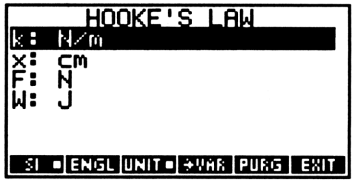
Informationen über die Auswirkungen von Einheiten finden Sie im Abschnitt "Optionen beim Umgang mit Einheiten" weiter unten in diesem Kapitel.

Beispiel: Darstellung von Variablen. Hier wird das vorhergehende Beispiel fortgeführt.

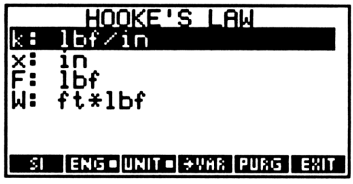
VARS



NXT



ENGL



SI NXT

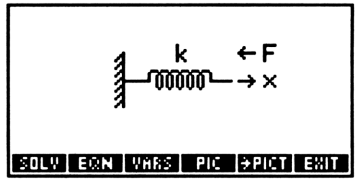
Dieses Beispiel wird später in diesem Kapitel fortgeführt.

Darstellung der Abbildung

Drücken Sie PIC, um die Abbildung sehen zu können (sofern es zu dieser Rubrik eine Abbildung gibt). So lange die Abbildung angezeigt wird, können Sie diese durch Drücken von →PICT in *PICT*, dem Speicher für Grafiken, abspeichern.

Beispiel: Darstellung der Abbildung. Hier wird das vorherige Beispiel fortgeführt.

PIC



ATTN

Verwendung des Lösungsalgorithmus

Wenn Sie in der Gleichungsbibliothek ein Sachgebiet und eine Rubrik angeben, wählen Sie eine Gruppe von einer oder mehreren Gleichungen aus. Wenn Sie dann SOLV drücken, verlassen Sie die Kataloge der Gleichungsbibliothek und beginnen mit dem Lösen der von Ihnen ausgewählten Gleichungen.

Wenn Sie in der Gleichungsbibliothek SOLV drücken, geschieht folgendes:

- Die Gruppe von Gleichungen wird in der dazugehörigen Variablen gespeichert: in *EQ* bei einer Gleichung, in *EQ* und *Mpar* bei mehr als einer Gleichung. (*Mpar* ist ein vom Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme verwendeter, reservierter Variablenname.)
- Alle Variablen werden erzeugt und gleich Null gesetzt; allerdings nur dann, wenn Sie nicht schon existieren.
- Für die Einheiten jeder Variablen gelten die von Ihnen angegebenen Optionen: SI- oder englische Einheiten sowie Verwendung oder Nichtverwendung von Einheiten *falls nicht* die Variable bereits existiert und Einheiten besitzt, die mit den von Ihnen angegebenen vereinbar sind.

- Es wird der entsprechende Lösungsalgorithmus aktiviert: das Anwendungsprogramm HP Solve bei einer Gleichung bzw. der Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme bei mehr als einer Gleichung. (Die Gleichungen in jeder Gruppe sind in Kapitel 3 dargestellt.)

Da *EQ* und *Mpar* Variable sind, können Sie für jedes im Speicher vorhandene Verzeichnis eine eigene Gruppe von Gleichungen definieren.

Rückkehr zum Lösungsalgorithmus

Wenn Sie während der Arbeit mit dem Lösungsalgorithmus in andere Menüs überwechseln, können Sie den Lösungsprozeß an der Stelle wiederaufnehmen, wo Sie ihn unterbrochen haben:

- Um das Anwendungsprogramm HP Solve fortzusetzen, müssen Sie SOLVR drücken ([→][SOLVE]).
- Um den Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme fortzusetzen, müssen Sie MSOLVR drücken ([←][LIBRARY] EQLIB MSOL oder [←][LIBRARY] MES MSOL).

Wenn Sie den Lösungsprozeß unterbrechen wollen, müssen Sie [ATTN] drücken.

1. Schritt: Eingabe bekannter Werte

Um einen bekannten Wert für eine Variable einzugeben, tippen Sie zunächst den Wert ein und drücken dann die der Variablen zugeordnete Menütaste.

Ein Beispiel: Tippen Sie 12.34 [X0] um 12,34 Einheiten als Wert für *x0* einzugeben.

- Wenn Sie eine Zahl *ohne Einheiten* eingeben, wird der *Wert* der Variablen auf diesen Zahlenwert festgelegt, und die aktuell gültigen *Einheiten* für diese Variablen werden, falls vorhanden, angehängt.
- Wenn Sie eine Zahl *mit Einheiten* (d.h. ein Objekt mit Einheiten) eingeben, werden die Angaben für *Wert und Einheit* in der Variablen gespeichert. Sie können dies tun, wenn Sie die Einheiten für diese Variable ändern möchten. Achten Sie jedoch darauf, daß die von Ihnen verwendeten Einheiten mit den voreingestellten Einheiten dieser Variablen vereinbar sind (siehe "Berechnungen mit und ohne Einheiten" in Kapitel 1.

Zum Aufrufen des Wertes einer Variablen, drücken Sie ↱ und anschließend die entsprechende Menütaste. Ein Beispiel: Drücken Sie ↱ X0, um sich den Wert für *x0* anzeigen zu lassen.



Hinweis

Bestimmte Variablen der Gleichungsbibliothek benötigen Einheiten für kreisbezogene Maße. Bei diesen Einheiten gibt es zwei Typen: Winkeleinheiten (Grad, Gon und Radiant) sowie Rotationseinheiten (Perioden und Umdrehungen, wie in Hz und rpm). Da diese Einheiten sämtlich dimensionslos sind, rechnet der HP 48 *zwischen* diesen beiden Typen falsch um, wohingegen er *innerhalb* eines Typs richtig umrechnet. Wenn Sie für eine Variable ein Objekt mit solchen Einheiten eingeben, müssen Sie Einheiten verwenden, die demselben Typ angehören wie die voreingestellten Einheiten für diese Variable ("Winkel" oder "Rotation").

---

2. Schritt: Vorgeben von Schätzwerten (bei Bedarf)

Sie können für eine Variable, nach der Sie auflösen möchten, geschätzte Näherungswerte angeben. Hierdurch kann der Lösungsprozeß beschleunigt werden oder auf eine von mehreren möglichen Lösungen hin gelenkt werden, wie etwa bei Gleichungen mit trigonometrischen Ausdrücken oder Polynomen. *Sie können die Wahrscheinlichkeit, daß unerwünschte Werte ermittelt werden, auf ein Minimum reduzieren, indem Sie für Variable mit mehr als einer möglichen Lösung Schätzwerte vorgeben.*

Sie können einen Schätzwert oder aber eine Liste mit zwei oder drei Werten vorgeben. Der Lösungsalgorithmus des HP 48 verwendet diese Schätzungen dazu, Anfangspunkte für die Suche nach einer Lösung festzulegen. Weitere Informationen finden Sie im Kapitel "HP Solve" im *HP 48 Benutzerhandbuch*.

Möchten Sie für eine Variable *zwei* oder *drei* Schätzwerte (einen Bereich) vorgeben, *muß* einer davon Einheiten enthalten, die mit den voreingestellten Einheiten für diese Variable, falls vorhanden, vereinbar sind.



Hinweis

Wenn Sie den Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme verwenden, wird das Menüfeld dunkel, sobald Sie einen Schätzwert abspeichern. Sie *müssen* deutlich machen, daß es sich um einen *Schätzwert* und nicht um einen *bekannten Wert* handelt. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten:

- Lösen Sie nur nach dieser Variablen auf, indem Sie [←] und dann die Menütaste für die Variable betätigen.
- Machen Sie das Menüfeld wieder hell, indem Sie [↓], die Menütaste für die Variable und MCAL (auf der letzten Seite des Menüs) betätigen.

3. Schritt: Ermitteln der Lösung

Um nach einer Variablen aufzulösen, drücken Sie [←] und dann die Menütaste für die Variable. Wenn Sie den Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme verwenden, können Sie nach allen verbleibenden Variablen auflösen, die Sie nicht als "bekannt" definiert haben: Drücken Sie hierzu [←] ALL.

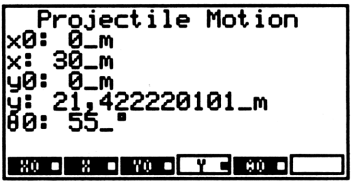
Ein Beispiel: Drücken Sie [←] X0, um nach *x0* aufzulösen.

Der Lösungsalgorithmus betrachtet den aktuellen Wert einer Variablen beim Auflösen nach dieser Variablen als Schätzwert. Ursprünglich besitzen alle durch die Gleichungsbibliothek erzeugten Variablen den Wert Null (mit den entsprechenden Einheiten). Wenn eine Variable bereits existierte oder wenn eine Variable bei einem vorangegangenen Lösungsprozeß ermittelt wurde, kann diese Variable einen von Null verschiedenen Wert haben.

Siehe "Anwendung von HP Solve" und "Anwendung des Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme" weiter unten in diesem Kapitel.

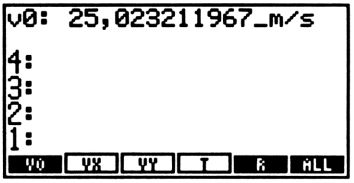
Beispiel: Vorgeben von Schätzwerten. In diesem Beispiel wird ein unterer Winkel für die weiter oben in diesem Kapitel behandelte Aufgabe "Schräger Wurf" ermittelt.

[→] [CLR]
([←] [LIBRARY] EQLIB, falls erforderlich)
MSOL
[←] [REVIEW]



Machen Sie *v0* zu einer bekannten Variablen (dunkles Menüfeld).

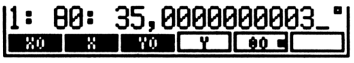
NXT [→] V0 ■
V0 ■



[←] { }
[←] UNITS NXT NXT ANGL
0 [→] _ ° SPC 45 ENTER
[→] LAST_MENU NXT NXT
θ0
[←] REVIEW



[←] θ0



Dieses Beispiel wird später in diesem Kapitel fortgeführt.

Anwendung von HP Solve

Die Gleichungsbibliothek aktiviert das Anwendungsprogramm HP Solve, wenn die gewählte Gruppe von Gleichungen nur eine Gleichung enthält.

Im *HP 48 Benutzerhandbuch* wird die Verwendung von HP Solve beschrieben. Nähere Angaben über das Ermitteln von Lösungen, Vorgeben von Schätzwerten und die Interpretation der Ergebnisse finden Sie dort im Kapitel "HP Solve".

Anwendung des Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme

Die Gleichungsbibliothek aktiviert den Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme, wenn die gewählte Gruppe von Gleichungen mehr als eine Gleichung umfaßt.

Weitere Informationen über den Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme können Sie Kapitel 7 entnehmen.

Handhabung von Variablen

Da eine Lösung viele Gleichungen und viele Variablen beinhaltet, muß der Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme genau unterscheiden zwischen Variablen, die benutzerdefiniert sind und daher nicht verändert werden dürfen, und solchen, die nicht definiert sind und daher geändert werden können.

Interpretieren des Menüs. Die Menüfelder geben den Status der Variablen an. Sie werden automatisch angepaßt, wenn Sie Werte abspeichern oder nach Variablen auflösen. Sie können diese Variablen auf ihren korrekten Status hin überprüfen, wenn Sie Schätzwerte vorgeben und Lösungen ermitteln.

Bedeutung der "Farben" von Menüfeldern

Feld	Bedeutung
x0	Der Wert *x0* wurde nicht von Ihnen festgelegt; er kann sich bei der nächsten Lösung ändern.
x0	Der Wert *x0* wurde von Ihnen festgelegt; er kann sich bei der nächsten Lösung nicht ändern (außer wenn Sie nur nach dieser Variablen auflösen).

Außerdem kennzeichnet ▪ in den Menüfeldern (z.B. x0 ▪ oder x0 ▪) die Variablen, die in der vorangegangenen Lösung verwendet wurden: ihre Werte sind untereinander vereinbar. Andere Variablen können mit diesen *nicht* vereinbare Werte enthalten, weil sie bei dieser Lösung keine Rolle spielten.

Ändern der Farben von Menüfeldern und des Status von Variablen. Um für eine Variable den Status "benutzerdefiniert" (dunkles Menüfeld) festzulegen, drücken Sie ', dann die Menütaste für die Variable und anschließend MUSE – oder rufen Sie deren Wert auf und speichern Sie diesen ab (→ XO ' XO). (MUSE und MCAL befinden sich auf der letzten Seite des Menüs.)

Um für eine Variable den Status "nicht definiert" (helles Menüfeld) festzulegen, drücken Sie ', dann die Menütaste für die Variable und anschließen MCAL :"berechneter" Wert. Sie können diesen Status für *alle* Variablen festlegen, indem Sie ALL drücken.

Um den Status mehrerer Variablen zu ändern, drücken Sie ← { }, dann die jeweiligen Tasten für die Variablen, dann ENTER und abschließend MUSE oder MCAL .

Wenn Sie einen Wert für eine Variable mit STO abspeichern, verändert sich der Status der Variablen nicht, die voreingestellten Einheiten werden dem Wert nicht angehängt, und die durch ▪ gekennzeichneten Zusammenhänge werden ungültig.

Interpretieren der Lösungen

Der Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme löst nach den Variablen auf, indem er die Gruppe von Gleichungen nach einer Gleichung durchsucht, die nur eine "unbekannte" Variable (nicht benutzerdefiniert und nicht während dieses Lösungsvorgangs durch den Taschenrechner ermittelt) enthält. Dann ermittelt der HP 48 den Wert für diese Variable. Dieses Eliminieren "unbekannter" Variablen wird so lange fortgesetzt, bis die von Ihnen angegebene Variable berechnet worden ist oder bis nach keiner Variablen mehr aufgelöst werden kann. Jedesmal, wenn der Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme einen Lösungsvorgang für eine Variable beginnt, gelten nur die Variablen mit einem dunklen Menüfeld als "bekannt".

Überprüfen der Fortschritte. Während des Lösungsprozesses zeigt der Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme an, welche Variable gerade berechnet wird. Ebenso wird der Typ der von HP Solve ermittelten Lösung angegeben (Nullstelle, Vorzeichenwechsel oder Extremum) – oder es wird, falls keine Lösung gefunden wurde, die Art des Problems (schlechter Schätzwert oder Konstante) angezeigt. (Weitere Informationen finden Sie im Kapitel "HP Solve" im *HP 48 Benutzerhandbuch*.)

Die folgenden Meldungen geben Fehler in der Aufgabenstellung an:

- `Bad Guess(es)`. Möglicherweise fehlen Einheiten, oder die angegebenen Einheiten sind nicht mit den Einheiten einer Variablen vereinbar. In einer Liste mit Schätzwerten muß mindestens eines der Listenelemente passende Einheiten besitzen.
- `Too Many Unknowns`. HP Solve ist möglicherweise ausschließlich auf Gleichungen mit mindestens zwei Unbekannten gestoßen. Geben Sie entweder weitere bekannte Werte ein oder ändern Sie die Gruppe von Gleichungen, je nach Aufgabe. Siehe "Abändern der Gleichungen" weiter unten in diesem Kapitel.
- `Constant?` Der Anfangswert für eine Variable könnte den Lösungsalgorithmus in eine falsche Richtung gelenkt haben. Geben Sie einen Schätzwert jenseits eines kritischen Wertes ein; versuchen Sie es, wenn möglich, mit einem negativen Wert.

Überprüfen von Lösungen. Wenn irgendwelche Lösungen unrichtig erscheinen, sollten Sie dies auf die folgenden möglichen Ursachen hin überprüfen:

- Falsche Einheiten: Eine bekannte oder ermittelte Variable besitzt möglicherweise andere Einheiten als Sie angenommen haben.
- Keine Einheiten: Wenn Sie ohne Einheiten arbeiten, könnten Ihre impliziten Einheiten unrichtig sein. Siehe "Optionen beim Umgang mit Einheiten" weiter unten in diesem Kapitel.
- Mehrere Lösungen: Eine Gleichung könnte mehrere Lösungen haben, und es wurde eventuell eine ungeeignete Lösung ermittelt. Geben Sie einen Schätzwert für die Variable vor, um die Suche auf den richtigen Bereich zu lenken.
- Falscher Variablenstatus: Eine bekannte oder unbekannte Variable könnte den falschen Status besitzen. Eine bekannte Variable sollte ein dunkles und eine unbekannte Variable ein helles Menüfeld haben.
- Widersprüchliche Bedingungen: Wenn Sie Werte eingeben, die für diese Gleichungen mathematisch widersprüchlich sind, könnte das Anwendungsprogramm Ergebnisse ausgeben, die *manche* Gleichungen erfüllen, jedoch nicht *alle*. Hierin eingeschlossen sind überbestimmte Aufgaben, bei denen Sie Werte für mehr Variable eingegeben haben, als zur Definition einer physikalisch realisierbaren Aufgabe erforderlich wären: die zusätzlichen Werte könnten eine unmögliche oder unlogische Aufgabenstellung erzeugen. (Die Lösung erfüllt nur die vom Lösungsalgorithmus verwendeten Gleichungen.)

- Nicht zusammenpassend: Es könnte sein, daß eine Variable nicht in die Lösung einbezogen ist (im Menüfeld ist ▪ nicht sichtbar), so daß sie nicht mit den Variablen zusammenpaßt, die einbezogen *sind*.
- Falsche Richtung: Siehe die Meldung `Constant?` im vorigen Abschnitt.

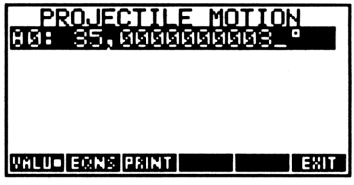
Überprüfen des Lösungsprozesses. Im Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme ist ein "Entwicklungskatalog" enthalten, der den Ablauf des letzten Lösungsprozesses beschreibt. Drücken Sie [→] ALL, um diesen Katalog anschauen zu können.

Operationen im Entwicklungskatalog

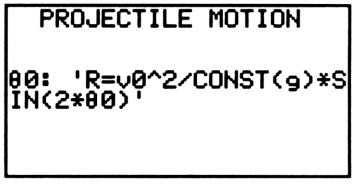
Taste	Wirkung
VALU▪	Zeigt die ermittelten Werte an.
EQN▪	Zeigt die verwendeten Gleichungen an.
PRINT	Druckt den Entwicklungskatalog aus.

Beispiel: Entwicklungskatalog. Hier wird das vorher behandelte Beispiel fortgesetzt.

[NXT]
[→] ALL



EQNS
[ENTER]



[ENTER] EXIT

Dieses Beispiel wird später in diesem Kapitel fortgeführt.

Abändern der Aufgabe

Ab und zu werden Sie eine Aufgabe mit anderen bekannten Werten neu durchrechnen wollen. Stellen Sie sicher, daß alle "bekannten" Variablen dunkle und alle "unbekannten" Variablen helle Menüfelder besitzen, *außer* wenn Sie nur nach einer einzigen Variablen auflösen möchten: dann spielt deren Status keine Rolle. Ändern Sie erforderlichenfalls den Variablenstatus (siehe "Handhabung von Variablen" weiter oben in diesem Kapitel).

Anwendung von HP Solve bei mehreren Gleichungen

Nachdem Sie den Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme aktiviert haben, können Sie mit HP Solve ([→] [SOLVE]) die bereits in *EQ* abgespeicherte Gruppe von Gleichungen bearbeiten. Dadurch können Sie die Gleichungen nacheinander lösen und die Ergebnisse durch Auswerten der rechten und der linken Seite überprüfen.

Optionen beim Umgang mit Einheiten

Jede Gruppe von Gleichungen besitzt zwei Typen von voreingestellten Einheiten: SI- oder englische Einheiten. Sie können einen der beiden Typen auswählen. Sie können außerdem auch zwischen der Verwendung und der Nichtverwendung von Einheiten entscheiden. Bei manchen Gruppen von Gleichungen, die Konstanten aus der Konstantenbibliothek benötigen, bestimmt der Einheitentyp den Zahlenwert für diese Konstanten: daher kann der Einheitentyp auch dann wichtig sein, wenn Sie keine Einheiten verwenden. (Siehe "Berechnungen mit und ohne Einheiten" Kapitel 1).

Wenn Sie die Optionen für Einheiten ändern möchten, *nachdem* Sie den Lösungsalgorithmus aktiviert haben, wenn also die Variablen mit anderen (allerdings passenden) Einheiten bereits vorhanden sind, ist es nicht ausreichend, nur die Optionen neu anzugeben. Sie müssen Ihre neue Auswahl ausdrücklich wirksam werden lassen. Dies kann mit →VAR aus dem Einheitenkatalog der Gleichungsbibliothek heraus geschehen. Dadurch werden Gleichungsvariablen neu erzeugt oder so geändert, daß für sie alle die neue Wahl gilt: SI- oder englische Einheiten und Verwendung oder Nichtverwendung von Einheiten.

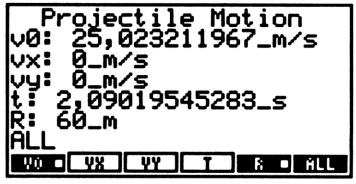
Hinweis

Wenn Sie sich dafür entscheiden, keine Einheiten zu verwenden, können die Ergebnisse für viele Gruppen von Gleichungen unrichtig aussehen. Dies kann folgende Gründe haben:

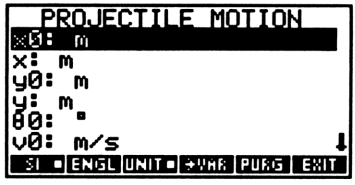
- Implizite Einheiten für alle Werte – einschließlich den Werten aus der Konstantenbibliothek – müssen sich korrekt verknüpfen und kürzen lassen.
- Implizite Temperatureinheiten müssen bei den meisten Temperaturen auf Kelvin oder ° Rankine lauten.
- Implizite Winkeleinheiten müssen dem aktuellen Winkelmodus entsprechen.

Beispiel: Abändern von Einheiten. Hier wird das vorher behandelte Beispiel fortgesetzt.

[↰] [REVIEW]

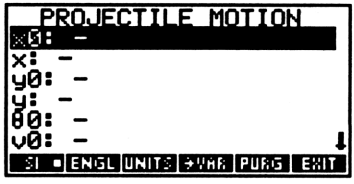


[↰] [LIBRARY] EQLIB EQNLI
[α] M [▼] [ENTER]
[▼] [▼]
VARS [NXT]

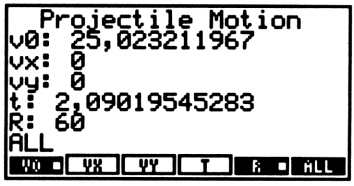


Stellen Sie die Einheiten auf SI (SI ▪) und auf Nichtverwendung (UNITS) ein.

UNIT▪
→VAR



ATTN
LAST MENU
REVIEW



Befehle der Gleichungsbibliothek

Befehle der Gleichungsbibliothek

Taste	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
EQNLI	EQNLIB	Aktiviert die Gleichungsbibliothek. Der Stack wird nicht beeinflußt.
SOLVE	SOLVEQN	Bereitet den für die angegebene Gruppe von Gleichungen geeigneten Lösungsalgorithmus vor und aktiviert ihn, wobei die Kataloge der Gleichungsbibliothek umgangen werden. Legt *EQ* fest (sowie *Mpar* bei mehr als einer Gleichung), stellt die Optionen für Einheiten gemäß den Flags 60 und 61 ein und aktiviert den passenden Gleichungs-algorUithmus. Verwendet Zahlen für Sachgebiet und Rubrik (Ebenen 3 und 2) sowie eine Option für "PICT" (Ebene 1). (Die Nummern der Sachgebiete und Rubriken sind in Kapitel 3 angegeben. Ist die Option für "PICT" 0, wird *PICT* nicht beeinflußt; andernfalls wird eine zur Gleichung gehörende Abbildung in *PICT* kopiert.) Gibt nichts aus.

Befehle der Gleichungsbibliothek (Fortsetzung)

Taste	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
MSOL	MSOLVR	Ruft das Variablenmenü des Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme für die durch *Mpar* definierte Gruppe von Gleichungen auf. Der Stack wird nicht beeinflußt.

Beispiel: SOLVEQN-Programm. Greifen Sie vom Benutzermenü aus auf "Conduction + Convection" unter "Heat Transfer" (Sachgebiet 6, Rubrik 5) zu.

```
« 60 CF 61 CF 6 5 0 SOLVEQN »
```

[→] [CLR]
[←] [LIBRARY] EQLIB



[←] [« »]
60 [SPC] CF [SPC] 61 [SPC] CF [SPC]
6 [SPC] 5 [SPC] 0 SOLVE
[ENTER]



['] CNC [STO]



[←] [{ }] [←] [{ }]
[→] [" "] C [α] [+] C [▶] CNC
[ENTER] [→] [MODES] MENU



3

Verzeichnis der Gleichungen

Die Gleichungsbibliothek besteht aus 15 Sachgebieten und mehr als 100 Rubriken. Jedes Sachgebiet und jede Rubrik besitzt eine Nummer, die Sie angeben können, wenn Sie mit SOLVEQN eine Gruppe von Gleichungen aufrufen möchten. Diese Nummern sind in Klammern hinter den Überschriften angegeben.

Die Literaturverweise zu jedem Sachgebiet finden Sie in Anhang C. Diesen oder anderen Standardwerken können Sie die Voraussetzungen und Einschränkungen bei der Anwendung dieser Gleichungen entnehmen.

Stützen und Träger (Columns and Beams: 1)

Variablennamen und Beschreibungen

ε	Schwerpunktabstand
σcr	kritische Spannung
σmax	Maximalspannung
Θ	Biegewinkel in x
A	Querschnitt
a	Abstand zur Punktlast
c	Randfaserabstand (exzentrische Stützen) bzw. Abstand zum einwirkenden Moment (Träger)
E	Elastizitätsmodul

Variablennamen und Beschreibungen (Fortsetzung)

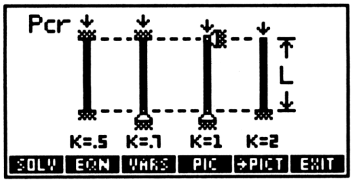
I	Trägheitsmoment
K	Faktor für die effektive Länge der Stütze
L	Länge der Stütze oder des Trägers
M	einwirkendes Moment
Mx	internes Biegemoment bei *x*
P	Last (exzentrische Stützen) bzw. Punktlast (Träger)
Pcr	kritische Last
r	Krümmungsradius
V	Scherkraft in *x*
w	verteilte Last
x	Abstand auf einem Träger
y	Durchbiegung an der Stelle *x*

Bei einfach aufgelagerten Trägern und eingespannten Trägern ("Einfache Durchbiegung" bis einschließlich "Abscherung (eingespannt)") variieren die Berechnungen abhängig von der Lage von *x* hinsichtlich der Lasten. Einwirkende Lasten sind abwärts positiv, das einwirkende Moment ist entgegen dem Uhrzeigersinn positiv, die Durchbiegung ist aufwärts positiv, der Biegewinkel ist entgegen dem Uhrzeigersinn positiv, das Biegemoment ist für den linken Teil entgegen dem Uhrzeigersinn positiv und die Scherkraft ist für den linken Teil abwärts positiv.

Literaturhinweis: 2.

Elastische Knickung (Elastic Buckling: 1, 1)

Diese Gleichungen werden für schlanke Stützen ($K \cdot L/r > 100$) mit dem Längenfaktor *K* angewendet.



Gleichungen:

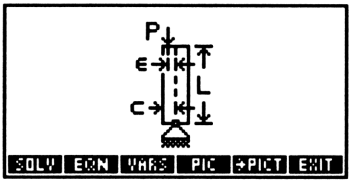
$$Pcr = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{\left(\frac{K \cdot L}{r}\right)^2} \qquad Pcr = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(K \cdot L)^2} \qquad \sigma cr = \frac{Pcr}{A}$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Beispiel: Gegeben: $L = 7{,}3152_m$, $r = 4{,}1148_cm$, $E = 199947961{,}502_kPa$, $A = 53{,}0967_cm\hat{}2$, $K = 0{,}7$, $I = 8990598{,}7930_mm\hat{}4$, ergibt $Pcr = 676{,}6019_kN$, $\sigma cr = 127428{,}2444_kPa$.

Exzentrische Stützen (Eccentric Columns: 1, 2)

Siehe "Elastische Knickung".

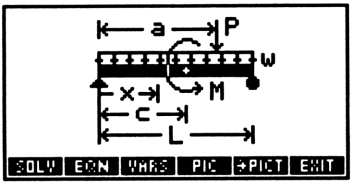


Gleichungen:

$$\sigma max = \frac{P}{A} \cdot \left(1 + \frac{\varepsilon \cdot c}{r^2} \cdot \left(\frac{1}{\cos\left(\frac{K \cdot L}{2 \cdot r} \cdot \sqrt{\frac{P}{E \cdot A}}\right)}\right)\right) \qquad r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Beispiel: Gegeben: $L = 6{,}6542_m$, $A = 187{,}9351_cm\hat{}2$, $r = 8{,}4836_cm$, $E = 206842718{,}795_kPa$, $I = 135259652{,}16_mm\hat{}4$, $K = 1$, $P = 1908{,}2571_kN$, $c = 15{,}24_cm$, $\varepsilon = 1{,}1806_cm$, $c = 15{,}24_cm$, ergibt $\sigma max = 140853{,}0970_kPa$.

Einfache Durchbiegung (Simple Deflection: 1, 3)

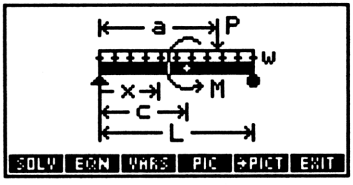


Gleichung:

$$y = \frac{P \cdot (L - a) \cdot x}{6 \cdot L \cdot E \cdot I} \cdot \left(x^2 + (L - a)^2 - L^2\right)$$
$$- \frac{M \cdot x}{E \cdot I} \cdot \left(c - \frac{x^2}{6 \cdot L} - \frac{L}{3} - \frac{c^2}{2 \cdot L}\right)$$
$$- \frac{w \cdot x}{24 \cdot E \cdot I} \cdot \left(L^3 + x^2 \cdot (x - 2 \cdot L)\right)$$

Beispiel: Gegeben: $L = 20_ft$, $E = 29000000_psi$, $I = 40_in\hat{}4$, $a = 10_ft$, $P = 674{,}427_lbf$, $c = 17_ft$, $M = 3687{,}81_ft*lbf$, $w = 102{,}783_lbf/ft$, $x = 9_ft$, ergibt $y = -{,}6005_in$.

Einfacher Biegewinkel (Simple Slope: 1, 4)

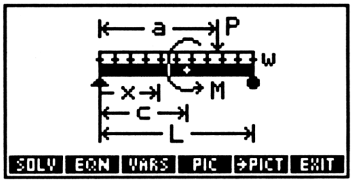


Gleichung:

$$\Theta = \frac{P \cdot (L - a)}{6 \cdot L \cdot E \cdot I} \cdot \left(3 \cdot x^2 + (L - a)^2 - L^2\right)$$
$$- \frac{M}{E \cdot I} \cdot \left(c - \frac{x^2}{2 \cdot L} - \frac{L}{3} - \frac{c^2}{2 \cdot L}\right)$$
$$- \frac{w}{24 \cdot E \cdot I} \cdot \left(L^3 + x^2 \cdot (4 \cdot x - 6 \cdot L)\right)$$

Beispiel: Gegeben: $L = 20_ft$, $E = 29000000_psi$, $I = 40_in\hat{}4$, $a = 10_ft$, $P = 674{,}427_lbf$, $c = 17_ft$, $M = 3687{,}81_ft*lbf$, $w = 102{,}783_lbf/ft$, $x = 9_ft$, ergibt $\Theta = -{,}0876_°$.

Einfaches Moment (Simple Moment: 1, 5)

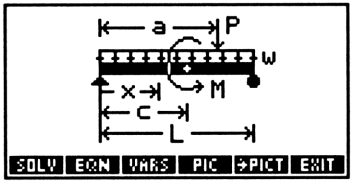


Gleichung:

$$Mx = \frac{P \cdot (L - a) \cdot x}{L} + \frac{M \cdot x}{L} + \frac{w \cdot x}{2} \cdot (L - x)$$

Beispiel: Gegeben: $L = 20_ft$, $a = 10_ft$, $P = 674{,}427_lbf$, $c = 17_ft$, $M = 3687{,}81_ft*lbf$, $w = 102{,}783_lbf/ft$, $x = 9_ft$, ergibt $Mx = 9782{,}1945_ft*lbf$.

Einfache Abscherung (Simple Shear: 1, 6)

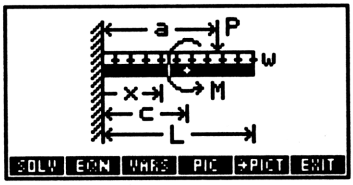


Gleichung:

$$V = \frac{P \cdot (L - a)}{L} + \frac{M}{L} + \frac{w}{2} \cdot (L - 2 \cdot x)$$

Beispiel: Gegeben: $L = 20_ft$, $a = 10_ft$, $P = 674{,}427_lbf$, $M = 3687{,}81_ft*lbf$, $w = 102{,}783_lbf/ft$, $x = 9_ft$, ergibt $V = 624{,}387_lbf$.

Durchbiegung (eingespannt) (Cantilever Deflection: 1, 7)

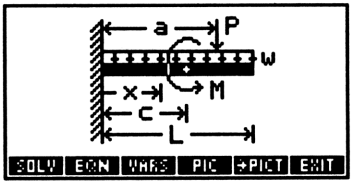


Gleichung:

$$y = \frac{P \cdot x^2}{6 \cdot E \cdot I} \cdot (x - 3 \cdot a) + \frac{M \cdot x^2}{2 \cdot E \cdot I} - \frac{w \cdot x^2}{24 \cdot E \cdot I} \cdot \left(6 \cdot L^2 - 4 \cdot L \cdot x + x^2\right)$$

Beispiel: Gegeben: $L = 10_ft$, $E = 29000000_psi$, $I = 15_in\hat{}4$, $P = 500_lbf$, $M = 800_ft*lbf$, $a = 3_ft$, $c = 6_ft$, $w = 100_lbf/ft$, $x = 8_ft$, ergibt $y = -,3316_in$.

Biegewinkel (eingespannt) (Cantilever Slope: 1, 8)

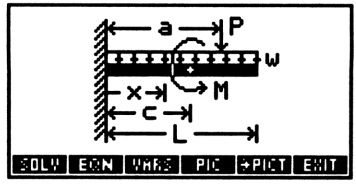


Gleichung:

$$\Theta = \frac{P \cdot x}{2 \cdot E \cdot I} \cdot (x - 2 \cdot a) + \frac{M \cdot x}{E \cdot I} - \frac{w \cdot x}{6 \cdot E \cdot I} \cdot \left(3 \cdot L^2 - 3 \cdot L \cdot x + x^2\right)$$

Beispiel: Gegeben: $L = 10_ft$, $E = 29000000_psi$, $I = 15_in\hat{}4$, $P = 500_lbf$, $M = 800_ft*lbf$, $a = 3_ft$, $c = 6_ft$, $w = 100_lbf/ft$, $x = 8_ft$, ergibt $\Theta = -,2652_°$.

Biegemoment (eingespannt) (Cantilever Moment: 1, 9)

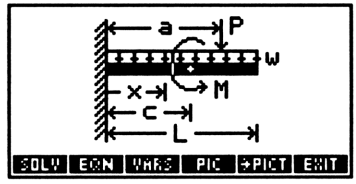


Gleichung:

$$Mx = P \cdot (x - a) + M - \frac{w}{2} \cdot \left(L^2 - 2 \cdot L \cdot x + x^2\right)$$

Beispiel: Gegeben: $L = 10_ft$, $P = 500_lbf$, $M = 800_ft*lbf$, $a = 3_ft$, $c = 6_ft$, $w = 100_lbf/ft$, $x = 8_ft$, ergibt $Mx = -200_ft*lbf$.

Abscherung (eingespannt) (Cantilever Shear: 1, 10)



Gleichung:

$$V = P + w \cdot (L - x)$$

Beispiel: Gegeben: $L = 10_ft$, $P = 500_lbf$, $a = 3_ft$, $x = 8_ft$, $w = 100_lbf/ft$, ergibt $V = 200_lbf$.

Elektrizität (Electricity: 2)

Variablennamen und Beschreibungen

εr	relative Dielektrizitätszahl
μr	relative Permeabilitätszahl
ω	Kreisfrequenz
$\omega 0$	Resonanzkreisfrequenz
ϕ	Phasenwinkel
$\phi p, \phi s$	paralleler bzw. serieller Phasenwinkel
ρ	spezifischer Widerstand
ΔI	Stromänderung
Δt	Zeitänderung
ΔV	Spannungsänderung
A	Leiterquerschnitt (Leitungswiderstand) bzw. Kernquerschnitt (Induktivität einer Solenoidspule) bzw. Plattenfläche (Plattenkondensator)
$C, C1, C2$	Kapazität
Cp, Cs	parallele bzw. serielle Kapazität
d	Plattenabstand
E	Energie
F	Kraft zwischen Ladungen
f	Frequenz
$f0$	Resonanzfrequenz
I	Strom bzw. Gesamtstrom (Stromteiler)
$I1$	Strom durch R1
$Imax$	Scheitelwert des Stroms
L	Induktivität bzw. Länge (Leitungswiderstand, Zylinderkondensator)
$L1, L2$	Induktivität

Variablennamen und Beschreibungen (Fortsetzung)

Lp,Ls	parallele bzw. serielle Induktivität
N	Windungszahl
n	Windungszahl je Längeneinheit
P	Leistung
q	Ladung
q1,q2	Punktladung
Qp,Qs	parallele bzw. serielle Güte
r	Abstand zwischen Ladungen
R,R1,R2	Widerstand
ri,ro	innerer bzw. äußerer Radius
Rp,Rs	paralleler bzw. serieller Widerstand
t	Zeit
ti,tf	Anfangszeitpunkt bzw. Endzeitpunkt
V	Spannung bzw. Gesamtspannung (Spannungsteiler)
V1	Spannung an R1
Vi,Vf	Anfangs- bzw. Endspannung
Vmax	Scheitelwert der Spannung
XC	kapazitiver Blindwiderstand
XL	induktiver Blindwiderstand

Literaturhinweis: 3.

Coulombsches Gesetz (Coulomb's Law: 2, 1)

Diese Gleichung beschreibt die elektrostatische Kraft zwischen zwei geladenen Teilchen.

Gleichung:

$$F = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon 0 \cdot \varepsilon r} \cdot \left(\frac{q1 \cdot q2}{r^2} \right)$$

Beispiel: Gegeben: $q1 = 1{,}6E-19_C$, $q2 = 1{,}6E-19_C$, $r = 4{,}00E-13_cm$, $\varepsilon r = 1{,}00$, ergibt $F = 14{,}3801_N$.

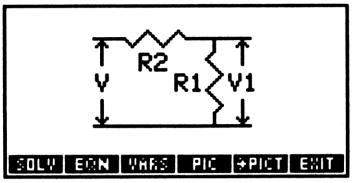
Ohmsches Gesetz und Leistung (Ohm's Law and Power: 2, 2)

Gleichungen:

$$V = I \cdot R \qquad P = V \cdot I \qquad P = I^2 \cdot R \qquad P = \frac{V^2}{R}$$

Beispiel: Gegeben: $V = 24_V$, $I = 16_A$, ergibt $R = 1{,}5_\Omega$, $P = 384_W$.

Spannungsteiler (Voltage Divider: 2, 3)

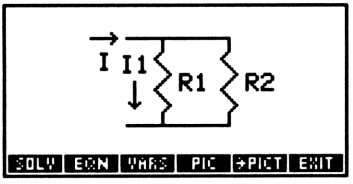


Gleichung:

$$V1 = V \cdot \left(\frac{R1}{R1 + R2} \right)$$

Beispiel: Gegeben: $R1 = 40_\Omega$, $R2 = 10_\Omega$, $V = 100_V$, ergibt $V1 = 80_V$.

Stromteiler (Current Divider: 2, 4)



Gleichung:

$$I1 = I \cdot \left(\frac{R2}{R1 + R2} \right)$$

Beispiel: Gegeben: $R1 = 10_\Omega$, $R2 = 6_\Omega$, $I = 15_A$, ergibt $I1 = 5{,}6250_A$.

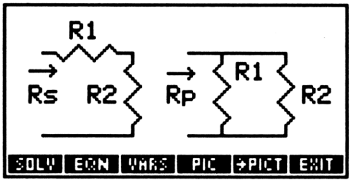
Leitungswiderstand (Wire Resistance: 2, 5)

Gleichung:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

Beispiel: Gegeben: $\rho = ,0035_\Omega * cm$, $L = 50_cm$, $A = 1_cm\text{^}2$, ergibt $R = 0{,}175_\Omega$.

Serieller und paralleler Widerstand (Series and Parallel R: 2, 6)



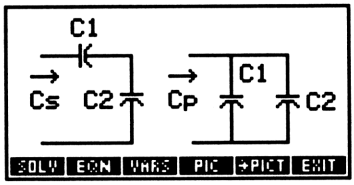
Gleichungen:

$$Rs = R1 + R2$$

$$\frac{1}{Rp} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}$$

Beispiel: Gegeben: $R1 = 2_\Omega$, $R2 = 3_\Omega$, ergibt $Rs = 5_\Omega$, $Rp = 1{,}2000_\Omega$.

Serielle und parallele Kapazität (Series and Parallel C: 2, 7)

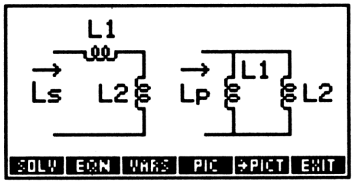


Gleichungen:

$$\frac{1}{Cs} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} \qquad Cp = C1 + C2$$

Beispiel: Gegeben: $C1 = 2_\mu F$, $C2 = 3_\mu F$, ergibt $Cs = 1{,}2000_\mu F$, $Cp = 5_\mu F$.

Serielle und parallele Induktivität (Series and Parallel L: 2, 8)



Gleichungen:

$$Ls = L1 + L2 \qquad \frac{1}{Lp} = \frac{1}{L1} + \frac{1}{L2}$$

Beispiel: Gegeben: $L1 = 17_mH$, $L2 = 16{,}5_mH$, ergibt $Ls = 33{,}5000_mH$, $Lp = 8{,}3731_mH$.

Energie im elektrischen Feld (Capacitive Energy: 2, 9)

Gleichung:

$$E = \frac{C \cdot V^2}{2}$$

Beispiel: Gegeben: $E = ,025_J$, $C = 20_\mu F$, ergibt $V = 50_V$.

Energie im Magnetfeld (Inductive Energy: 2, 10)

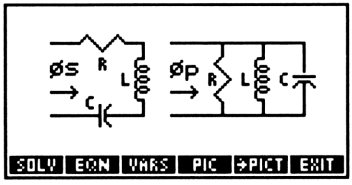
Gleichung:

$$E = \frac{L \cdot I^2}{2}$$

Beispiel: Gegeben: $E = 4_J$, $L = 15_mH$, ergibt $I = 23{,}0940_A$.

Phasenverschiebung (RLC Current Delay: 2, 11)

Die Phasenverschiebung ist positiv, wenn der Strom der Spannung nacheilt.



Gleichungen:

$$\text{TAN}(\phi s) = \frac{XL - XC}{R}$$

$$\text{TAN}(\phi p) = \frac{\frac{1}{XC} - \frac{1}{XL}}{\frac{1}{R}}$$

$$XC = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$XL = \omega \cdot L$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Beispiel: Gegeben: $f = 107_Hz$, $C = 80_\mu F$, $L = 20_mH$, $R = 5_\Omega$, ergibt $\omega = 672{,}3008_r/s$, $\phi s = -45{,}8292_°$, $\phi p = -5{,}8772_°$, $XC = 18{,}5929_\Omega$, $XL = 13{,}4460_\Omega$.

Kondensatorspannung (DC Capacitor Current: 2, 12)

Diese Gleichungen dienen zur näherungsweisen Berechnung des Gleichstroms, der erforderlich ist, um die Spannung an einem Kondensator innerhalb eines bestimmten Zeitraums um einen bestimmten Betrag zu verändern.

Gleichungen:

$$I = C \cdot \left(\frac{\Delta V}{\Delta t} \right)$$

$$\Delta V = Vf - Vi$$

$$\Delta t = tf - ti$$

Beispiel: Gegeben: $C = 15_\mu F$, $Vi = 2{,}3_V$, $Vf = 3{,}2_V$, $I = 10_A$, $ti = 0_s$, ergibt $\Delta V = ,9000_V$, $\Delta t = 1{,}3500_\mu s$, $tf = 1{,}3500_\mu s$.

Kondensatorladung (Capacitor Charge: 2, 13)

Gleichung:

$$q = C \cdot V$$

Beispiel: Gegeben: $C = 20_\mu F$, $V = 100_V$, ergibt $q = 0{,}0020_C$.

Spulenspannung (DC Inductor Voltage: 2, 14)

Diese Gleichungen dienen zur näherungsweisen Berechnung der Gleichspannung, die durch eine Stromänderung um einen bestimmten Betrag innerhalb eines bestimmten Zeitraums in einer Spule induziert wird.

Gleichungen:

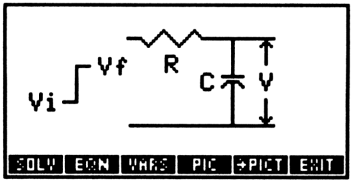
$$V = -L \cdot \left(\frac{\Delta I}{\Delta t} \right)$$

$$\Delta I = If - Ii$$

$$\Delta t = tf - ti$$

Beispiel: Gegeben: $L = 100_mH$, $V = 52_V$, $\Delta t = 32_\mu s$, $Ii = 23_A$, $ti = 0_s$, ergibt $\Delta I = -0{,}0166_A$, $If = 22{,}9834_A$, $tf = 32_\mu s$.

RC-Einschwingvorgang (RC Transient: 2, 15)

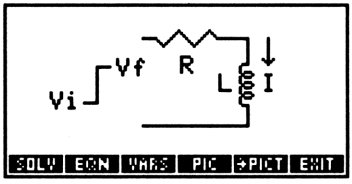


Gleichung:

$$V = Vf - (Vf - Vi) \cdot e^{\frac{-t}{R \cdot C}}$$

Beispiel: Gegeben: $Vi = 0_V$, $C = 50_\mu F$, $Vf = 10_V$, $R = 100_\Omega$, $t = 2_ms$, ergibt $V = 3{,}2968_V$.

RL-Einschwingvorgang (RL Transient: 2, 16)



Gleichung:

$$I = \frac{1}{R} \cdot \left(Vf - (Vf - Vi) \cdot e^{\frac{-t \cdot R}{L}} \right)$$

Beispiel: Gegeben: $Vi = 0_V$, $Vf = 5_V$, $R = 50_\Omega$, $L = 50_mH$, $t = 75_\mu s$, ergibt $I = 0{,}0072_A$.

Resonanzfrequenz (Resonant Frequency: 2, 17)

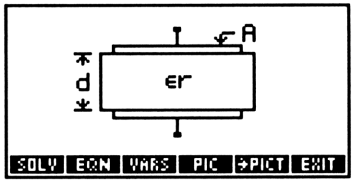
Gleichungen:

$$\omega 0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \qquad Qs = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \qquad Qp = R \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$\omega 0 = 2 \cdot \pi \cdot f0$$

Beispiel: Gegeben: $L = 500_\text{mH}$, $C = 8_\mu\text{F}$, $R = 10_\Omega$, ergibt $\omega 0 = 500_\text{r/s}$, $Qs = 25{,}0000$, $Qp = 0{,}0400$, $f0 = 79{,}5775_\text{Hz}$.

Plattenkondensator (Plate Capacitor: 2, 18)

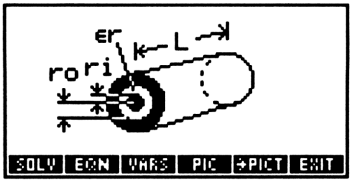


Gleichung:

$$C = \frac{\varepsilon 0 \cdot \varepsilon r \cdot A}{d}$$

Beispiel: Gegeben: $C = 25_\mu\text{F}$, $\varepsilon r = 2{,}26$, $A = 1_\text{cm\^{}2}$, ergibt $d = 8{,}0042\text{E}-9_\text{cm}$.

Zylinderkondensator (Cylindrical Capacitor: 2, 19)

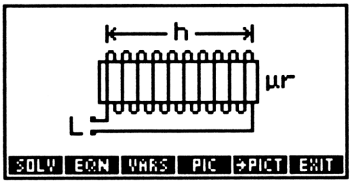


Gleichung:

$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon 0 \cdot \varepsilon r \cdot L}{LN\left(\frac{ro}{ri}\right)}$$

Beispiel: Gegeben: $\varepsilon r = 1$, $ro = 1_cm$, $ri = ,999_cm$, $L = 10_cm$, ergibt $C = 0{,}0056_\mu F$.

Induktivität einer Solenoidspule (Solenoid Inductance: 2, 20)

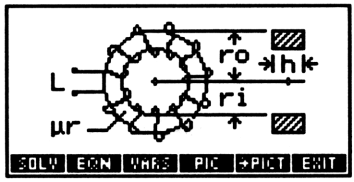


Gleichung:

$$L = \mu 0 \cdot \mu r \cdot n^2 \cdot A \cdot h$$

Beispiel: Gegeben: $\mu r = 2{,}5$, $n = 40_1/cm$, $A = ,2_cm\text{^}2$, $h = 3_cm$, ergibt $L = 0{,}0302_mH$.

Induktivität einer Ringkernspule (Toroid Inductance: 2, 21)



Gleichung:

$$L = \frac{\mu 0 \cdot \mu r \cdot N^2 \cdot h}{2 \cdot \pi} \cdot LN\left(\frac{ro}{ri}\right)$$

Beispiel: Gegeben: $\mu r = 1$, $N = 5000$, $h = 2_cm$, $ri = 2_cm$, $ro = 4_cm$, ergibt $L = 69{,}3147_mH$.

Sinusspannung (Sinusoidal Voltage: 2, 22)

Gleichungen:

$$V = Vmax \cdot SIN(\omega \cdot t + \phi) \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Beispiel: Gegeben: $Vmax = 110_V$, $t = 30_\mu s$, $f = 60_Hz$, $\phi = 15_°$, ergibt $\omega = 376{,}9911_r/s$, $V = 29{,}6699_V$.

Sinusstrom (Sinusoidal Current: 2, 23)

Gleichungen:

$$I = Imax \cdot SIN(\omega \cdot t + \phi) \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Beispiel: Gegeben: $t = 32_s$, $Imax = 10_A$, $\omega = 636_r/s$, $\phi = 30_°$, ergibt $I = 9{,}5983_A$, $f = 101{,}2225_Hz$.

Flüssigkeiten (Fluids: 3)

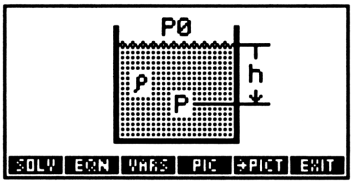
Variablennamen und Beschreibungen

ε	Rauhigkeit
μ	dynamische Viskosität
ρ	Dichte
ΔP	Druckänderung
Δy	Höhenänderung
ΣK	Summe aller Beiwerte für Armaturen und Formstücke
A	Querschnitt
$A1,A2$	Anfangs- bzw. Endquerschnitte
D	Durchmesser
$D1,D2$	Anfangs- bzw. Enddurchmesser
h	Tiefe relativ zur Referenztiefe mit $P0$
hL	Strömungsverluste
L	Länge
M	Massenstrom
n	kinematische Viskosität
P	Druck bei h
$P0$	Referenzdruck
$P1,P2$	Anfangs- bzw. Enddruck
Q	Volumenstrom
Re	Reynoldsche Zahl
$v1,v2$	Anfangs- bzw. Endgeschwindigkeit
$vavg$	Durchschnittsgeschwindigkeit
W	Leistung
$y1,y2$	Anfangs- bzw. Endhöhe

Literaturhinweise: 3, 6, 9.

Schweredruck (Pressure at Depth: 3, 1)

Diese Gleichung beschreibt den hydrostatischen Druck in einer inkompressiblen Flüssigkeit. Die Tiefe *h* ist vom Bezugspunkt aus abwärts positiv.



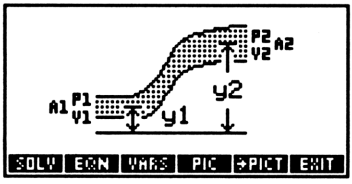
Gleichung:

$P = P0 + \rho \cdot g \cdot h$

Beispiel: Gegeben: $h = 100_m$, $\rho = 1025{,}1817_kg/m\hat{}3$, $P0 = 1_atm$, ergibt $P = 1106{,}6848_kPa$.

Bernoullische Gleichung (Bernoulli Equation: 3, 2)

Diese Gleichungen stellen die reibungsfreie Strömung einer inkompressiblen Flüssigkeit dar.



Gleichungen:

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v2^2 - v1^2}{2} + g \cdot \Delta y = 0$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v2^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{A2}{A1}\right)^2\right)}{2} + g \cdot \Delta y = 0$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v1^2 \cdot \left(\left(\frac{A1}{A2}\right)^2 - 1\right)}{2} + g \cdot \Delta y = 0$$

$\Delta P = P2 - P1$ $\quad Q = A2 \cdot v2$ $\quad A1 = \frac{\pi \cdot D1^2}{4}$

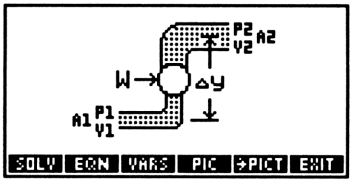
$\Delta y = y2 - y1$ $\quad Q = A1 \cdot v1$ $\quad A2 = \frac{\pi \cdot D2^2}{4}$

$M = \rho \cdot Q$

Beispiel: Gegeben: $P2 = 25_psi$, $P1 = 75_psi$, $y2 = 35_ft$, $y1 = 0_ft$, $D2 = 24_in$, $D1 = 18_in$, $\rho = 64_lb/ft\hat{}3$, $v1 = 100_ft/s$, ergibt $Q = 23075{,}8762_ft\hat{}3/min$, $M = 1476856{,}0769_lb/min$, $v2 = 122{,}4213_ft/s$, $A2 = 452{,}3893_in\hat{}2$, $A1 = 254{,}4690_in\hat{}2$, $\Delta P = -50_psi$, $\Delta y = 35_ft$.

Verlustbehaftete Strömung (Flow with Losses: 3, 3)

Diese Gleichungen erweitern die Bernoullische Gleichung um zugeführte (oder abgegebene) Leistung und Strömungsverluste.



Gleichungen:

$$M \cdot \left(\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v2^2 - v1^2}{2} + g \cdot \Delta y + hL \right) = W$$

$$M \cdot \left(\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v2^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{A2}{A1} \right)^2 \right)}{2} + g \cdot \Delta y + hL \right) = W$$

$$M \cdot \left(\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{v1^2 \cdot \left(\left(\frac{A1}{A2} \right)^2 - 1 \right)}{2} + g \cdot \Delta y + hL \right) = W$$

$\Delta P = P2 - P1$ $\quad Q = A2 \cdot v2$ $\quad A1 = \frac{\pi \cdot D1^2}{4}$

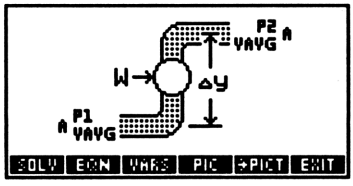
$\Delta y = y2 - y1$ $\quad Q = A1 \cdot v1$ $\quad A2 = \frac{\pi \cdot D2^2}{4}$

$M = \rho \cdot Q$

Beispiel: Gegeben: *P2*=30_psi, *P1*=65_psi, *y2*=100_ft, *y1*=0_ft, ρ=64_lb/ft^3, *D1*=24_in, *D2*=18_in, *hL*=2,0_ft^2/s^2, *W*=25_hp, *v1*=100_ft/s, ergibt *Q*=36,1018_ft^3/min, *M*=2310,5165_lb/min, ΔP= −35_psi, Δy=100_ft, *v2*=,3405_ft/s, *A1*=452,3893_in^2, *A2*=254,4690_in^2.

Strömung in kreisförmigen Rohren (Flow in Full Pipes: 3, 4)

Diese Gleichungen sind Überarbeitungen der Bernoullischen Gleichung für die Strömung in kreisförmigen Rohren mit zugeführter (oder abgegebener) Leistung und Reibungsverlusten. (Siehe "Die Funktion FANNING" in Kapitel 8.)



Gleichungen:

$$\rho \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot vavg \cdot \left(\frac{\Delta P}{\rho} + g \cdot \Delta y + vavg^2 \cdot \left(2 \cdot f \cdot \left(\frac{L}{D} \right) + \frac{\Sigma K}{2} \right) \right) = W$$

$$\Delta P = P2 - P1 \qquad Q = A \cdot vavg \qquad Re = \frac{D \cdot vavg \cdot \rho}{\mu}$$

$$\Delta y = y2 - y1 \qquad A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$M = \rho \cdot Q \qquad n = \frac{\mu}{\rho}$$

Beispiel: Gegeben: $\rho = 62{,}4_lb/ft\hat{}3$, $D = 12_in$, $vavg = 8_ft/s$, $P2 = 15_psi$, $P1 = 65_psi$, $y2 = 40_ft$, $y1 = 0_ft$, $\mu = ,0784_lbf*s/ft\hat{}2$, $\Sigma K = 2{,}25$, $\epsilon = 5_in$, $L = 250_ft$, ergibt $\Delta P = -50_psi$, $\Delta y = 40_ft$, $A = 113{,}0973_in\hat{}2$, $n = 0{,}0404_ft\hat{}2/s$, $Q = 376{,}9911_ft\hat{}3/min$, $M = 23524{,}2458_lb/min$, $W = 5{,}1778_hp$, $Re = 197{,}9032$.

Kräfte und Energie (Forces and Energy: 4)

Variablennamen und Beschreibungen

α	Winkelbeschleunigung
ω	Winkelgeschwindigkeit
$\omega i, \omega f$	Anfangs- und Endwinkelgeschwindigkeit
ρ	Dichte einer Flüssigkeit
τ	Torsion
Θ	Drehwinkel
a	Beschleunigung
A	Stirnfläche
ar	Zentripetalbeschleunigung bei *r*
at	Tangentialbeschleunigung bei *r*
Cd	Widerstandsbeiwert
E	Energie

Variablennamen und Beschreibungen (Fortsetzung)

F	Kraft in *r* oder *x* bzw. Federkraft (Hooksches Gesetz) bzw. Anziehungskraft (Gravitationsgesetz) bzw. Strömungswiderstand
I	Trägheitsmoment
k	Federkonstante
Ki,Kf	kinetische Energie zu Beginn bzw. am Ende
m,m1,m2	Masse
N	Drehzahl
Ni,Nf	Anfangs- bzw. Enddrehzahl
P	augenblickliche Leistung
Pavg	mittlere Leistung
r	Radius (Abstand von der Rotationsachse) bzw. Abstand (Gravitationsgesetz)
t	Zeit
v	Geschwindigkeit
vf,v1f,v2f	Endgeschwindigkeit
vi,v1i	Anfangsgeschwindigkeit
W	Arbeit
x	Weg

Literaturhinweis: 3.

Lineare Mechanik (Linear Mechanics: 4, 1)

Gleichungen:

$F = m \cdot a$ $\quad Ki = \frac{1}{2} \cdot m \cdot vi^2$ $\quad Kf = \frac{1}{2} \cdot m \cdot vf^2$ $\quad W = F \cdot x$ $\quad W = Kf - Ki$ $\quad P = F \cdot v$ $\quad Pavg = \frac{W}{t}$ $\quad vf = vi + a \cdot t$

Beispiel: Gegeben: $t = 10_s$, $m = 50_lb$, $a = 12{,}5_ft/s\hat{}2$, $vi = 0_ft/s$, ergibt $vf = 125_ft/s$, $x = 625_ft$, $F = 19{,}4256_lbf$, $Ki = 0_ft*lbf$, $Kf = 12140{,}9961_ft*lbf$, $W = 12140{,}9961_ft*lbf$, $Pavg = 2{,}2075_hp$.

Winkelmechanik (Angular Mechanics: 4, 2)

Gleichungen:

$\tau = I \cdot \alpha$

$Ki = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega i^2$

$Kf = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega f^2$

$W = \tau \cdot \Theta$

$W = Kf - Ki$

$P = \tau \cdot \omega$

$Pavg = \frac{W}{t}$

$\omega f = \omega i + \alpha \cdot t$

$at = \alpha \cdot r$

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot N$

$\omega i = 2 \cdot \pi \cdot Ni$

$\omega f = 2 \cdot \pi \cdot Nf$

Beispiel: Gegeben: $I = 1750_lb*in\hat{}2$, $\Theta = 360_°$, $r = 3{,}5_in$, $\alpha = 10{,}5_r/min\hat{}2$, $\omega i = 0_r/s$, ergibt $\tau = 1{,}1017E-3_ft*lbf$, $Ki = 0_ft*lbf$, $W = 6{,}9221E-3_ft*lbf$, $Kf = 6{,}9221E-3_ft*lbf$, $at = 8{,}5069E-4_ft/s\hat{}2$, $Ni = 0_rpm$, $\omega f = 11{,}4868_r/min$, $t = 1{,}0940_min$, $Nf = 1{,}8282_rpm$, $Pavg = 1{,}9174E-7_hp$.

Zentripetalkraft (Centripetal Force: 4, 3)

Gleichungen:

$F = m \cdot \omega^2 \cdot r$

$\omega = \frac{v}{r}$

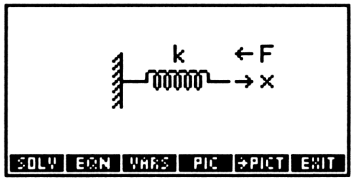
$ar = \frac{v^2}{r}$

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot N$

Beispiel: Gegeben: $m = 1_kg$, $r = 5_cm$, $N = 2000_Hz$, ergibt $\omega = 12566{,}3706_r/s$, $ar = 7895683{,}5209_m/s$, $F = 7895683{,}5209_N$, $v = 628{,}3185_m/s$.

Hookesches Gesetz (Hooke's Law: 4, 4)

Die Kraft, die von einer Feder ausgeübt wird.

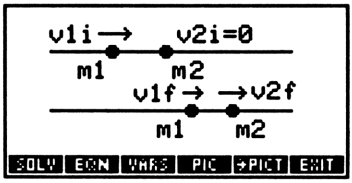


Gleichungen:

$$F = -k \cdot x \qquad W = \frac{-1}{2} \cdot k \cdot x^2$$

Beispiel: Gegeben: $k = 1725_lbf/in$, $x = 1{,}25_in$, ergibt $F = -2156{,}25_lbf$, $W = -112{,}3047_ft*lbf$.

Elastischer Stoß gegen eine ruhende Masse (1D Elastic Collisions: 4, 5)



Gleichungen:

$$v1f = \frac{m1 - m2}{m1 + m2} \cdot v1i \qquad v2f = \frac{2 \cdot m1}{m1 + m2} \cdot v1i$$

Beispiel: Gegeben: $m1 = 10_kg$, $m2 = 25_kg$, $v1i = 100_m/s$, ergibt $v1f = -42{,}8571_m/s$, $v2f = 57{,}1429_m/s$.

Strömungwiderstand (Drag Force: 4, 6)

Gleichung:

$$F = Cd \cdot \left(\frac{\rho \cdot v^2}{2} \right) \cdot A$$

Beispiel: Gegeben: $Cd = ,05$, $\rho = 1000_kg/m\text{^}3$, $A = 7{,}5E6_cm\text{^}2$, $v = 35_m/s$, ergibt $F = 22968750_N$.

Gravitationsgesetz (Law of Gravitation: 4, 7)

Gleichung:

$$F = G \cdot \left(\frac{m1 \cdot m2}{r^2} \right)$$

Beispiel: Gegeben: *m1* = 2E15_kg, *m2* = 2E18_kg, *r* = 1000000_km, ergibt *F* = 266903,6_N.

Masse-Energie-Beziehung (Mass-Energy Relation: 4, 8)

Gleichung:

$$E = m \cdot c^2$$

Beispiel: Gegeben: *m* = 9,1E-31_kg, ergibt *E* = 8,1787E-14_J.

Gase (Gases: 5)

Variablennamen und Beschreibungen

λ	mittlere freie Weglänge
ρ	Fließdichte
$\rho 0$	Staudichte
A	durchströmter Querschnitt
At	verengter Querschnitt
d	Moleküldurchmesser
k	Verhältnis der spezifischen Wärmen
M	Mach-Zahl
m	Masse
MW	Molekulargewicht

Variablennamen und Beschreibungen (Fortsetzung)

n	Molzahl bzw. polytrope Konstante (polytrope Vorgänge)
P	Druck bzw. Fließdruck (isentrope Strömung)
P0	Staudruck
Pc	pseudokritischer Druck
Pi,Pf	Anfangs- bzw. Enddruck
T	Temperatur bzw. Fließtemperatur (isentrope Strömung)
T0	Stautemperatur
Tc	pseudokritische Temperatur
Ti,Tf	Anfangs- und Endtemperatur
V	Volumen
Vi,Vf	Anfangs- und Endvolumen
vrms	effektive Geschwindigkeit
W	Arbeit

Literaturhinweise: 1, 3.

Thermische Zustandsgleichung für ideale Gase (Ideal Gas Law: 5, 1)

Gleichungen:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \qquad m = n \cdot MW$$

Beispiel: Gegeben: $T = 16{,}85_°C$, $P = 1_atm$, $V = 25_l$, $MW = 36_g/gmol$, ergibt $n = 1{,}0506_gmol$, $m = 3{,}7820E-2_kg$.

Zustandsänderung idealer Gase (Ideal Gas State Chg: 5, 2)

Gleichung:

$$\frac{Pf \cdot Vf}{Tf} = \frac{Pi \cdot Vi}{Ti}$$

Beispiel: Gegeben: *Pi* = 1,5_kPa, *Pf* = 1,5_kPa, *Vi* = 2_l, *Ti* = 100_°C, *Tf* = 373,15_K, ergibt *Vf* = 2_l.

Isotherme Ausdehnung (Isothermal Expansion: 5, 3)

Diese Gleichungen gelten für ideale Gase.

Gleichungen:

$$W = n \cdot R \cdot T \cdot LN\left(\frac{Vf}{Vi}\right) \qquad m = n \cdot MW$$

Beispiel: Gegeben: *Vi* = 2_l, *Vf* = 125_l, *T* = 300_°C, *n* = 0,25_gmol, *MW* = 64_g/gmol, ergibt *W* = 4926,4942_J, *m* = ,016_kg.

Polytrope Vorgänge (Polytropic Processes: 5, 4)

Diese Gleichungen beschreiben eine reversible Druck-Volumen-Änderung eines idealen Gases, bei dem $P \cdot V^n$ konstant ist. Sonderfälle sind isotherme Vorgänge ($n = 1$), isentrope Vorgänge ($n = k$, das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten) sowie isobare Vorgänge ($n = 0$).

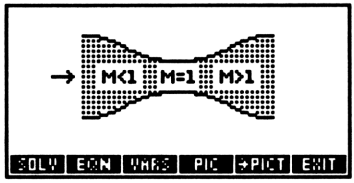
Gleichungen:

$$\frac{Pf}{Pi} = \left(\frac{Vf}{Vi}\right)^{-n} \qquad \frac{Tf}{Ti} = \left(\frac{Pf}{Pi}\right)^{\frac{n-1}{n}}$$

Beispiel: Gegeben: *Pi* = 15_psi, *Pf* = 35_psi, *Vi* = 1_ft^3, *Vf* = 0,50_ft^3, *Ti* = 75_°F, ergibt *n* = 1,2224, *Tf* = 164,1117_°F.

Isentrope Strömung (Isentropic Flow: 5, 5)

Die Berechnung ist für Geschwindigkeiten unterhalb und oberhalb von Mach 1 unterschiedlich. Die Mach-Zahl basiert auf der Schallgeschwindigkeit in dem kompressiblen Fluid.



Gleichungen:

$$\frac{T}{T0} = \frac{2}{2 + (k-1)\cdot M^2} \qquad \frac{\rho}{\rho 0} = \left(\frac{T}{T0}\right)^{\frac{1}{k-1}}$$

$$\frac{P}{P0} = \left(\frac{T}{T0}\right)^{\frac{k}{k-1}} \qquad \frac{A}{At} = \frac{1}{M}\cdot\left(\frac{2}{k+1}\cdot\left(1 + \frac{k-1}{2}\cdot M^2\right)\right)^{\frac{k+1}{2\cdot(k-1)}}$$

Beispiel: Gegeben: $k=2$, $M=,9$, $T0=26{,}85_°C$, $T=373{,}15_K$, $\rho 0=100_kg/m\hat{}3$, $P0=100_kPa$, $A=1_cm\hat{}2$, ergibt $P=464{,}1152_kPa$, $At=0{,}9928_cm\hat{}2$, $\rho=215{,}4333_kg/m\hat{}3$.

Zustandsgleichung für reale Gase (Real Gas Law: 5, 6)

Diese Gleichungen sind durch Modifikation der thermischen Zustandsgleichung für ideale Gase entstanden mit dem Ziel, das Verhalten eines realen Gases annähernd zu beschreiben. (Siehe "Die Funktion ZFACTOR" in Kapitel 8.)

Gleichungen:

$$P\cdot V = n\cdot Z\cdot R\cdot T \qquad m = n\cdot MW$$

Beispiel: Gegeben: $Pc=48_atm$, $Tc=298_K$, $P=5_kPa$, $V=10_l$, $MW=64_g/gmol$, $T=75_°C$, ergibt $n=0{,}0173_gmol$, $m=1{,}1057E-3_kg$.

Zustandsänderung realer Gase (Real Gas State Change: 5, 7)

Dieser Gleichung ist durch Modifikation der Gleichung für die Zustandsänderung idealer Gase entstanden und beschreibt annähernd das Verhalten realer Gase. (Siehe "Die Funktion ZFACTOR" in Kapitel 8.)

Gleichung:

$$\frac{Pf \cdot Vf}{Zf \cdot Tf} = \frac{Pi \cdot Vi}{Zi \cdot Ti}$$

Beispiel: Gegeben: *Pc* = 48_atm, *Pi* = 100_kPa, *Pf* = 50_kPa, *Ti* = 75_°C, *Tc* = 298_K, *Vi* = 10_l, *Tf* = 250_°C, ergibt *Vf* = 30,1703_l.

Kinetische Theorie (Kinetic Theory: 5, 8)

Diese Gleichungen beschreiben die Eigenschaften eines idealen Gases.

Gleichungen:

$$P = \frac{n \cdot MW \cdot vrms^2}{3 \cdot V}$$

$$vrms = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T}{MW}}$$

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \pi \cdot \left(\frac{n \cdot NA}{V}\right) \cdot d^2}$$

$$m = n \cdot MW$$

Beispiel: Gegeben: *P* = 100_kPa, *V* = 2_l, *T* = 26,85_°C, *MW* = 18_g/gmol, *d* = 2,5_nm, ergibt *vrms* = 644,7678_m/s, *m* = 1,4433E−3_kg, *n* = ,0802_gmol, λ = 1,4916_nm.

Wärmeübertragung (Heat Transfer: 6)

Variablennamen und Beschreibungen

α	Ausdehnungskoeffizient
δ	Längenausdehnung
$\lambda 1,\lambda 2$	untere bzw. obere Grenze der Wellenlänge
λmax	Wellenlänge des maximalen Emissionsvermögens
ΔT	Temperaturunterschied
A	Fläche
c	spezifische Wärmekapazität
$eb12$	Emissionsvermögen im Bereich zwischen $\lambda 1$ und $\lambda 2$
eb	gesamtes Emissionsvermögen
f	Bruchteil des Emissionsvermögens im Bereich zwischen $\lambda 1$ und $\lambda 2$
$h,h1,h3$	Wärmedurchgangskoeffizient bei Konvektion
$k,k1,k2,k3$	Wärmeleitfähigkeit
$L,L1,L2,L3$	Länge
m	Masse
Q	Wärme
q	Wärmestrom
T	Temperatur
Tc	Oberfläche geringerer Temperatur (Wärmeleitung) bzw. Fluid geringerer Temperatur
Th	Oberfläche höherer Temperatur bzw. Fluid höherer Temperatur (Wärmeleitung + Konvektion)
Ti,Tf	Anfangs- bzw. Endtemperatur
U	gesamter Wärmedurchgangskoeffizient

Literaturhinweise: 7, 9.

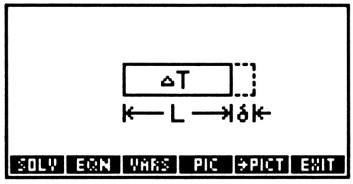
Wärme (Heat Capacity: 6, 1)

Gleichungen:

$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ $Q = m \cdot c \cdot (Tf - Ti)$

Beispiel: Gegeben: $\Delta T = 15_°C$, $Ti = 0_°C$, $m = 10_kg$, $Q = 25_kJ$, ergibt $Tf = 15_°C$, $c = ,1667_kJ/(kg*K)$.

Thermische Ausdehnung (Thermal Expansion: 6, 2)

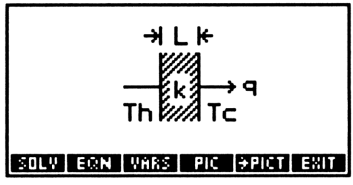


Gleichungen:

$\delta = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$ $\delta = \alpha \cdot L \cdot (Tf - Ti)$

Beispiel: Gegeben: $\Delta T = 15_°C$, $L = 10_m$, $Tf = 25_°C$, $\delta = 1_cm$, ergibt $Ti = 10_°C$, $\alpha = 6{,}6667E-5_1/°C$.

Wärmeleitung (Conduction: 6, 3)

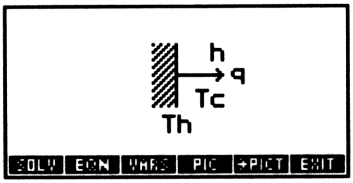


Gleichungen:

$$q = \frac{k \cdot A}{L} \cdot \Delta T \qquad q = \frac{k \cdot A}{L} \cdot (Th - Tc)$$

Beispiel: Gegeben: $Tc = 25_°C$, $Th = 75_°C$, $A = 12{,}5_m\hat{}2$, $L = 1{,}5_cm$, $k = ,12_W/(m*K)$, ergibt $q = 5000_W$, $\Delta T = 50_°C$.

Konvektion (Convection: 6, 4)



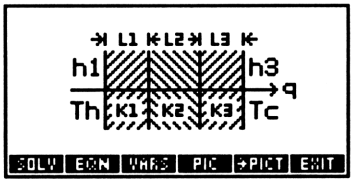
Gleichungen:

$q = h \cdot A \cdot \Delta T$ $\qquad$ $q = h \cdot A \cdot (Th - Tc)$

Beispiel: Gegeben: *Tc* = 300_K, *A* = 200_m^2, *h* = ,005_W/(m^2*K), *q* = 10_W, ergibt ΔT = 10_°C, *Th* = 36,8500_°C.

Wärmeleitung + Konvektion (Conduction + Convection: 6, 5)

Liegen weniger als drei Schichten vor, muß den zusätzlichen Schichten die Stärke null und eine beliebige, von null verschiedene Wärmeleitfähigkeit zugewiesen werden. Die beiden Temperaturen sind Fluidtemperaturen; ist stattdessen eine *Oberflächentemperatur* bekannt, muß der dazugehörige konvektive Koeffizient auf 10^{499} festgelegt werden.



Gleichungen:

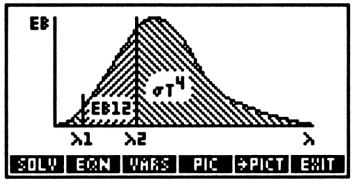
$$q = \frac{A \cdot \Delta T}{\frac{1}{h1} + \frac{L1}{k1} + \frac{L2}{k2} + \frac{L3}{k3} + \frac{1}{h3}} \qquad q = \frac{A \cdot (Th - Tc)}{\frac{1}{h1} + \frac{L1}{k1} + \frac{L2}{k2} + \frac{L3}{k3} + \frac{1}{h3}}$$

$$U = \frac{q}{A \cdot \Delta T} \qquad U = \frac{q}{A \cdot (Th - Tc)}$$

Beispiel: Gegeben: $\Delta T = 35_°C$, $Th = 55_°C$, $A = 10_m\hat{}2$, $h1 = ,05_W/(m\hat{}2*K)$, $h3 = ,05_W/(m\hat{}2*K)$, $L1 = 3_cm$, $L2 = 5_cm$, $L3 = 3_cm$, $k1 = ,1_W/(m*K)$, $k2 = ,5_W/(m*K)$, $k3 = ,1_W/(m*K)$, ergibt $Tc = 20_°C$, $U = 0{,}0246_W/(m\hat{}2*K)$, $q = 8{,}5995_W$.

Strahlung eines schwarzen Körpers (Black Body Radiation: 6, 6)

Siehe "Die Funktion F0λ" in Kapitel 8.



Gleichungen:

$eb = \sigma \cdot T^4$ $\quad eb12 = f \cdot eb$ $\quad q = eb \cdot A$

$f = F0\lambda(\lambda 2,T) - F0\lambda(\lambda 1,T)$ $\quad \lambda max \cdot T = c3$

Beispiel: Gegeben: $T = 1000_°C$, $\lambda 1 = 1000_nm$, $\lambda 2 = 600_nm$, $A = 1_cm\hat{}2$, ergibt $\lambda max = 2276{,}0523_nm$, $eb = 148984{,}2703_W/m\hat{}2$, $f = ,0036$, $eb12 = 537{,}7264_W/m\hat{}2$, $q = 14{,}8984_W$.

Magnetismus (Magnetism: 7)

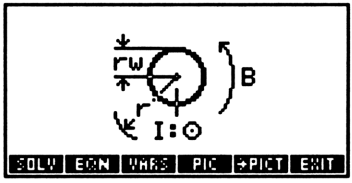
Variablennamen und Beschreibungen

μr	relative Permeabilitätszahl
B	magnetische Flußdichte
d	Abstand
Fba	Kraft
I,Ia,Ib	Strom
L	Länge
N	Gesamtzahl der Windungen
n	Zahl der Windungen je Längeneinheit
r	Abstand zum Drahtmitte
ri,ro	innerer bzw. äußerer Radius einer Ringkernspule
rw	Radius des Leiters

Literaturhinweis: 3.

Gerader Leiter (Straight Wire: 7, 1)

Die Berechnung der Flußdichte ist abhängig davon, ob sich der Punkt innerhalb oder außerhalb des Leiters befindet.



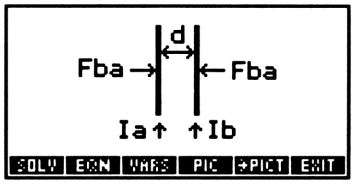
Gleichung:

$$B = \frac{\mu 0 \cdot \mu r \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

Beispiel: Gegeben: $\mu r = 1$, $rw = ,25_cm$, $r = ,2_cm$, $I = 25_A$, ergibt $B = ,0016_T$.

Kraft zwischen Leitern (Force between Wires: 7, 2)

Die Kraft zwischen Leitern ist bei einer Anziehungskraft (bei Strömen mit gleichem Vorzeichen) positiv.

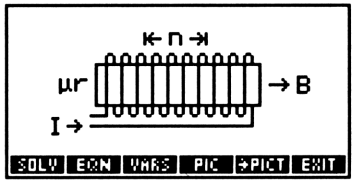


Gleichung:

$$Fba = \frac{\mu 0 \cdot \mu r \cdot L \cdot Ib \cdot Ia}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

Beispiel: Gegeben: $Ia = 10_A$, $Ib = 20_A$, $\mu r = 1$, $L = 50_cm$, $d = 1_cm$, ergibt $Fba = 2{,}0000E-3_N$.

Magnetische Flußdichte in Solenoidspulen (B Field in Solenoid: 7, 3)

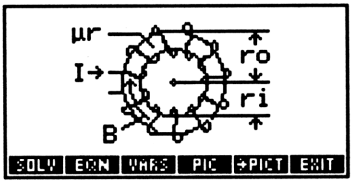


Gleichung:

$$B = \mu 0 \cdot \mu r \cdot I \cdot n$$

Beispiel: Gegeben: $\mu r = 10$, $n = 50$, $I = 1{,}25_A$, ergibt $B = 0{,}0785_T$.

Magnetische Flußdichte in Ringkernspulen (B Field in Toroid: 7, 4)



Gleichung:

$$B = \frac{\mu 0 \cdot \mu r \cdot I \cdot N}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{2}{ro + ri} \right)$$

Beispiel: Gegeben: $\mu r = 10$, $N = 50$, $ri = 5_cm$, $ro = 7_cm$, $I = 10_A$, ergibt $B = 1{,}6667E-2_T$.

Bewegung (Motion: 8)

Variablennamen und Beschreibungen

α	Winkelbeschleunigung
ω	Winkelgeschwindigkeit (Drehbewegung) bzw. Winkelgeschwindigkeit bei *t* (Rotation)
$\omega 0$	Anfangswinkelgeschwindigkeit
ρ	Fluiddichte
Θ	Drehwinkel bei *t*
$\Theta 0$	Anfangsdrehwinkel (Drehbewegung) bzw. Abwurfwinkel (Schräger Wurf)
a	Beschleunigung
A	Stirnfläche
ar	Zentripetalbeschleunigung bei *r*

Variablennamen und Beschreibungen (Fortsetzung)

Cd	Widerstandsbeiwert
m	Masse
M	Planetenmasse
N	Drehzahl
R	Wurfweite (schräger Wurf) bzw. Planetenradius (Fluchtgeschwindigkeit)
r	Radius
t	Zeit
v	Geschwindigkeit bei *t* (geradlinige Bewegung) bzw. Tangentialgeschwindigkeit bei *r* (Rotation) bzw. Konstante Sinkgeschwindigkeit bzw. Fluchtgeschwindigkeit
v0	Anfangsgeschwindigkeit
vx	Horizontale Komponente der Geschwindigkeit bei *t*
vy	Vertikale Komponente der Geschwindigkeit bei *t*
x	Horizontale Position bei *t*
x0	Horizontale Anfangsposition
y	Vertikale Position bei *t*
y0	Vertikale Anfangsposition

Literaturhinweis: 3.

Geradlinige Bewegung (Linear Motion: 8, 1)

Gleichungen:

$$x = x0 + v0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \qquad x = x0 + \frac{1}{2} \cdot (v0 + v) \cdot t$$

$$x = x0 + v \cdot t - \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \qquad v = v0 + a \cdot t$$

Beispiel: Gegeben: *x0*=0_m, *x*=100_m, *t*=10_s, *v0*=1_m/s, ergibt *v*=19_m/s, *a*=1,8_m/s^2.

Körper im freien Fall (Object in Free Fall: 8, 2)

Gleichungen:

$$y = y0 + v0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

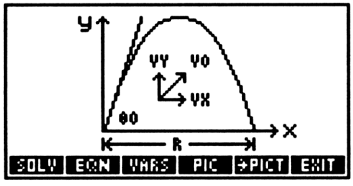
$$y = y0 + v \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$v^2 = v0^2 - 2 \cdot g \cdot (y - y0)$$

$$v = v0 - g \cdot t$$

Beispiel: Gegeben: *y0* = 1000_ft, *y* = 0_ft, *v0* = 0_ft/s, ergibt *t* = 7,8843_s, *v* = −253,6991_ft/s.

Schräger Wurf (Projectile Motion: 8, 3)



Gleichungen:

$$x = x0 + v0 \cdot \mathrm{COS}(\Theta 0) \cdot t$$

$$y = y0 + v0 \cdot \mathrm{SIN}(\Theta 0) \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$vx = v0 \cdot \mathrm{COS}(\Theta 0)$$

$$vy = v0 \cdot \mathrm{SIN}(\Theta 0) - g \cdot t$$

$$R = \frac{v0^2}{g} \cdot \mathrm{SIN}(2 \cdot \Theta 0)$$

Beispiel: Gegeben: *x0* = 0_ft, *y0* = 0_ft, *Θ0* = 45_°, *v0* = 200_ft/s, *t* = 10_s, ergibt *R* = 1243,2399_ft, *vx* = 141,4214_ft/s, *vy* = −180,3186_ft/s, *x* = 1414,2136_ft, *y* = −194,4864_ft.

Drehbewegung (Angular Motion: 8, 4)

Gleichungen:

$$\Theta = \Theta 0 + \omega 0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot t^2 \qquad \Theta = \Theta 0 + \frac{1}{2} \cdot (\omega 0 + \omega) \cdot t$$

$$\Theta = \Theta 0 + \omega \cdot t - \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot t^2 \qquad \omega = \omega 0 + \alpha \cdot t$$

Beispiel: Gegeben: $\Theta 0 = 0_°$, $\omega 0 = 0_r/min$, $\alpha = 1{,}5_r/min\hat{}2$, $t = 30_s$, ergibt $\Theta = 10{,}7430_°$, $\omega = ,7500_r/min$.

Rotation (Circular Motion: 8, 5)

Gleichungen:

$$\omega = \frac{v}{r} \qquad ar = \frac{v^2}{r} \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot N$$

Beispiel: Gegeben: $r = 25_in$, $v = 2500_ft/s$, ergibt $\omega = 72000_r/min$, $ar = 3000000_ft/s\hat{}2$, $N = 11459{,}1559_rpm$.

Konstante Sinkgeschwindigkeit (Terminal Velocity: 8, 6)

Gleichung:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{Cd \cdot \rho \cdot A}}$$

Beispiel: Gegeben: $Cd = ,15$, $\rho = ,025lb/ft\hat{}3$, $A = 100000_in\hat{}2$, $m = 1250_lb$, ergibt $v = 1757{,}4709_ft/s$.

Fluchtgeschwindigkeit (Escape Velocity: 8, 7)

Gleichung:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{R}}$$

Beispiel: Gegeben: $M = 1{,}5E23_lb$, $R = 5000_mi$, ergibt $v = 3485{,}1106_ft/s$.

Optik (Optics: 9)

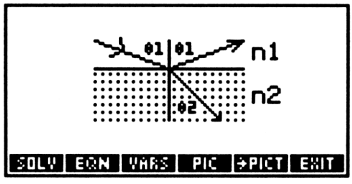
Variablennamen und Beschreibungen

θ1	Einfallswinkel
θ2	Brechungswinkel
θB	Polarisationswinkel
θc	kritischer Winkel
f	Brennweite
m	Vergrößerung
n,n1,n2	Brechzahl
r,r1,r2	Krümmungsradius
u	Gegenstandsweite
v	Bildweite

Bei Aufgaben, die Reflexion oder Brechung des Lichtes betreffen, sind die Brennweite und der Krümmungsradius in Richtung des ausfallenden Lichts (reflektiert oder gebrochen) positiv. Die Gegenstandsweite ist vor der Oberfläche positiv. Die Bildweite ist in Richtung des ausfallenden Lichts (reflektiert oder gebrochen) positiv. Die Vergrößerung ist bei aufrechtem Bild positiv.

Literaturhinweis: 3.

Brechungsgesetz (Law of Refraction: 9, 1)

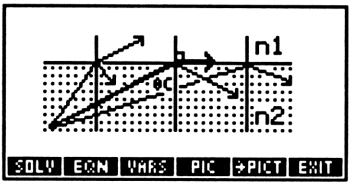


Gleichung:

$n1 \cdot SIN(\Theta 1) = n2 \cdot SIN(\Theta 2)$

Beispiel: Gegeben: $n1 = 1$, $n2 = 1{,}333$, $\Theta 1 = 45_°$, ergibt $\Theta 2 = 32{,}0367_°$.

Kritischer Winkel (Critical Angle: 9, 2)



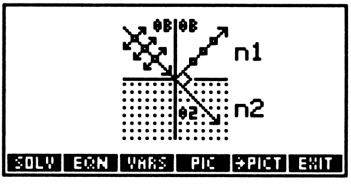
Gleichung:

$$SIN(\Theta c) = \frac{n1}{n2}$$

Beispiel: Gegeben: $n1 = 1$, $n2 = 1{,}5$, ergibt $\Theta c = 41{,}8103_°$.

Brewstersches Gesetz (Brewster's Law: 9, 3)

Der Polarisationswinkel ist der Einfallswinkel, bei dem das reflektierte Licht linear polarisiert wird.

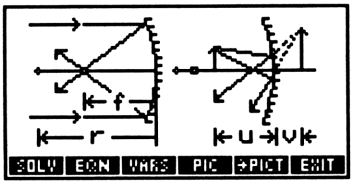


Gleichungen:

$$TAN(\Theta B) = \frac{n2}{n1} \qquad \Theta B + \Theta 2 = 90$$

Beispiel: Gegeben: $n1 = 1$, $n2 = 1{,}5$, ergibt $\Theta B = 56{,}3099_°$, $\Theta 2 = 33{,}6901_°$.

Sphärische Reflexion (Spherical Reflection: 9, 4)

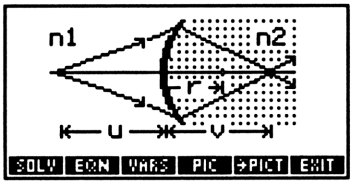


Gleichungen:

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f} \qquad f=\frac{1}{2}\cdot r \qquad m=\frac{-v}{u}$$

Beispiel: Gegeben: $u=10_\text{cm}$, $v=300_\text{cm}$, $r=19{,}35_\text{cm}$, ergibt $m=-30$, $f=9{,}6774_\text{cm}$.

Sphärische Brechung (Spherical Refraction: 9, 5)



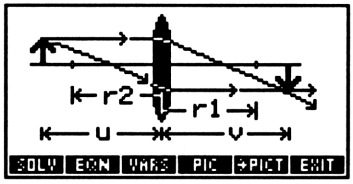
Gleichung:

$$\frac{n1}{u}+\frac{n2}{v}=\frac{n2-n1}{r}$$

Beispiel: Gegeben: $u=8_\text{cm}$, $v=12_\text{cm}$, $r=2_\text{cm}$, $n1=1$, ergibt $n2=1{,}5000$.

Dünne Linsen (Thin Lens: 9, 6)

r1 gilt für die vordere Fläche und *r2* gilt für die hintere Fläche.



Gleichungen:

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{f} = (n-1)\cdot\left(\frac{1}{r1} - \frac{1}{r2}\right) \qquad m = \frac{-v}{u}$$

Beispiel: Gegeben: $r1 = 5_cm$, $r2 = 20_cm$, $n = 1{,}5$, $u = 50_cm$, ergibt $f = 13{,}3333_cm$, $v = 18{,}1818_cm$, $m = -{,}3636$.

Schwingungen (Oscillations: 10)

Variablennamen und Beschreibungen

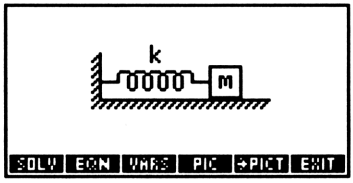
ω	Kreisfrequenz
ϕ	Phasenwinkel
Θ	Kegelwinkel
a	Beschleunigung bei *t*
f	Frequenz
G	Elastizitätsmodul bei Scherung
h	Kegelhöhe
I	Trägheitsmoment
J	polares Trägheitsmoment
k	Federkonstante

Variablennamen und Beschreibungen (Fortsetzung)

L	Länge des Pendels
m	Masse
t	Zeit
T	Periodendauer
v	Geschwindigkeit bei *t*
x	Weg bei *t*
xm	Amplitude (Schwingweite)

Literaturhinweis: 3.

Masse-Feder-System (Mass-Spring System: 10, 1)

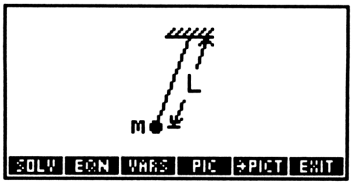


Gleichungen:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega} \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Beispiel: Gegeben: k=20_N/m, m=5_kg, ergibt ω=2_r/s, T=3,1416_s, f=,3183_Hz.

Fadenpendel (Simple Pendulum: 10, 2)

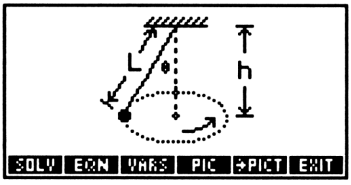


Gleichungen:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \qquad T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega} \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Beispiel: Gegeben: $L = 15_\text{cm}$, ergibt $\omega = 8{,}0856_\text{r/s}$, $T = ,7771_\text{s}$, $f = 1{,}2869_\text{Hz}$.

Kegelpendel (Conical Pendulum: 10, 3)

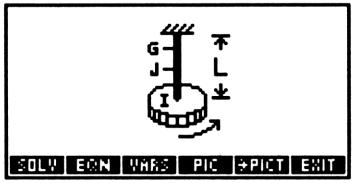


Gleichungen:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{h}} \qquad h = L \cdot \cos(\Theta) \qquad T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega} \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Beispiel: Gegeben: $L = 25_\text{cm}$, $h = 20_\text{cm}$, ergibt $\Theta = 36{,}899_°$, $T = ,8973_\text{s}$, $\omega = 7{,}0024_\text{r/s}$, $f = 1{,}1145_\text{Hz}$.

Torsionspendel (Torsional Pendulum: 10, 4)



Gleichungen:

$$\omega = \sqrt{\frac{G \cdot J}{L \cdot I}} \qquad T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega} \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Beispiel: Gegeben: $G = 1000_kPa$, $J = 17_mm\hat{}4$, $L = 26_cm$, $I = 50_kg*m\hat{}2$, ergibt $\omega = 1{,}1435E-3_r/s$, $f = 1{,}8200E-4_Hz$, $T = 5494{,}4862_s$.

Einfache harmonische Schwingung (Simple Harmonic: 10, 5)

Gleichungen:

$$x = xm \cdot COS(\omega \cdot t + \phi) \qquad a = -\omega^2 \cdot xm \cdot COS(\omega \cdot t + \phi)$$

$$v = -\omega \cdot xm \cdot SIN(\omega \cdot t + \phi) \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Beispiel: Gegeben: $xm = 10_cm$, $\omega = 15_r/s$, $\phi = 25_°$, $t = 25_\mu s$, ergibt $x = 9{,}0615_cm$, $v = -0{,}6344_m/s$, $a = -20{,}3884_m/s\hat{}2$, $f = 2{,}3873_Hz$.

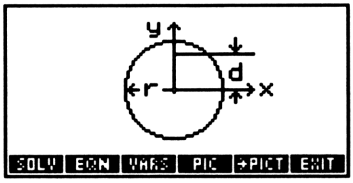
Geometrie der Ebene (Plane Geometry: 11)

Variablennamen und Beschreibungen

β	Zentriwinkel eines Vielecks
Θ	Innenwinkel eines Vielecks
A	Flächeninhalt
b	Grundseite (Rechteck, Dreieck) bzw. Länge der Halbachse in *x*-Richtung (Ellipse)
C	Kreisumfang
d	Abstand zur Drehachse in *y*-Richtung
h	Höhe (Rechteck, Dreieck) bzw. Länge der Halbachse in *y*-Richtung (Ellipse)
I,*Ix*	Flächenträgheitsmoment in der *x*-Achse
Id	Flächenträgheitsmoment bei *d* in *x*-Richtung
Iy	Flächenträgheitsmoment in der *y*-Achse
J	polares Flächenträgheitsmoment im Mittelpunkt
L	Seitenlänge eines Vielecks
n	Zahl der Seiten
P	Umfang
r	Radius
ri,*ro*	innerer bzw. äußerer Radius
rs	Inkreisradius eines Vielecks
rv	Umkreisradius eines Vielecks
v	horizontaler Abstand zum Scheitel

Literaturhinweis: 4.

Kreis (Circle: 11, 1)



Gleichungen:

$A = \pi \cdot r^2$

$C = 2 \cdot \pi \cdot r$

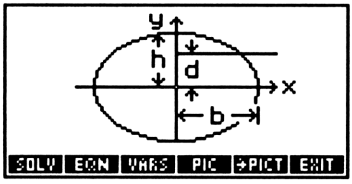
$I = \frac{\pi \cdot r^4}{4}$

$J = \frac{\pi \cdot r^4}{2}$

$Id = I + A \cdot d^2$

Beispiel: Gegeben: $r = 5_cm$, $d = 1{,}5_cm$, ergibt $C = 31{,}4159_cm$, $A = 78{,}5398_cm\hat{}2$, $I = 4908738{,}5_mm\hat{}4$, $J = 9817477{,}0_mm\hat{}4$, $Id = 6675884{,}4_mm\hat{}4$.

Ellipse (Ellipse: 11, 2)



Gleichungen:

$A = \pi \cdot b \cdot h$

$C = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{b^2 + h^2}{2}}$

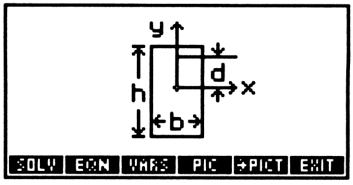
$I = \frac{\pi \cdot b \cdot h^3}{4}$

$J = \frac{\pi \cdot b \cdot h}{4} \cdot \left(b^2 + h^2\right)$

$Id = I + A \cdot d^2$

Beispiel: Gegeben: $b = 17{,}85_\mu m$, $h = 78{,}9725_\mu in$, $d = ,00000012_ft$, ergibt $A = 1{,}1249E-6_cm\hat{}2$, $C = 7{,}9805E-3_cm$, $I = 1{,}1315E-10_mm\hat{}4$, $J = 9{,}0733E-9_mm\hat{}4$, $Id = 1{,}1330E-10_mm\hat{}4$.

Rechteck (Rectangle: 11, 3)



Gleichungen:

$$A = b \cdot h$$

$$P = 2 \cdot b + 2 \cdot h$$

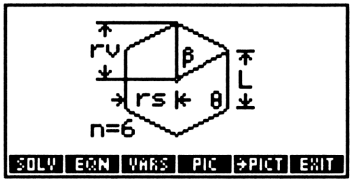
$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$J = \frac{b \cdot h}{12} \cdot \left(b^2 + h^2\right)$$

$$Id = I + A \cdot d^2$$

Beispiel: Gegeben: $b = 4_chain$, $h = 7_rd$, $d = 39{,}26_in$, legen Sie Schätzwerte für I, J und Id in km^4 fest, ergibt $A = 28328108{,}2691_cm\text{^}2$, $P = 23134{,}3662_cm$, $I = 2{,}9257E-7_km\text{^}4$, $J = 1{,}8211E-6_km\text{^}4$, $Id = 2{,}9539E-7_km\text{^}4$.

Regelmäßiges Vieleck (Regular Polygon: 11, 4)



Gleichungen:

$$A = \frac{\frac{1}{4} \cdot n \cdot L^2}{TAN\left(\frac{180}{n}\right)}$$

$$P = n \cdot L$$

$$rs = \frac{\frac{L}{2}}{TAN\left(\frac{180}{n}\right)}$$

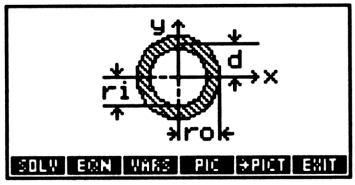
$$rv = \frac{\frac{L}{2}}{SIN\left(\frac{180}{n}\right)}$$

$$\Theta = \frac{n-2}{n} \cdot 180$$

$$\beta = \frac{360}{n}$$

Beispiel: Gegeben: $n = 8$, $L = ,5_yd$, ergibt $A = 10092{,}9501_cm\text{^}2$, $P = 365{,}7600_cm$, $rs = 55{,}1889_cm$, $rv = 59{,}7361_cm$, $\Theta = 135_°$, $\beta = 45_°$.

Kreisring (Circular Ring: 11, 5)



Gleichungen:

$$A = \pi \cdot \left(ro^2 - ri^2 \right)$$

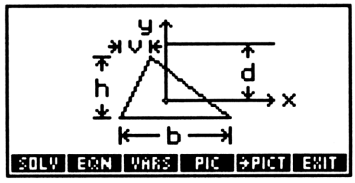
$$I = \pi \cdot \left(\left(\frac{ro + ri}{2} \right)^3 \right) \cdot (ro - ri)$$

$$J = 2 \cdot \pi \cdot \left(\left(\frac{ro + ri}{2} \right)^3 \right) \cdot (ro - ri)$$

$$Id = I + A \cdot d^2$$

Beispiel: Gegeben: *ro* = 4_μ, *ri* = 25,0_kÅ, *d* = ,1_mil, ergibt *A* = 3,0631E−7_cm^2, *I* = 1,6177E−10_mm^4, *J* = 3,2353E−10_mm^4, *Id* = 3,5938E−10_mm^4.

Dreieck (Triangle: 11, 6)



Gleichungen:

$$A = \frac{b \cdot h}{2}$$

$$P = b + \sqrt{v^2 + h^2} + \sqrt{(b - v)^2 + h^2}$$

$$Ix = \frac{b \cdot h^3}{36}$$

$$Iy = \frac{b \cdot h}{36} \cdot \left(b^2 - b \cdot v + v^2 \right)$$

$$J = \frac{b \cdot h}{36} \cdot \left(h^2 + b^2 - b \cdot v + v^2 \right)$$

$$Id = Ix + A \cdot d^2$$

Beispiel: Gegeben: *h* = 4,33012781892_in, *v* = 2,5_in, *P* = 15_in, *d* = 2_in, ergibt *b* = 5,0000_in, *Ix* = 11,2764_in^4, *Iy* = 11,2764_in^4, *J* = 22,5527_in^4, *A* = 10,8253_in^2, *Id* = 54,5776_in^4.

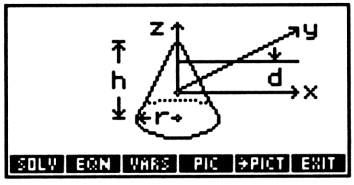
Geometrie im Raum (Solid Geometry: 12)

Variablennamen und Beschreibungen

A	Gesamtoberfläche
b	Breite
d	Abstand von der Drehachse in *z*-Richtung
h	Höhe in *z*-Richtung (Kegel, Zylinder) bzw. Höhe in *y*-Richtung (Parallelepiped)
I,*Ixx*	Volumenträgheitsmoment in der *x*-Achse
Id	Volumenträgheitsmoment bei *d* in *x*-Richtung
Izz	Volumenträgheitsmoment in der *z*-Achse
m	Masse
r	Radius
t	Tiefe in *z*-Richtung
V	Volumen

Literaturhinweis: 4.

Kegel (Cone: 12, 1)



Gleichungen:

$$V = \frac{\pi}{3} \cdot r^2 \cdot h$$

$$A = \pi \cdot r^2 + \pi \cdot r \cdot \sqrt{r^2 + h^2}$$

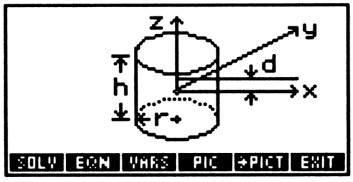
$$Ixx = \frac{3}{20} \cdot m \cdot r^2 + \frac{3}{80} \cdot m \cdot h^2$$

$$Izz = \frac{3}{10} \cdot m \cdot r^2$$

$$Id = Ixx + m \cdot d^2$$

Beispiel: Gegeben: $r = 7_cm$, $h = 12{,}5_cm$, $m = 12{,}25_kg$, $d = 3{,}5_cm$, ergibt $V = 641{,}4085_cm\hat{}3$, $A = 468{,}9953_cm\hat{}2$, $Ixx = 0{,}0162_kg*m\hat{}2$, $Izz = 0{,}0180_kg*m\hat{}2$, $Id = 0{,}0312_kg*m\hat{}2$.

Zylinder (Cylinder: 12, 2)



Gleichungen:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r^2 + 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$$

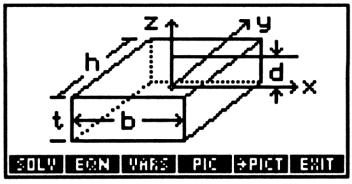
$$Ixx = \frac{1}{4} \cdot m \cdot r^2 + \frac{1}{12} \cdot m \cdot h^2$$

$$Izz = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2$$

$$Id = Ixx + m \cdot d^2$$

Beispiel: Gegeben: $r = 8{,}5_in$, $h = 65_in$, $m = 12000_lbs$, $d = 2{,}5_in$, ergibt $V = 14753{,}7045_in\hat{}3$, $A = 3925{,}4200_in\hat{}2$, $Ixx = 4441750_lb*in\hat{}2$, $Izz = 433500_lb*in\hat{}2$, $Id = 4516750_lb*in\hat{}2$.

Quader (Parallelepiped: 12, 3)



Gleichungen:

$V = b \cdot h \cdot t$

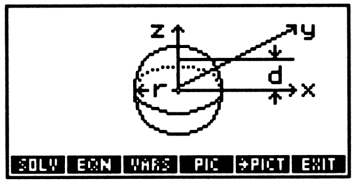
$A = 2 \cdot (b \cdot h + b \cdot t + h \cdot t)$

$I = \frac{1}{12} \cdot m \cdot \left(h^2 + t^2\right)$

$Id = I + m \cdot d^2$

Beispiel: Gegeben: $b = 36_in$, $h = 12_in$, $t = 72_in$, $m = 83_lb$, $d = 7_in$, ergibt $V = 31104_in\hat{}3$, $A = 7776_in\hat{}2$, $I = 36852_lb*in\hat{}2$, $Id = 40919_lb*in\hat{}2$.

Kugel (Sphere: 12, 4)



Gleichungen:

$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$

$A = 4 \cdot \pi \cdot r^2$

$I = \frac{2}{5} \cdot m \cdot r^2$

$Id = I + m \cdot d^2$

Beispiel: Gegeben: $d = 14_cm$, $m = 3{,}75_kg$, $Id = 486{,}5_lb*in\hat{}2$, ergibt $r = 21{,}4273_cm$, $V = 41208{,}7268_cm\hat{}3$, $A = 5769{,}5719_cm\hat{}2$, $I = 0{,}0689_kg*m\hat{}2$.

Halbleiterbauelemente (Solid State Devices: 13)

Variablennamen und Beschreibungen

αF	Vorwärts-Stromverstärkung in Basisschaltung
αR	Rückwärts-Stromverstärkung in Basisschaltung
γ	Body-Faktor
λ	Modulationsparameter
μn	Elektronenbeweglichkeit
ϕp	Fermipotential
ΔL	Längenjustierung (pn-Stufenübergang) bzw. Eindringen in den Kanal (NMOS-Transistoren)
ΔW	Breitenjustierung (pn-Stufenübergang) bzw. Breitenzusammenziehung (NMOS-Transistoren)
a	Kanalstärke
Aj	effektive Übergangsfläche
BV	Durchbruchspannung
Cj	Sperrschichtkapazität je Flächeneinheit
Cox	Kapazität von Siliziumdioxid je Flächeneinheit
E1	Feldfaktor für Durchbruchspannung
Emax	größte elektrische Feldstärke
G0	Kanalleitwert
gds	Ausgangsleitwert
gm	Übertragungssteilheit
I	Diodenstrom
IB	Gesamtbasistrom
IC	Gesamtkollektorstrom
ICEO	Kollektorstrom (Kollektor-Basis-Strecke offen)
ICO	Kollektorstrom (Emitter-Basis-Strecke offen)
ICS	Kollektor-Basis-Sättigungsstrom

Variablennamen und Beschreibungen (Fortsetzung)

ID,IDS	Drainstrom
IE	Gesamtemitterstrom
IES	Emitter-Basis-Sättigungsstrom
IS	Transistor-Sättigungsstrom
J	Stromdichte
Js	Sättigungsstromdichte
L	gezeichnete Maskenlänge (pn-Stufenübergang) bzw. gezeichnete Gatelänge (NMOS-Transistoren) bzw. Kanallänge (JFETs)
Le	effektive Gatelänge
NA	p-Dotierung (pn-Stufenübergang) bzw. Substratdotierung (NMOS-Transistoren)
ND	n-Dotierung (pn-Stufenübergang) bzw. n-Kanaldotierung (JFETs)
T	Temperatur
tox	Stärke des Siliziumsdioxids am Gate
Va	angelegte Spannung
VBC	Basis-Kollektor-Spannung
VBE	Basis-Emitter-Spannung
Vbi	Diffusionsspannung
VBS	Substratspannung
VCEsat	Kollektor-Emitter-Sättigungsspannung
VDS	angelegte Drainspannung
VDsat	Sättigungsspannung
VGS	angelegte Gatespannung
Vt	Schwellenspannung
Vt0	Schwellenspannung (bei Substratspannung null)

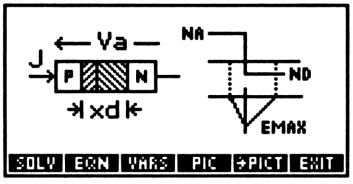
Variablennamen und Beschreibungen (Fortsetzung)

W	gezeichnete Maskenbreite (pn-Stufenübergang) bzw. gezeichnete Breite (NMOS-Transistoren) bzw. Kanalbreite (JFETs)
We	effektive Breite
xd	Breite der Verarmungszone
xdmax	Breite der Verarmungsschicht
xj	Übergangstiefe

Literaturhinweise: 5, 8.

pn-Stufenübergang (PN Step Junctions: 13, 1)

Diese Gleichungen für pn-Siliziumsperrschichtdioden verwenden ein "zweiseitiges Stufenübergangsmodell": Die Dotierungsdichte ändert sich am Übergang schlagartig. Die Gleichungen gehen davon aus, daß die Stromdichte von durch die Verarmungszone injizierten Minoritätsträgern bestimmt wird und daß der pn-Übergang eine rechteckige Form besitzt. Die Temperatur sollte zwischen 77 und 500 K betragen. (Siehe "Die Funktion SIDENS" in Kapitel 8.)



Gleichungen:

$$Vbi = \frac{k \cdot T}{q} \cdot LN\left(\frac{NA \cdot ND}{ni^2}\right)$$

$$xd = \sqrt{\frac{2 \cdot \varepsilon si \cdot \varepsilon 0}{q} \cdot \left(Vbi - Va\right) \cdot \left(\frac{1}{NA} + \frac{1}{ND}\right)}$$

$$Cj = \frac{\varepsilon si \cdot \varepsilon 0}{xd}$$

$$Emax = \frac{2 \cdot (Vbi - Va)}{xd}$$

$$BV = \frac{\varepsilon si \cdot \varepsilon 0 \cdot E1^2}{2 \cdot q} \cdot \left(\frac{1}{NA} + \frac{1}{ND}\right)$$

$$J = Js \cdot \left(e^{\frac{q \cdot Va}{k \cdot T}} - 1\right)$$

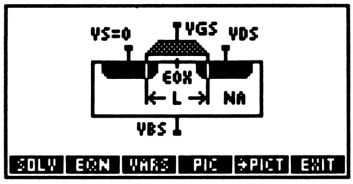
$$Aj = (W + 2 \cdot \Delta W) \cdot (L + 2 \cdot \Delta L) + \pi \cdot (W + L + 2 \cdot \Delta W + 2 \cdot \Delta L) \cdot xj + 2 \cdot \pi \cdot xj^2$$

$$I = J \cdot Aj$$

Beispiel: Gegeben: $ND = 1E22_cm\hat{}-3$, $NA = 1E15_cm\hat{}-3$, $T = 26{,}85_°C$, $Js = 1E-6_\mu A/cm\hat{}2$, $Va = -20_V$, $E1 = 3{,}3E5_V/cm$, $W = 10_\mu$, $\Delta W = 1_\mu$, $L = 10_\mu$, $\Delta L = 1_\mu$, $xj = 2_\mu$, ergibt $Vbi = ,9962_V$, $xd = 5{,}2551_\mu$, $Cj = 2005{,}0141_pF/cm\hat{}2$, $Emax = 79908{,}5240_V/cm$, $BV = 358{,}0825_V$, $J = -1{,}0E-12_A/cm\hat{}2$, $Aj = 3{,}1993E-6_cm\hat{}2$, $I = -3{,}1993E-15_mA$.

NMOS-Transistoren (NMOS Transistors: 13, 2)

Diese Gleichungen für NMOS-Transistoren aus Silizium verwenden das Modell eines Zweitor-Netzwerks. Sie berücksichtigen lineare und nichtlineare Bereiche in der Kennlinie des Bauelements. Sie basieren auf einer "gradual-channel approximation" (die elektrische Feldstärke in Stromflußrichtung ist klein im Vergleich zur Feldstärke senkrecht zur Flußrichtung). Die Berechnungen für Drainstrom und Übertragungssteilheit sind unterschiedlich, je nach dem ob sich der Transistor im linearen, im Sättigungs- oder im Abschnürbereich befindet. Die Gleichungen setzen voraus, daß die physikalische Gestalt des Bauteils ein Rechteck ist, daß Nebeneffekte von Längenparametern, Kurzkanaleffekte, der Effekt heißer Ladungsträger, Geschwindigkeitssättigungseffekte sowie Ströme unterhalb des Schwellwerts vernachlässigbar sind. (Siehe "Die Funktion SIDENS" in Kapitel 8.)



Gleichungen:

$$We = W - 2 \cdot \Delta W$$

$$Le = L - 2 \cdot \Delta L$$

$$Cox = \frac{\varepsilon ox \cdot \varepsilon 0}{tox}$$

$$IDS = Cox \cdot \mu n \cdot \left(\frac{We}{Le} \right) \cdot \left((VGS - Vt) \cdot VDS - \frac{VDS^2}{2} \right) \cdot (1 + \lambda \cdot VDS)$$

$$\gamma = \frac{\sqrt{2 \cdot \varepsilon si \cdot \varepsilon 0 \cdot q \cdot NA}}{Cox}$$

$$Vt = Vt0 + \gamma \cdot \left(\sqrt{2 \cdot ABS(\phi p) + ABS(VBS)} - \sqrt{2 \cdot ABS(\phi p)} \right)$$

$$\phi p = \frac{-k \cdot T}{q} \cdot LN\left(\frac{NA}{ni} \right)$$

$$gds = IDS \cdot \lambda$$

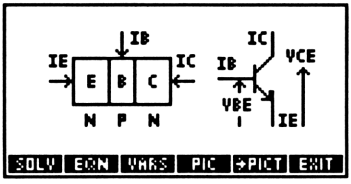
$$gm = \sqrt{Cox \cdot \mu n \cdot \left(\frac{We}{Le} \right) \cdot (1 + \lambda \cdot VDS) \cdot 2 \cdot IDS}$$

$$VDsat = VGS - Vt$$

Beispiel: Gegeben: *tox* = 700_Å, *NA* = 1E15_cm^−3, *μn* = 600_cm^2/(V∗s), *T* = 26,85_°C, *Vt0* = ,75_V, *VGS* = 5_V, *VBS* = 0_V, *VDS* = 5_V, *W* = 25_μ, Δ*W* = 1_μ, *L* = 4_μ, Δ*L* = ,75_μ, λ = ,05_1/V, ergibt *We* = 23_μ, *Le* = 2,5_μ, *Cox* = 49330,4750_pF/cm^2, γ = ,3725_V^,5, *φp* = −,2898_V, *Vt* = ,75_V, *VDsat* = 4,25_V, *IDS* = 3,0741_mA, *gds* = 1,5370E−4_S, *gm* = 1,4466_mA/V.

Bipolartransistoren (Bipolar Transistors: 13, 3)

Diese Gleichungen für einen npn-Bipolartransistor aus Silizium basieren auf den von J.J. Ebers und J.L. Moll entwickelten Großsignalmodellen. Die Berechnungen der Offsetspannung sind unterschiedlich, je nach dem ob der Transistor gesättigt ist oder nicht. Die Gleichungen berücksichtigen ebenfalls die Sonderfälle, in denen die Emitter-Basis-Strecke oder die Kollektor-Basis-Strecke offen sind. Dies ist bei der Messung von Transistorparametern sehr nützlich.



Gleichungen:

$$IE = -IES \cdot \left(e^{\frac{q \cdot VBE}{k \cdot T}} - 1 \right) + \alpha R \cdot ICS \cdot \left(e^{\frac{q \cdot VBC}{k \cdot T}} - 1 \right)$$

$$IC = -ICS \cdot \left(e^{\frac{q \cdot VBC}{k \cdot T}} - 1 \right) + \alpha F \cdot IES \cdot \left(e^{\frac{q \cdot VBE}{k \cdot T}} - 1 \right)$$

$$IS = \alpha F \cdot IES$$

$$IS = \alpha R \cdot ICS$$

$$IB + IE + IC = 0$$

$$ICO = ICS \cdot (1 - \alpha F \cdot \alpha R)$$

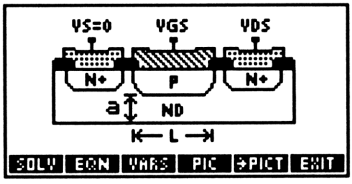
$$ICEO = \frac{ICO}{1 - \alpha F}$$

$$VCEsat = \frac{k \cdot T}{q} \cdot LN \left(\frac{1 + \frac{IC}{IB} \cdot (1 - \alpha R)}{\alpha R \cdot \left(1 - \frac{IC}{IB} \cdot \left(\frac{1 - \alpha F}{\alpha F} \right) \right)} \right)$$

Beispiel: Gegeben: $IES = 1E-5_nA$, $ICS = 2E-5_nA$, $T = 26{,}85_°C$, $\alpha F = ,98$, $\alpha R = ,49$, $IC = 1_mA$, $VBC = -10_V$, ergibt $VBE = ,6553_V$, $IS = 0{,}0000098_nA$, $ICO = ,000010396_nA$, $ICEO = ,0005198_nA$, $IE = -1{,}0204_mA$, $IB = ,0204_mA$, $VCEsat = 0_V$.

JFETs (JFETs: 13, 4)

Diese Gleichungen für einen n-Kanal Sperrschicht-Feldeffekttransistor (JFET) basieren auf einer einseitigen Annäherung des Stufenübergangs, was voraussetzt, daß die Gates stark dotiert sind im Vergleich zur Kanaldotierung. Die Berechnung des Drainstroms ist davon abhängig, ob die Verarmungsschichtstärke des Gateübergangs kleiner oder größer ist als die Kanalstärke. Die Gleichungen setzen voraus, daß der Kanal gleichmäßig dotiert ist und daß Folgeeffekte (wie Kontakt-, Drain- und Sourcewiderstände) vernachlässigbar sind. (Siehe "Die Funktion SIDENS" in Kapitel 8.)



Gleichungen:

$$Vbi = \frac{k \cdot T}{q} \cdot LN\left(\frac{ND}{ni}\right)$$

$$xdmax = \sqrt{\frac{2 \cdot \varepsilon si \cdot \varepsilon 0}{q \cdot ND} \cdot (Vbi - VGS + VDS)}$$

$$G0 = q \cdot ND \cdot \mu n \cdot \left(\frac{a \cdot W}{L}\right)$$

$$ID = G0 \cdot \left(VDS - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \varepsilon si \cdot \varepsilon 0}{q \cdot ND \cdot a^2}} \cdot \left((Vbi - VGS + VDS)^{\frac{3}{2}} - (Vbi - VGS)^{\frac{3}{2}} \right) \right)$$

$$VDsat = \frac{q \cdot ND \cdot a^2}{2 \cdot \varepsilon si \cdot \varepsilon 0} - (Vbi - VGS)$$

$$Vt = Vbi - \frac{q \cdot ND \cdot a^2}{2 \cdot \varepsilon si \cdot \varepsilon 0}$$

$$gm = G0 \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2 \cdot \varepsilon si \cdot \varepsilon 0}{q \cdot ND \cdot a^2} \cdot (Vbi - VGS)}\right)$$

Beispiel: Gegeben: *ND* = 1E16_1/cm^3, *W* = 6_µ, *a* = 1_µ, *L* = 2_µ, *µn* = 1248_cm^2/(V*s), *VGS* = −4_V, *VDS* = 4_V, *T* = 26,85_°C, ergibt *Vbi* = ,3493_V, *xdmax* = 1,0479_µ, *G0* = 5,9986E−4_S, *ID* = ,2268_mA, *VDsat* = 3,2537_V, *Vt* = −7,2537_V, *gm* = ,1462_mA/V.

Festigkeit (Stress Analysis: 14)

Variablennamen und Beschreibungen

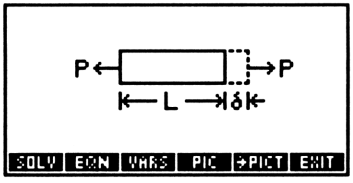
δ	Längenänderung
ε	Normaldehnung
γ	Abscherdehnung
ϕ	Verdrehwinkel
σ	Normalspannung
$\sigma 1$	größte Hauptnormalspannung
$\sigma 2$	kleinste Hauptnormalspannung
σavg	Normalspannung auf die Ebene größter Scherspannung
σx	Normalspannung in *x*-Richtung
$\sigma x1$	Normalspannung in rotierter *x*-Richtung
σy	Normalspannung in *y*-Richtung
$\sigma y1$	Normalspannung in rotierter *y*-Richtung
τ	Abscherspannung
τmax	größte Abscherspannung
$\tau x1y1$	rotierte Abscherspannung

Variablennamen und Beschreibungen (Fortsetzung)

τxy	Abscherspannung
Θ	Drehwinkel
$\Theta p1$	Winkel zur Ebene der größten Hauptnormalspannung
$\Theta p2$	Winkel zur Ebene der kleinsten Hauptnormalspannung
Θs	Winkel zur Ebene der größten Abscherspannung
A	Fläche
E	Elastizitätsmodul
G	Elastizitätsmodul bei Scherung
J	polares Trägheitsmoment
L	Länge
P	Belastung
r	Radius
T	Torsion

Literaturhinweis: 2.

Normalspannung (Normal Stress: 14, 1)

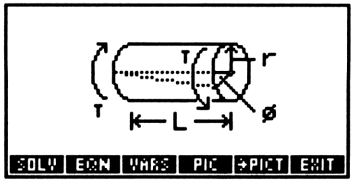


Gleichungen:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \qquad \varepsilon = \frac{\delta}{L} \qquad \sigma = \frac{P}{A}$$

Beispiel: Gegeben: $P = 40000_lbf$, $L = 8_in$, $A = 3{,}14159265359_in\hat{}2$, $E = 10E6_psi$, ergibt $\delta = 0{,}0102_in$, $\varepsilon = 0{,}0013$, $\sigma = 12732{,}3954_psi$.

Abscherspannung (Shear Stress: 14, 2)



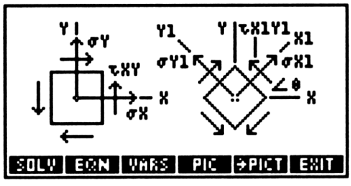
Gleichungen:

$$\tau = G \cdot \gamma \qquad \gamma = \frac{r \cdot \phi}{L} \qquad \tau = \frac{T \cdot r}{J}$$

Beispiel: Gegeben: $L = 6_\text{ft}$, $r = 2_\text{in}$, $J = 10{,}4003897419_\text{in}\hat{}4$, $G = 12000000_\text{psi}$, $\tau = 12000_\text{psi}$, ergibt $T = 5200{,}1949_\text{ft}*\text{lbf}$, $\phi = 12{,}96_°$, $\gamma = 0{,}3600_°$.

Belastung eines Elements (Stress on an Element: 14, 3)

Spannungen und Dehnungen sind in den angegebenen Richtungen positiv.



Gleichungen:

$$\sigma x1 = \frac{\sigma x + \sigma y}{2} + \frac{\sigma x - \sigma y}{2} \cdot \text{COS}(2 \cdot \Theta) + \tau xy \cdot \text{SIN}(2 \cdot \Theta)$$

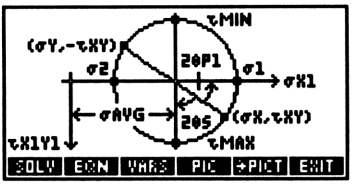
$$\sigma x1 + \sigma y1 = \sigma x + \sigma y$$

$$\tau x1y1 = -\left(\frac{\sigma x - \sigma y}{2}\right) \cdot \text{SIN}(2 \cdot \Theta) + \tau xy \cdot \text{COS}(2 \cdot \Theta)$$

Beispiel: Gegeben: $\sigma x = 15000_\text{kPa}$, $\sigma y = 4755_\text{kPa}$, $\tau xy = 7500_\text{kPa}$, $\Theta = 30_°$, ergibt $\sigma x1 = 18933{,}9405_\text{kPa}$, $\sigma y1 = 821{,}0595_\text{kPa}$, $\tau x1y1 = -686{,}2151_\text{kPa}$.

Mohrscher Kreis (Mohr's Circle: 14, 4)

Der Mohrsche Kreis setzt Normal- und Abscherspannungen, die auf verschiedene geneigte Flächen an jedem Punkt eines belasteten Gegenstandes wirken, zueinander in Beziehung.



Gleichungen:

$$\sigma 1 = \frac{\sigma x + \sigma y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma x - \sigma y}{2}\right)^2 + \tau xy^2}$$

$$\sigma 1 + \sigma 2 = \sigma x + \sigma y$$

$$\text{SIN}(2 \cdot \Theta p1) = \frac{\tau xy}{\sqrt{\left(\frac{\sigma x - \sigma y}{2}\right)^2 + \tau xy^2}}$$

$$\Theta p2 = \Theta p1 + 90 \qquad \Theta s = \Theta p1 - 45$$

$$\tau max = \frac{\sigma 1 - \sigma 2}{2} \qquad \sigma avg = \frac{\sigma x + \sigma y}{2}$$

Beispiel: Gegeben: $\sigma x = -5600_psi$, $\sigma y = -18400_psi$, $\tau xy = 4800_psi$, ergibt $\sigma 1 = -4000_psi$, $\sigma 2 = -20000_psi$, $\Theta p1 = 18{,}4349_°$, $\Theta p2 = 108{,}4349_°$, $\tau max = 8000_psi$, $\Theta s = -26{,}5651_°$, $\sigma avg = -12000_psi$.

Wellen (Waves: 15)

Variablennamen und Beschreibungen

β	Schallpegel
λ	Wellenlänge
ω	Kreisfrequenz
ρ	Dichte des Mediums
B	Hauptelastizitäsmodul
f	Frequenz
I	Schallstärke
k	Zahl der Kreiswellen
s	longitudinaler Weg bei x und t
sm	Longitudinalamplitude
t	Zeit
v	Schallgeschwindigkeit im Medium (Schallwellen) bzw. Ausbreitungsgeschwindigkeit (Transvalwellen, Longitudinalwellen)
x	Position
y	transversaler Weg bei x und t
ym	Transversalamplitude

Literaturhinweis: 3.

Transversalwellen (Transverse Waves: 15, 1)

Gleichungen:

$y = ym \cdot SIN(k \cdot x - \omega \cdot t)$ $\qquad k = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda}$ $\qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

$v = \lambda \cdot f$

Beispiel: Gegeben: $ym = 6{,}37_cm$, $k = 32{,}11_r/cm$, $x = ,03_cm$, $\omega = 7000_r/s$, $t = 1_s$, ergibt $f = 1114{,}0846_Hz$, $\lambda = ,1957_cm$, $y = 2{,}6655_cm$, $v = 218{,}0006_cm/s$.

Longitudinalwellen (Longitudinal Waves: 15, 2)

Gleichungen:

$$s = sm \cdot COS(k \cdot x - \omega \cdot t) \qquad k = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$v = \lambda \cdot f$$

Beispiel: Gegeben: *sm* = 6,37_cm, *k* = 32,11_r/cm, *x* = ,03_cm, ω = 7000_r/s, *t* = 1_s, ergibt *s* = 5,7855_cm, *v* = 2,1800_m/s, λ = ,1957_cm, *f* = 1114,0846_Hz.

Schallwellen (Sound Waves: 15, 3)

Gleichungen:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \qquad \beta = 10 \cdot LOG\left(\frac{I}{I0}\right)$$

$$I = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v \cdot \omega^2 sm^2 \qquad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Beispiel: Gegeben: *sm* = 10_cm, ω = 6000_r/s, *B* = 12500_kPa, ρ = 65_kg/m^3, ergibt *v* = 438,5290_m/s, *I* = 5130789412,97_W/m^2, β = 217,1018_dB, *f* = 954,9297_Hz.

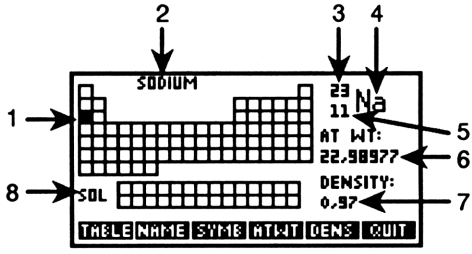
4

Periodensystem der Elemente

Unter dem Stichwort Periodensystem (Periodic Table) steht Ihnen eine umfangreiche Sammlung an Informationen über 106 chemische Elemente zur Verfügung.

Benutzung des Periodensystems

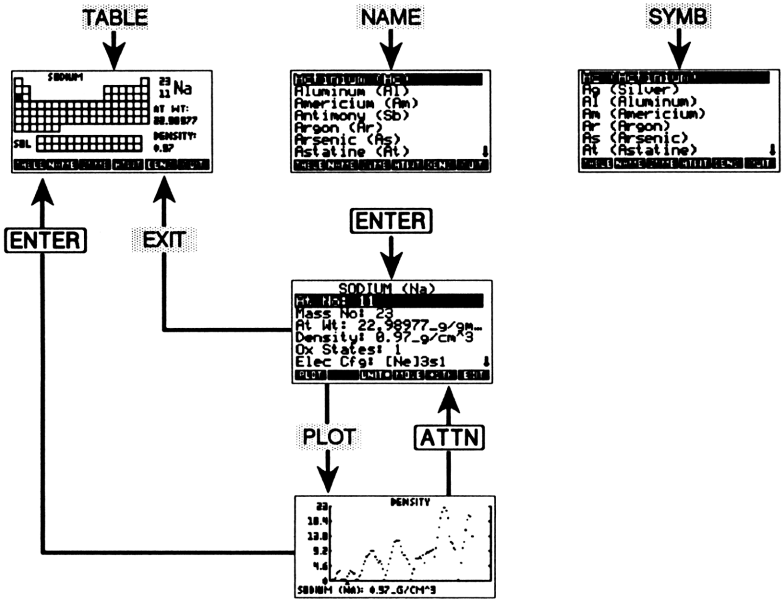
Das Periodensystem wird durch Drücken von ↰ LIBRARY PRTBL PERTB aktiviert.



Im Display erscheint eine Abbildung des Periodensystems. Jedes Quadrat stellt ein Element dar. Der dunkle Zeiger (1) markiert die Position des aktuellen Elements. Ebenso werden der Name (2), die Massenzahl (3), das Symbol (4), die Ordnungszahl (5), die relative Atommasse (6), die Dichte (7) und der Aggregatzustand (8) des aktuellem Elements angezeigt.

Jede dieser Eigenschaften ist zusammen mit ihrer Einheit ausführlich im Katalog der Eigenschaften aufgeführt; siehe "Ermitteln der Eigenschaften von Elementen" weiter unten in diesem Kapitel.

Das folgende Diagramm zeigt, wie zwischen den Darstellungen und Katalogen hin und her geschaltet werden kann.



In der Hauptanzeige, dem Periodensystem, können Sie darüberhinaus die unten aufgeführten Operationen ausführen.

Operationen in der Anzeige des Periodensystems

Taste	Wirkgung
▲ ▼ ◀ ▶	Bewegt den Zeiger durch die Tabelle, wobei zeilen- oder spaltenweise weitergerollt wird. Wird zuvor ↱ gedrückt, wird der Zeiger an den äußersten Rand der aktuellen Zeile oder Spalte gesetzt.
α...ENTER	Setzt den Zeiger auf das Element mit dem eingegebenen Symbol oder berechnet Molekulargewichte. Es können mehrere Zeichen eingegeben werden.

Operationen in der Anzeige des Periodensystems (Fort.)

Taste	Wirkgung
ATWT DENS	Schreibt die Atommassenzahl bzw. die Dichte des aktuellen Elements in den Stack.
QUIT	Verläßt das Anwendungsprogramm.

Das Periodensystem enthält zwei Kataloge, in denen die Namen und Symbole der Elemente in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt sind. Innerhalb eines Katalogs können Sie ein Element markieren, um es zum aktuellen Element zu machen.

Ermitteln der Eigenschaften von Elementen

Das Periodensystem enthält eine Zusammenstellung der physikalischen Eigenschaften von Elementen. Die Werte sind dem Buch "Periodic Table of the Elements", einer Veröffentlichung der Sargent-Welch Scientific Company, entnommen. Sie können von Werten anderer Literaturquellen abweichen.

Den Katalog der Eigenschaften eines bestimmten Elements erhalten Sie, wenn Sie das Element auswählen (entweder aus dem Periodensystem oder einem Katalog) und dann [ENTER] drücken.

Operationen im Katalog der Eigenschaften

Taste	Wirkung
PLOT	Plottet die markierte Eigenschaft als Funktion der Ordnungszahl.
UNITS	Schaltet zwischen der Verwendung und Nichtverwendung von Einheiten hin und her.
MOVE	Setzt die markierte Eigenschaft an den Anfang dieses und weiterer Kataloge. (Die ursprüngliche Reihenfolge wird durch Löschen der Variablen *PTpar* wiederhergestellt.)

Operationen im Katalog der Eigenschaften (Fortsetzung)

Taste	Wirkung
→STK	Schreibt die markierte Eigenschaft in Ebene 1 des Stacks.
EXIT	Schaltet in die Anzeige des Periodensystems zum aktuellen Element zurück.

Eigenschaften der Elemente

Eigenschaft	Objekttyp*	Nummer der Eigenschaft
Ordnungszahl (At No)	reell	1
Massenzahl (Mass No) †	reell	2
Atommassenzahl (At Wt)	Einheit	3
Dichte (Density) †	Einheit	4
Oxidationszahlen (Ox States) †	String	5
Elektronenkonfiguration (Elec Cfg)	String	6
Aggregatzustand (State) † ‡	String	7
Schmelzpunkt (Melting Pt)	Einheit	8
Siedepunkt (Boiling Pt)	Einheit	9
Verdampfungswärme (ΔHvap)	Einheit	10
Schmelzwärme (ΔHfus)	Einheit	11
Spezifische Wärmekapazität (Sp Heat)	Einheit	12
Periode (Group)	String	13
Gruppe/Elementfamilie (Family) ‡	String	14
Kristallstruktur (Crystal) ‡	String	15
Atomvolumen (At Vol) †	Einheit	16

* Eigenschaften, die Einheiten besitzen, werden als reelle Objekte ausgegeben, wenn keine Einheiten verwendet werden. Ist ein Wert unbekannt, so wird "–" ausgegeben.
† Siehe die an diese Tabelle anschließenden Hinweise.
‡ Die Bedeutung der Einträge finden Sie in der folgenden Tabelle.

Eigenschaften der Elemente

Eigenschaft	Objekttyp*	Nummer der Eigenschaft
Atomradius (At Rad)	Einheit	17
Kovalenzradius (Cov Rad)	Einheit	18
Wärmeleitfähigkeit (Ther Cond) †	Einheit	19
Elektr. Leitfähigkeit (Elec Cond) †	Einheit	20
Erstes Ionisierungspotential (1st Ion Pot)	Einheit	21
Elektronegativität (Electroneg)	Einheit	22
Verhalten des Oxids (Oxide) ‡	String	23
Name des Elements §	String	24
Symbol des Elements §	Name	25

* Eigenschaften, die Einheiten besitzen, werden als reelle Objekte ausgegeben, wenn keine Einheiten verwendet werden. Ist ein Wert unbekannt, so wird "–" ausgegeben.
† Siehe die an diese Tabelle anschließenden Hinweise.
‡ Die Bedeutung der Einträge finden Sie in der folgenden Tabelle.
§ Nicht im Katalog der Eigenschaften enthalten, sondern in der Überschrift des Katalogs angegeben.

Hinweise zu den Eigenschaften: Der Massenzahl eines stabilen Elements liegt das Isotop mit der höchsten prozentualen Häufigkeit zugrunde; bei einem radioaktiven Element liegt die längste Halbwertszeit zugrunde. Für Gase wird die Dichte bei 273 K in g/l angegeben; ansonsten bei 300 K und in g/cm^3. Die Oxidationskraft ist in der Reihenfolge vom stabilsten zum am wenigsten stabilen Element angegeben. Bei einem Gas gilt die Standardtemperatur; bei anderen Elementen Raumtemperatur. Das Atomvolumen eines Gases ist für den flüssigen Zustand am Siedepunkt angegeben; bei anderen Elementen wird es von der Dichte bei 300 K abgeleitet. Die Wärmeleitfähigkeit wurde bei 300 K und die elektrische Leitfähigkeit bei 293 K gemessen.

Manche Eigenschaften bestimmter Elemente sind mit besonderen Informationen versehen, die z.B. angeben, daß es sich um einen Schätzwert handelt, oder daß spezielle Bedingungen gelten. Solche Eigenschaften erscheinen im Katalog mit * als erstem Zeichen.

Übersetzung der Meldungen

Aggregatzustand	
`gas` und `GAS`	gasförmig
`liquid` und `LIQ`	flüssig
`solid` und `SOL`	fest
`synthetic` und `SYN`	synthetisch
Gruppe/Elementfamilie:	
`actinide`	Actinid
`alk earth mtl`	Erdalkalimetall
`alkali metal`	Alkalimetall
`chalcogen`	Chalcogen
`halogen`	Halogen
`lanthanide`	Lanthanid
`noble gas`	Edelgas
`trans metal`	Übergangsmetall
Kristallstruktur:	
`bcc`	kubisch raumzentriert
`cubic`	kubisch
`fcc`	kubisch flächenzentriert
`hexagonal`	hexagonal
`monoclinic`	monoklin
`orthorhombic`	rhombisch
`rhombohedral`	rhomboedrisch
`tetragonal`	tetragonal
Verhalten des Oxids:	
`amphoteric`	amphoter
`mild acid`	leicht sauer
`mild base`	leicht alkalisch
`neutral`	neutral
`str acid`	stark sauer
`str base`	stark alkalisch
`weak acid`	schwach sauer
`weak base`	schwach alkalisch

Übersetzung der Meldungen (Fortsetzung)

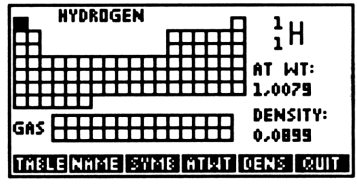
Besondere Kennzeichnungen:	
at 26 atm	bei 26 Atmosphären
at 60 K	bei 60 K
estimated	geschätzt
graphite	Graphit
gray	grau
intrinsic	tatsächlich
liquid	flüssig
most stable	höchst stabil
polycrystalline	polykristallin
sublimes	sublimiert
white	weiß

Beispiel: Eigenschaften. Berechnen Sie die Temperaturbereiche für Brom (Br) und Quecksilber (Hg) im flüssigen Zustand.

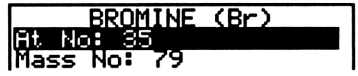
[→] [HOME]
[←] [LIBRARY]



PRTBL
PERTB

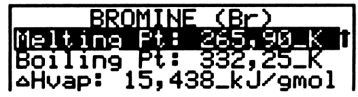


[α] Br [ENTER]
[ENTER]

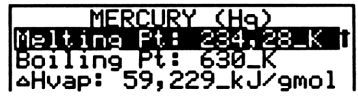


Legen Sie fest, daß Einheiten verwendet werden. (UNIT■).

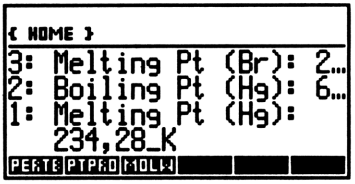
(UNITS, falls erforderlich)
[α] B →STK
[▲] →STK



EXIT
SYMB
[α] H [▼] [▼] [▼]
[ENTER]



▼ →STK
▲ →STK
ATTN



−



◆ −

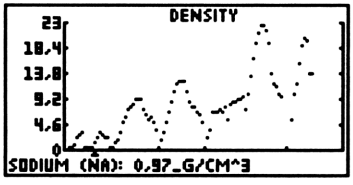


Grafische Darstellung von Eigenschaften

Sie können sich jede beliebige Eigenschaft mit numerischen Werten als Funktion der Ordnungszahl für alle Elemente darstellen lassen. Dies ist nützlich, wenn Sie Elemente mit bestimmten Charakteristika ermitteln oder das zyklische Verhalten vieler Eigenschaften studieren möchten.

1. Rufen Sie den Katalog der Eigenschaften eines beliebigen Elements auf.
2. Markieren Sie die Eigenschaft, die Sie grafisch darstellen lassen wollen.
3. Drücken Sie PLOT.

In der Grafik erscheint ein Zeiger genau unterhalb der Stelle, die das aktuelle Element darstellt. In der unteren Zeile werden Name, Symbol und Wert dieser Eigenschaft für das aktuelle Element angezeigt.

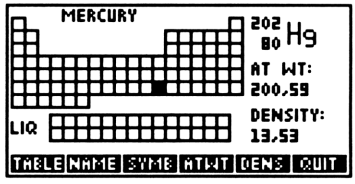


Operationen in einer Grafik.

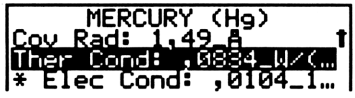
Taste	Wirkung
◀ ▶	Bewegt den Zeiger nach links bzw. nach rechts.
ENTER	Schaltet zur Anzeige des Periodensystems an die Stelle des vom Grafikzeiger markierten Elementes zurück.
ATTN	Schaltet zum vorher angezeigten Katalog der Eigenschaften zurück.

Beispiel: Grafische Darstellung der Wärmeleitfähigkeit.

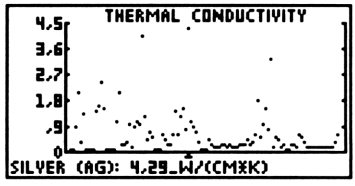
↰ LIBRARY
PRTBL
PERTB



ENTER
α T



PLOT
◀ or ▶...



ATTN ATTN

Optionen beim Umgang mit Einheiten

Hinsichtlich der Einheiten haben Sie bei den Eigenschaften der chemischen Elemente zwei Möglichkeiten: Verwendung von SI-Einheiten oder Verzicht auf Einheiten. Die Zahlenwerte werden dadurch nicht beeinflußt (implizite SI-Einheiten), wohl aber der Objekttyp, der in den Stack geschrieben wird. *In jedem Katalog von Eigenschaften* können Sie mit der Menütaste UNITS angeben, ob Sie Einheiten verwenden wollen. UNIT▪ heißt Verwendung von SI-Einheiten, UNITS heißt Nichtverwendung von Einheiten.

Berechnen von Molekulargewichten

Sie können das Periodensystem benutzen, um das Molekulargewicht jeder beliebigen Verbindung zu berechnen.

Aus der Anzeige des Periodensystems heraus drücken Sie [α], geben die Formel für die Verbindung an und drücken [ENTER]. Tippfehler werden mit [←] korrigiert. Das Programm fordert Sie zur Eingabe der Formel auf und schaltet automatisch auf die Alpha-Tastenbelegung. Es werden alle Formeln aus Kombinationen der unten aufgeführten Bestandteile akzeptiert.

- Symbole für Elemente (Buchstaben): Nur der erste Buchstabe eines zwei- oder dreibuchstabigen Symbols wird groß geschrieben.
- Tiefgestellte Ziffern: Sie geben Vielfache des davorstehenden Elements oder der Gruppe an. Dezimalzahlen sind zulässig.
- Gruppen (Klammern): Sie verbinden Elemente, tiefgestellte Ziffern und Gruppen. Verwenden Sie [↰][( )] für (. Verwenden Sie [↱][#] für) oder heben Sie die Alpha-Tastenbelegung auf, und drücken Sie [▶].

Im folgenden einige Beispiele gültiger Formeln:

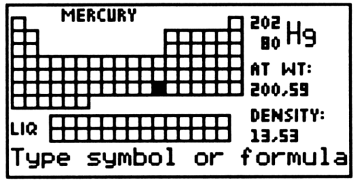
Eingabe:	**Bedeutung:**
NaF	NaF
H2SO4	H_2SO_4
Mg(OH)2	$Mg(OH)_2$
Zn3(Fe(CN)6)2	$Zn_3[Fe(CN)_6]_2$

Drücken Sie [ENTER], um das Molekulargewicht zu berechnen.

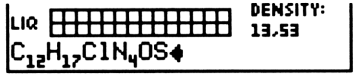
- Das Molekulargewicht und die Formel werden durch Drücken von [ENTER] in den Stack geschrieben.
- Wenn Sie einfach nur zur Anzeige des Periodensystems zurückkehren wollen, drücken Sie [ATTN].

Beispiel: Molekulargewichte. Ermitteln Sie die Molekulargewichte von $C_{12}H_{17}ClN_4OS$ und $CH_3C_6H_2(NO_2)_3$.

[→] [CLR]
[←] [LIBRARY]
PRTBL PERTB
[α]



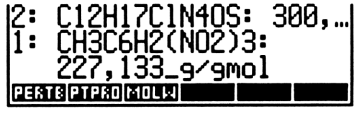
C12H17ClN4OS



[ENTER] [ENTER]
[α] CH3C6H2 [←] [( )] NO2 [→] [#] 3



[ENTER] [ENTER]
QUIT



[PRG] OBJ OBJ→



[→] [CLR]

Befehle für Operationen im Periodensystem

Befehle des Periodensystems

Taste	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
PERTB	PERTBL	Aktiviert das Periodensystem. Der Stack wird nicht beeinflußt.
PTPRO	PTPROP	Gibt die angegebene Eigenschaft des gewählten Elementes aus. Benötigt die Ordnungszahl oder das Symbol des Elements (mit gewissen Einschränkungen) (Ebene 2) sowie die Nummer der Eigenschaft (Ebene 1) und gibt die Eigenschaft, normalerweise einen Wert oder eine Zeichenkette, aus. Einheiten werden gemäß Flag 61 behandelt. Siehe "Darstellen von Eigenschaften mit einem Befehl" weiter unten.
MOLW	MOLWT	Gibt das Molekulargewicht der angegebenen Verbindung aus. Entnimmt die Formel aus Ebene 1 und gibt das Molekulargewicht aus. Einheiten werden gemäß Flag 61 behandelt. Siehe "Berechnen von Molekulargewichten mit einem Befehl" weiter unten.

Wenn Sie PTPROP oder MOLWT zusammen mit HP Solve oder dem Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme verwenden, müssen Sie den Namen des Elements oder der Verbindung wie eine Platzhaltervariable (eine Scheinvariable) betrachten: es kann nicht nach ihr aufgelöst werden. (Wenn sie in einem Menü des Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme auftaucht, sollten Sie sie in eine benutzerdefinierte Variable umwandeln.)

Ermittlung von Eigenschaften mit einem Befehl

Der Befehl PTPROP dient dazu, Eigenschaften eines Elements auszugeben. Geben Sie das Element entweder durch sein Symbol (ein Name wie `'Si'`) oder durch seine Ordnungszahl (z.B. 14) an. Geben Sie die gewünschte Eigenschaft durch die Nummer dieser Eigenschaft an (z.B. 9 für den Siedepunkt). Die Nummern der Eigenschaften sind in der Tabelle der Eigenschaften weiter oben in diesem Kapitel aufgeführt. Wenn Sie PTPROP als algebraische Funktion verwenden wollen, *müssen* Sie zum Angeben des Elements sein "Symbol" verwenden.

```
« ... 'Si' 9 PTPROP ... »
 « ... 14 9 PTPROP ... »
« ... 'PTPROP(Si,9)' EVAL ... »
```

Beispiel: Durchsuchen des Periodensystems. Dieses Programm ermittelt Elemente, bei denen eine angegebene Eigenschaft Zahlenwerte innerhalb eines bestimmten Bereichs liefert. Es verwendet die Nummer der Eigenschaft (Ebene 3) und zwei Grenzen (Ebenen 2 und 1); wenn die Grenze in Ebene 1 keine Einheiten besitzt, werden Zahlenwerte mit impliziten SI-Einheiten ausgegeben. Es wird eine Liste von mit den Symbolen der Elemente markierten Werten ausgegeben. (Prüfsumme: #2532d.)

```
« MAX LASTARG MIN DUP
 IF DUP TYPE THEN 61 CF ELSE 61 SF END
 → pnum hi lo unit
 « 0 1 106
  FOR elem
   elem pnum PTPROP DUP TYPE → prop type
   «
    IF 'type==0 OR type==13'
    THEN
     IF 'prop≥lo AND prop≤hi'
     THEN prop
      IF 61 FC? THEN unit CONVERT END
      elem 25 PTPROP
      →TAG SWAP 1 +
     END
    END
```

```
   »
  NEXT
 » →LIST 61 CF 1000 ,1 BEEP
»
```

Berechnung von Molekulargewichten mit einem Befehl

Mit dem Befehl MOLWT können Sie Molekulargewichte berechnen lassen. Es gibt zwei Möglichkeiten (mit bestimmten Einschränkungen), die Formeln von Verbindungen anzugeben:

- als Zeichenkette, z.B. `"H2O"`
- als Name, z.B. `'H2O'` (nur bei Formeln ohne Klammern).

Sie können die Formel auch in einer Variablen speichern und diese dann zusammen mit MOLWT verwenden. Sie sollten auf jeden Fall so vorgehen, wenn MOLWT in einem Ausdruck verwendet werden soll und die Formel Klammern enthält oder einem Befehl des HP 48 gleicht.

Sie sollten beim Umgang mit Variablen, die eine Formel als Zeichenkette oder Namen enthalten, besondere Vorsicht walten lassen. Stellen Sie sicher, daß der Variablenname nicht selbst eine gültige Formel ist. (Wenn dies der Fall ist, wird bei der Verwendung von MOLWT mit diesem Variablennamen das Molekulargewicht des Variablennamens und nicht die der darin enthaltenen Formel ausgegeben.)

5

Konstantenbibliothek

Die Konstantenbibliothek enthält eine Sammlung physikalischer Konstanten. Sie können diese in Gleichungen und Programmen gleichermaßen verwenden.

Konstantenbibliothek

Name	Beschreibung
NA	Avogadrosche Konstante
k	Boltzmann-Konstante
Vm	Molvolumen
R	allgemeine Gaskonstante
StdT	Standardtemperatur
StdP	Standarddruck
σ	Stefan-Boltzmann-Konstante
c	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum
$\varepsilon 0$	Dielektrizitätszahl des Vakuums
$\mu 0$	Permeabilitätszahl des Vakuums
g	Erdbeschleunigung
G	Gravitationskonstante
h	Plancksches Wirkungsquantum
hbar	Diracsche Konstante
q	Elementarladung
me	Ruhemasse eines Elektrons

Konstantenbibliothek (Fortsetzung)

Name	Beschreibung
qme	Verhältnis q/me (Ladung/Masse eines Elektrons)
mp	Ruhemasse eines Protons
mpme	Verhältnis mp/me (Masse eines Protons/Masse eines Elektrons)
α	Mikrostrukturkonstante
ϕ	Quantum des magnetischen Flusses
F	Faradaysche Konstante
R∞	Rydberg-Konstante
a0	Bohrscher Radius
μB	Bohrsches Magneton
μN	Kernmagneton
λ0	Wellenlänge eines Photons
f0	Frequenz eines Photons
λc	Compton-Frequenz
rad	1 Radiant
twoπ	2π Radiant
angl	Winkel von 180° *
c3	Konstante des Wienschen Verschiebungsgesetzes
kq	k/q (Boltzmann / Elementarladung)
ε0q	ε0/q (Dielektrizitätszahl / Elementarladung)
qε0	q · ε0 (Elementarladung × Dielektrizitätszahl)
εsi	Dielektrizitätszahl von Silizium
εox	Dielektrizitätszahl von Siliziumdioxid
I0	Referenzintensität

* Bei Nichtverwendung von Einheiten: 180, 2π oder 200, je nach Winkelmodus.

Beachten Sie, daß in einem Namen ein Akzentzeichen vorkommt: ϕ. Für dieses Zeichen muß [α] O [α] [↱][9] gedrückt werden.

Ermittlung von Konstanten aus dem Katalog

Drücken Sie zur Darstellung des Konstantenkatalogs und Ermittlung von Konstanten ◀ LIBRARY COLIB CONLI.

Operationen im Konstantenkatalog

Taste	Wirkung
SI ENGL	Aktiviert SI- bzw. englische Einheiten.
UNITS	Schaltet die Verwendung von Einheiten ein und aus.
VALUE	Schaltet zwischen Beschreibungen und Werten hin und her.
→STK	Schreibt die markierte Konstante in den Stack.
QUIT	Verläßt den Katalog.

Beispiel: Diracsche Konstante.

▶ CLR
◀ LIBRARY
COLIB CONLI

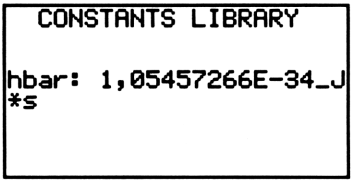


Legen Sie fest, daß SI-Einheiten (SI ■) verwendet (UNIT■) werden sollen.

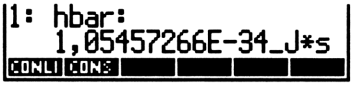
(SI , falls erforderlich)
(UNITS, falls erforderlich)
VALUE



[α] h
[▼]
[ENTER]



[ENTER]
→STK QUIT



Ermittlung von Konstanten mit einem Befehl

Befehle für die Konstantenbibliothek

Taste	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
CONLI	CONLIB	Aktiviert den Katalog der Konstantenbibliothek. Der Stack wird nicht beeinflußt.
CONS	CONST	Gibt den Wert der angegebenen Konstanten aus. Entnimmt den Namen der Konstanten (wie 'g') aus Ebene 1 und gibt die Konstante in Ebene 1 aus. Wählt den Einheitentyp gemäß dem Flag für den Einheitentyp (Flag 60: SI-Einheiten wenn rückgesetzt, englische Einheiten wenn gesetzt) und verwendet Einheiten gemäß dem Flag für die Einheitenverwendung (Flag 61: Einheiten wenn gelöscht, keine Einheiten wenn gesetzt).

In Gleichungen und Programmen können Sie den Befehl CONST zum Aufrufen von Konstanten verwenden. In diesem Beispiel für die Geschwindigkeit im freien Fall wird CONST(g) verwendet:

```
'V=V0-CONST(g)*T'
« V0 'g' CONST T * - V STO »
```

Sie können Variablen den gleichen Namen wie Konstanten geben, sollten jedoch in Programmen das Zeichen ' vor und hinter den Namen der Konstanten setzen.

Wenn Sie CONST zusammen mit HP Solve oder dem Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme verwenden möchten, müssen Sie den Namen der Konstanten als Platzhaltervariable (Scheinvariable) betrachten: nach dieser kann nicht aufgelöst werden. (Falls sie in einem Menü des Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme auftaucht, sollten Sie sie in eine benutzerdefinierte Variable umwandeln.)

Für die Verwendung mit dem Befehl CONST können Sie den Wert einer beliebigen Konstanten aus der Bibliothek überschreiben, indem Sie den von Ihnen gewünschten Wert in einer bestimmten Variablen im aktuellen (oder einem höheren) Verzeichnis abspeichern. Der Variablenname setzt sich aus "const" und dem Namen der Konstanten zusammen. (Hierdurch wird der Wert im Konstantenkatalog *nicht* verändert.) Ein Beispiel: Sie könnten `,00831451_kJ/gmol*K` in der Variablen *constR* abspeichern. Wenn Sie wieder zu dem Wert aus der Bibliothek zurückkehren möchten, brauchen Sie nur die Variable zu löschen.

6

Finanzmathematik

Dieses Anwendungsprogramm umfaßt Funktionen zur Berechnung von Geldzeitwert (TVM, Time-Value-of-Money) und Tilgungen. Damit können Sie Zinseszins- und Tilgungsberechnungen durchführen.

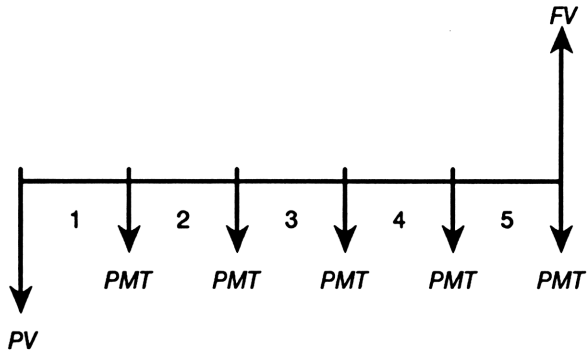
Erstellen eines Zahlungsplans

Viele Arten finanzieller Transaktionen können durch *Zahlungspläne* dargestellt werden. Ein Zahlungsplan läßt sich als Zeitgerade darstellen, die in gleichgroße Abschnitte für die zusammensetzenden Zeiträume unterteilt ist. Pfeile stellen die Zahlungen dar. Erhaltenes Geld ist ein positiver Wert, und gezahltes Geld ist ein negativer Wert.

Die Darstellung einer Transaktion ist abhängig vom Standpunkt, den Sie bei Ihrer Problemstellung einnehmen. Ein Beispiel: bei einem Darlehen erfolgt als erstes eine positive Zahlung für den Darlehensnehmer, aber eine negative Zahlung für den Gläubiger.

Außerdem geben Zahlungspläne an, *wann* Zahlungen hinsichtlich der Einzelzeiträume erfolgen: zu *Beginn* eines jeden Zeitraums, also vorschüssig, oder am *Ende*, also nachschüssig. Das finanzmathematische Anwendungsprogramm unterstützt beide Zahlungsarten: Sie heißen "Begin mode" und "End mode".

Ein Beispiel: Der folgende Zahlungsplan zeigt Einlagen auf einem Konto zum *Ende* eines jeden Zeitraums.



Durchführung von Berechnungen des Geldzeitwerts

Bei der Berechnung des Geldzeitwerts gehen Sie am besten folgendermaßen vor:

1. Aktivieren Sie das Anwendungsprogramm TVM durch Drücken von ◀ LIBRARY FIN TVM .
2. Legen Sie folgende Bedingungen fest:
   - Anzahl der Zahlungen pro Jahr
   - Zahlungen am Anfang oder am Ende der Zeiträume
3. Speichern Sie Werte für die vier bekannten TVM-Variablen ab.
4. Ermitteln Sie den unbekannten Wert.

Das Menü TVM bietet folgende Operationen für die fünf TVM-Variablen:

- N speichert einen Wert in einer Variablen.
- ◀ N löst nach dem Wert der Variablen auf.
- ▶ N schreibt den Wert der Variablen in den Stack.

Operationen im Menü TVM

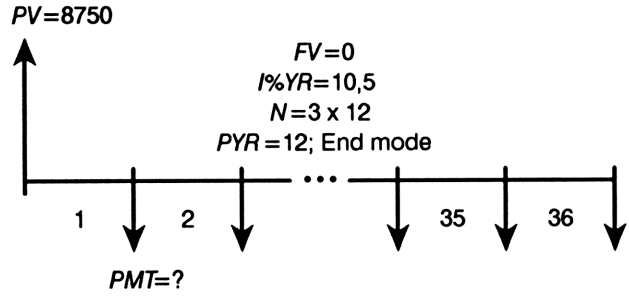
Taste	Wirkung
N	Speichert, ermittelt oder schreibt die Gesamtanzahl der Zahlungen (Einzelzeiträume) in den Stack.
I%YR	Speichert, ermittelt oder schreibt den jährlichen Nominalzinssatz in den Stack.
PV	Speichert, ermittelt oder schreibt den derzeitigen Wert (PV, Present Value in den Stack: die Anfangszahlung oder den Wert einer Reihe zukünftiger Zahlungen. (Für einen Darlehensgeber oder -nehmer ist *PV* der Darlehensbetrag, für einen Investor ist *PV* die Anfangsinvestition.) *PV* erscheint immer zu Beginn des ersten Zeitraums.
PMT	Speichert, ermittelt oder schreibt die Höhe jeder regelmäßigen Zahlung in den Stack. Die Zahlungen haben den gleichen Betrag; dabei wird keine Zahlung ausgelassen. Zahlungen können zu Beginn oder am Ende jedes Zeitraums erfolgen.
FV	Speichert, ermittelt oder schreibt den zukünftigen Wert (FV, Future Value) in den Stack: die Höhe der letzten Zahlung oder den Gesamtbetrag einer Reihe früher erfolgter Zahlungen. *FV* erscheint immer am Ende des letzten Zeitraums.
AMRT	Berechnet die Tilgung (Restbetrag, Zinsen und Darlehenssumme) aus vier TVM-Variablen.
PYR	Speichert die Anzahl der Zahlungen (Einzelzeiträume) pro Jahr. Der Wert muß ganzzahlig sein. → PYR schreibt den Wert in den Stack.

Operationen im Menü TVM (Fortsetzung)

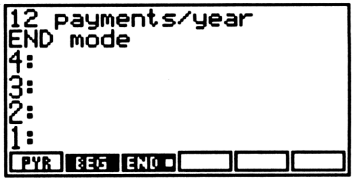
Taste	Wirkung
BEG END	Stellt den Anfangs- bzw. Endmodus ein: die Zahlungen erfolgen zu Beginn bzw. am Ende jedes Zeitraums. (Setzt bzw. löscht das Flag für den Zahlungsmodus, Flag 62.)
◀ REVIEW	Zeigt den aktuellen Inhalt der TVM-Variablen im Menü an.

Da in Berechnungen des Geldzeitwerts *alle* TVM-Variablen benötigt werden, müssen Sie sicherstellen, daß Sie vier korrekte Werte gespeichert haben, auch dann, wenn in der Aufgabenstellung eine Variable nicht vorkommt.

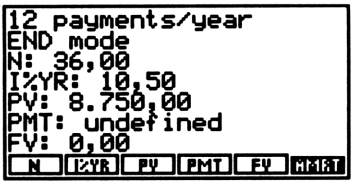
Beispiel: Darlehen.



▶ HOME ▶ CLR
◀ MODES 2 FIX
◀ LIBRARY FIN TVM
NXT 12 PYR END



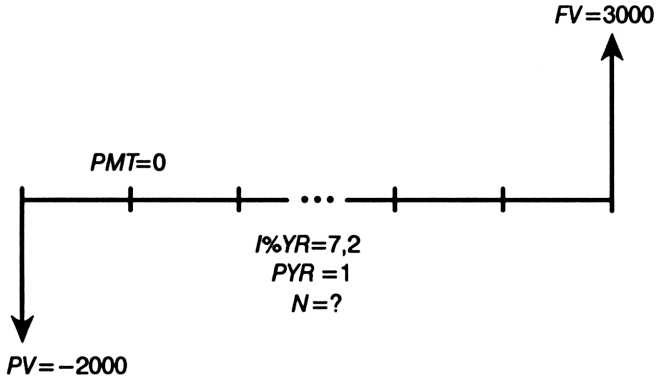
NXT
3 ENTER 12 × N
10.5 I%YR
8750 PV
0 FV
↶ REVIEW



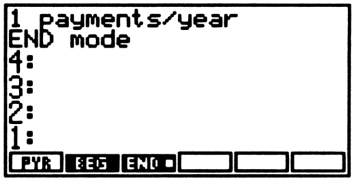
↶ PMT



Beispiel: Sparkonto.



↷ CLR
↶ MODES 2 FIX
↶ LIBRARY FIN TVM
NXT 1 PYR END



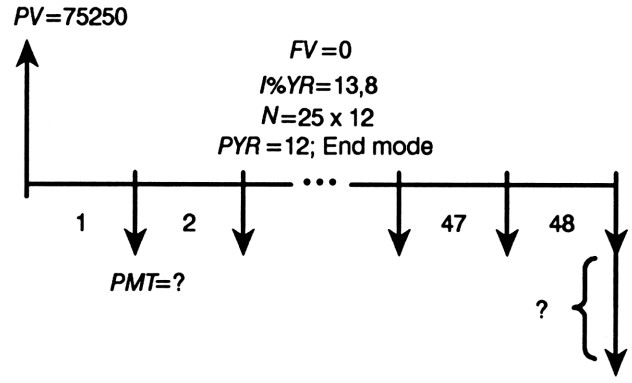
NXT 7.2 I%YR
2000 +/- PV
0 PMT 3000 FV
↶ N



6 N
↶ FV



Beispiel: Hypothek mit Restschuld.



[→] [CLR]
[↰] [MODES] 2 FIX
[↰] [LIBRARY] FIN TVM
[NXT] 12 PYR END

```
12 payments/year
END mode
4:
3:
2:
1:
PYR BEG END
```

[NXT] 25 [ENTER] 12 [×] N
13.8 I%YR 75250 PV
0 FV
[↰] PMT

```
1:              PMT: -894,33
N  I%YR  PV  PMT  FV  MATRX
```

Speichern Sie die Zahlung auf zwei Dezimalstellen gerundet ab.

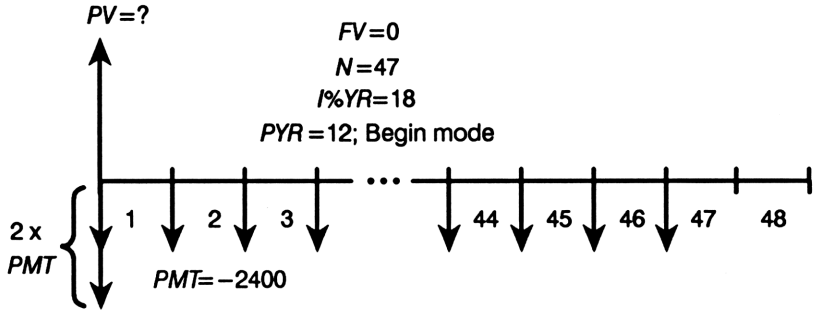
894.33 [+/-] PMT

```
PMT: -894,33
4:
```

48 N
[↰] FV

```
2:              PMT: -894,33
1:               FV: -73408,81
N  I%YR  PV  PMT  FV  MATRX
```

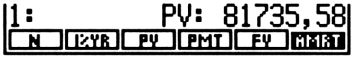
Beispiel: Leasing.



[↱] [CLR]
[↰] [MODES] 2 FIX
[↰] [LIBRARY] FIN TVM
[NXT] 12 PYR BEG



[NXT] 47 N 18 I%YR
2400 [+/−] PMT 0 FV
[↰] PV



2400 [+]



Berechnung von Tilgungen

Tilgungsberechnungen bestimmen die Beträge, die für die Tilgung und die Zinsen in aufeinanderfolgenden Zahlungen aufgewendet werden. In diesen Berechnungen wird das Menü TVM verwendet (siehe "Durchführung von Berechnungen des Geldzeitwerts" weiter oben in diesem Kapitel).

Wenn Sie Tilgungsberechnungen durchführen wollen, gehen Sie am besten folgendermaßen vor:

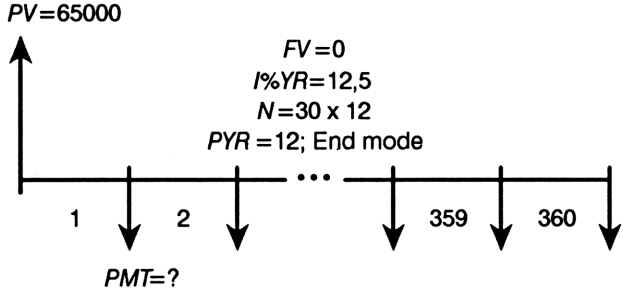
1. Legen Sie den Zahlungsmodus, *PYR* und vier TVM-Variable fest: *I%YR*, *PV*, *PMT* und *FV*.

2. Stellen Sie den Anzeigemodus auf die gewünschte Genauigkeit ein, z.B. 2 FIX.
3. Geben Sie die Anzahl der Tilgungszahlungen in Ebene 1 des Stacks ein.
4. Ermitteln Sie die Höhe der Zahlungen, indem Sie AMRT drücken:
   - Ebene 3: auf die Tilgung entfallender Betrag
   - Ebene 2: auf die Zinsen entfallender Betrag
   - Ebene 1: Restbetrag des Darlehens

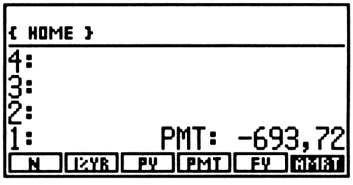
Zur Berechnung der Tilgung des nächsten Teils des Darlehens wird der neue Darlehensrestbetrag in *PV* abgespeichert, die neue Anzahl der Zahlungen eingegeben und AMRT gedrückt.

Die Werte für *PV* und *PMT* werden von AMRT gemäß dem aktuellen Anzeigemodus gerundet.

Beispiel: Tilgung.



[↷] [CLR]
[↶] [MODES] 2 FIX
[↶] [LIBRARY] FIN TVM
[NXT] 12 PYR END
[NXT] 30 [ENTER] 12 [×] N
12.5 I%YR 65000 PV
0 FV
[↶] PMT



12 AMRT



PV
12 AMRT



◀ MODES STD

Programmierung mit Befehlen für die Finanzmathematik

Finanzmathematische Befehle

Taste	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
TVM	TVM	Zeigt das Menü TVM an. Der Stack wird nicht beeinflußt.
TVMB TVME	TVMBEG TVMEND	Legt für den Zahlungmodus "Begin mode" oder "End Mode" fest (setzt bzw. löscht das Flag 62). Der Stack wird nicht beeinflußt.
TVMR	TVMROOT	Löst nach der angegebenen TVM-Variablen auf, wobei die Werte der restlichen TVM-Variablen verwendet werden. Der Zahlungsmodus wird gemäß Flag 62 gewählt. Entnimmt den Namen der Variablen aus Ebene 1 und gibt ihren Wert in Ebene 1 aus.

Finanzmathematische Befehle (Fortsetzung)

Taste	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
AMOR	AMORT	Führt Tilgungsberechnungen mit den TVM-Variablen (außer *N*) aus. Der Zahlungsmodus wird gemäß Flag 62 gewählt. Entnimmt die Anzahl der Zahlungen aus Ebene 1 und gibt den auf die Tilgung entfallenden Betrag in Ebene 3, den auf die Zinsen entfallenden Betrag in Ebene 2 und den Restbetrag in Ebene 1 aus.

Wenn Sie TVMROOT zusammen mit HP Solve oder dem Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme verwenden möchten, müssen Sie den Namen der TVM-Variablen als Platzhaltervariable (eine Scheinvariable) betrachten: es kann nicht nach ihr aufgelöst werden. (Wenn sie in einem Menü des Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme auftaucht, sollten Sie sie in eine benutzerdefinierte Variable umwandeln.)

Beispiel: Programmierung mit TVMROOT und AMORT. Dieses Programm ermittelt Informationen über ein Darlehen. Es verwendet die Zahl der Jahre (Ebene 3), den jährlichen Zinssatz (Ebene 2) sowie den Darlehensbetrag (Ebene 1) und gibt die monatlichen Zahlungen (Ebene 2) sowie die gesamten Darlehenszinsen (Ebene 1) aus. (Prüfsumme: #32686d.)

```
«
 'PV' STO
 'I%YR' STO
 12 * 'N' STO
 0 'FV' STO
 TVMEND 2 FIX
 'PMT' TVMROOT
 DUP 'PMT' STO
 N AMORT
 ROT DROP2
»
```

7

Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme

Mit dem Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme können Sie die Werte unbekannter Variablen in einer Gruppe von zwei oder mehr Gleichungen berechnen lassen. Hierbei werden die Gleichungen einzeln nacheinander abgearbeitet und deren Lösungen ermittelt. Ein Beispiel: Die Gleichungsbibliothek verwendet den Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme, um die in Kapitel 2 "Gleichungsbibliothek" beschriebenen Lösungen zu ermitteln. Wenn Sie eine Aufgabe mit Hilfe dieses Anwendungsprogramms lösen, wird hierbei der gleiche Lösungsalgorithmus wie in HP Solve, das bereits fest in den HP 48 einprogrammiert ist, verwendet. Lesen Sie, falls erforderlich, das Kapitel "HP Solve" im *HP 48 Benutzerhandbuch*.

Lösen einer Gruppe von Gleichungen

Führen Sie, wenn Sie eine Aufgabe mit dem Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme lösen wollen, folgende Schritte durch:

1. Stellen Sie eine Gruppe von Gleichungen auf, die die Beziehungen zwischen den Variablen Ihrer Aufgabe angeben, und aktivieren Sie den Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme für diese Gruppe.
2. Verwenden Sie diesen dann zum Eingeben der Werte für die bekannten Variablen und zum Auflösen nach den unbekannten Variablen.

Angeben einer Gruppe von Gleichungen

Der Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme verwendet die in *EQ* gespeicherte Liste von Gleichungen. Der Begriff "Gleichungen" umfaßt in diesem Zusammenhang übrigens auch Programme, Ausdrücke und Variablennamen, die bei ihrer Auswertung einen einzigen Wert ergeben. Die Verwendung des Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme setzt voraus, daß *EQ* mehr als eine Gleichung enthält. HP Solve enthält für *EQ* also auch das Menüfeld NXEQ. Mit Hilfe von *EQ* wird die reservierte Variable *Mpar* erzeugt, die beim Lösungsprozeß verwendet wird. *Mpar* enthält die Gruppe von Gleichungen zusammen mit zusätzlichen Informationen.

Aufstellen der Gleichungen

Der Lösungsalgorithmus geht genauso vor, wie Sie zum Auflösen nach einer unbekannten Variablen vorgehen würden, ohne weitere Gleichungen zu erzeugen. Sie würden das Gleichungssystem nach einer Gleichung durchsuchen, die nur eine unbekannte Variable enthält. Dann würden Sie HP Solve benutzen, um den Wert dieser Variablen zu ermitteln. Sie würden diesen Vorgang so lange wiederholen, bis Sie den Wert der gewünschten Variablen gefunden hätten. Also sollten Sie Ihre Gleichungen so wählen, daß unbekannte Variablen einzeln in den entsprechenden Gleichungen auftreten. Sie müssen vermeiden, daß in allen Gleichungen zwei oder mehr unbekannte Variablen vorkommen. Außerdem können Sie die Gleichungen in der Reihenfolge angeben, wie sie für die gestellte Aufgabe am günstigsten ist.

Wenn Sie die Gleichungen noch sicherer und schneller berechnen lassen möchten, können Sie Funktionen wie CONST und TDELTA aus der Steckkarte oder UBASE, EXP und IFTE aus dem HP 48 verwenden.

Wenn Sie die Funktion IFTE verwenden, untersucht der Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme den Status *aller* darin vorkommenden Variablen, um festzustellen, wieviele unbekannte Variablen sie enthält – auch wenn nur einer der bedingten Ausdrücke tatsächlich benötigt wird.

Wenn Ihre Gleichungen eine der folgenden Funktionen enthalten, werden deren Variablen vom Lösungsalgorithmus nicht unbedingt erkannt: Σ, $\int$, ∂, |, QUOTE, APPLY, PTPROP, TVMROOT, MOLWT und CONST.

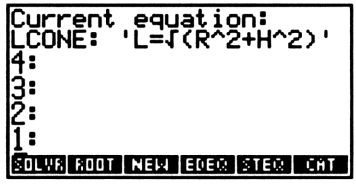
Erzeugen von Gleichungen

Es gibt folgende Möglichkeiten, ein Gleichungssystem zu erzeugen:

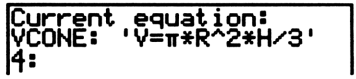
- Erzeugen Sie Gleichungen im Stack (oder legen Sie vorhandene dort ab), stellen Sie sie mit →LIST ([PRG] OBJ →LIST) zu einer Liste zusammen, und speichern Sie diese Liste dann in *EQ* ab. Erzeugen Sie *Mpar* durch Drücken von MINIT.
- Erzeugen Sie Gleichungen, speichern Sie diese in Variablen ab (hierzu können Sie NEW im Menü HP Solve verwenden), und stellen Sie sie mit EQ+ im Gleichungskatalog von HP Solve zusammen. Erzeugen Sie *Mpar* durch Drücken von MINIT.

Beispiel: Erzeugen von Gleichungen. Erzeugen Sie die beiden Gleichungen `'L=√(R^2+H^2)'` und `'V=π*R^2*H/3'`.

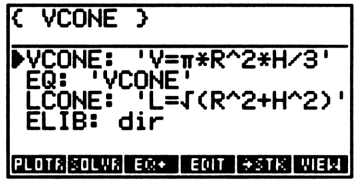
[→][HOME] [→][CLR]
[!] L [←][=] [√x] [←][( )]
R [y^x] 2 [+] H [y^x] 2
[ENTER]
[←][SOLVE] NEW LCONE [ENTER]



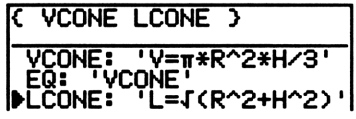
[!] V [←][=] [←][π] [×]
R [y^x] 2 [×] H [÷] 3
[ENTER]
NEW VCONE [ENTER]



CAT
([▲] oder [▼], falls erforderlich)
EQ+



([▼], falls erforderlich)
EQ+



SOLVR



◀ LIBRARY MES MINIT



Dieses Beispiel wird später in diesem Kapitel fortgeführt.

Lösen der Gleichungen

Durch Drücken von MSOL im Hauptmenü des Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme (◀ LIBRARY MES MSOL) wird der Lösungsalgorithmus aktiviert: Sie rufen dadurch die Menüfelder für die Variablen auf.

Viele Informationen für die Verwendung des Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme finden Sie in Kapitel 2 "Gleichungsbibliothek". Der Lösungsalgorithmus verwendet Gleichungssysteme in der gleichen Weise wie eine Gruppe von Gleichungen aus der Gleichungsbibliothek. In Kapitel 2 werden die Eingabe bekannter Werte, die Eingabe von Schätzwerten, das Auflösen nach unbekannten Variablen, das Interpretieren von Lösungen und das Abändern einer Aufgabe behandelt.

Wenn Sie während der Arbeit mit dem Lösungsalgorithmus in andere Menüs wechseln, können Sie den Lösungsprozeß durch Drücken von MSOLVR (◀ LIBRARY MES MSOL) genau an der gleichen Stelle wiederaufnehmen.

Beispiel: Lösen von Gleichungen. Hier wird das vorher behandelte Beispiel fortgesetzt. Ermitteln Sie für $R = 5$ und $L = 12\ H$ und V. Setzen Sie dann $H = 9$, und berechnen Sie R und V.

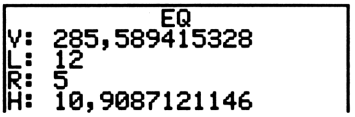
MSOL
◀ { } V L
R H ENTER
◀ PURGE
5 R 12 L



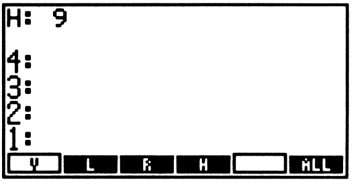
◀ ALL



◀ REVIEW

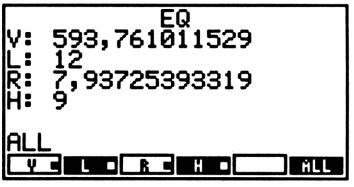


9 H ■



Ändern Sie, bevor Sie weiterrechnen, *R* in *nicht* benutzerdefiniert (zu "berechnen").

' R
NXT MCAL
NXT ◀ ALL
◀ REVIEW



Dieses Beispiel wird später in diesem Kapitel fortgeführt.

Voreinstellen von Einheiten

Sie können für die Variablen in Ihren Gleichungen Einheiten voreinstellen. Dadurch kann die Lösung in zweifacher Hinsicht vereinfacht werden:

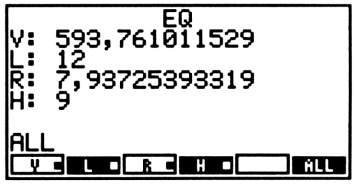
- Die Variablen können *beliebige* miteinander verträgliche Einheiten annehmen: Umrechnungsfaktoren werden bei der Berechnung automatisch berücksichtigt.
- Sie können die Werte für Variable ohne Einheiten eingeben: es werden dann automatisch Einheiten angefügt.

Eine Methode zum Voreinstellen von Einheiten für ein Gleichungssystem besteht darin, ein Programm zu erzeugen, das mit STO in jeder Variablen ein Objekt mit Einheiten abspeichert. Die Werte spielen keine Rolle, jedoch ist der Wert Null wahrscheinlich am sichersten, da er beim Auflösen als Schätzwert verwendet wird.

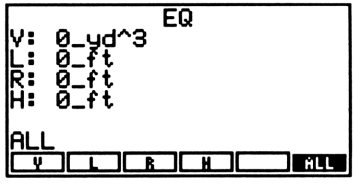
Beispiel: Ändern von Einheiten. Hier wird das vorher behandelte Beispiel fortgesetzt. Geben Sie folgendes Programm in den Stack ein.

```
« 0_ft DUP DUP 'R' STO 'H' STO 'L' STO
    0_yd^3 'V' STO "ALL" MCALC »
```

[ ] SETUP [STO]
[↰] [LIBRARY] MES MSOL
[↰] [REVIEW]

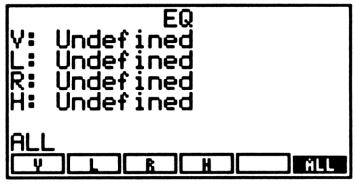


[VAR] SETUP
[↱] [LAST MENU]
[↰] [REVIEW]



Löschen Sie jetzt die Einheiten.

[↰] { }
V L R H
[ENTER] [↰] [PURGE]
[↰] [REVIEW]



Dieses Beispiel wird später in diesem Kapitel fortgeführt.

Ändern des Titels und des Menüs

Der voreingestellte Titel für ein Gleichungssystem lautet "EQ". Die Menüfelder für die Variablen werden in der Reihenfolge aufgeführt, wie die Variablen in den Gleichungen erscheinen.

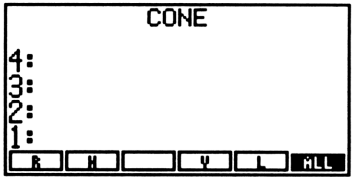
Sie können den Titel und das Variablenmenü mit dem Befehl MITM ändern. Dies muß jedoch geschehen, *nachdem* Sie die Variable *Mpar* mit MINIT erzeugt haben.

Titel und Menü werden folgendermaßen geändert:

1. Verwenden Sie MINIT zum Erzeugen von *Mpar*. (Siehe "Erzeugen von Gleichungen" weiter oben in diesem Kapitel.)
2. Schreiben Sie eine Zeichenkette mit dem neuen Titel (Ebene 2) und eine Liste mit den Variablennamen in der gewünschten Reihenfolge (Ebene 1). Ein leeres Menüfeld wird durch " " angegeben. Sie müssen *alle* Variablen des ursprünglichen Menüs angeben, und Sie dürfen auch keine hinzufügen.
3. Drücken Sie MITM ([◀][LIBRARY] MES MITM), um Titel und Menü in *Mpar* abzuändern.

Beispiel: Ändern des Titels und des Menüs. Hier wird das vorher behandelte Beispiel fortgesetzt.

[▶][ ] CONE [ENTER]
[◀][{ }] R H
[▶][ ] [▶] V L
[ENTER]
[◀][LIBRARY] MES MITM
MSOL



Lösen von Gleichungen mit Befehlen

Befehle des Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme

Taste	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
MSOL	MSOLVR	Aktiviert den Lösungsalgorithmus mit existierendem *Mpar*. Der Stack wird nicht beeinflußt.
MINIT	MINIT	Erzeugt aus *EQ* eine neue Variable *Mpar*. Der Stack wird nicht beeinflußt.
MITM	MITM	Ändert Überschrift und Variablenmenü in *Mpar*. Verwendet eine Zeichenkette für die Überschrift aus Ebene 2 sowie eine Liste der Variablen aus Ebene 1 und gibt nichts aus.
MUSE MCAL	MUSER MCALC	Stellt eine Variable auf benutzerdefiniert bzw. nicht benutzerdefiniert ein. Verwendet entweder einen Variablennamen, eine Liste von Variablennamen oder "ALL" (Ebene 1). Gibt nichts aus.

Befehle des Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme (Fort.)

Taste	Programmierbarer Befehl	Beschreibung
MROO	MROOT	Löst nach einer oder mehreren Variablen auf, wobei mit rein benutzerdefinierten Variablen begonnen wird. Beläßt ermittelte Werte in den Variablen und zeigt keine Statusmeldungen an. Kann einen Variablennamen (Ebene 1) verwenden und gibt den ermittelten Wert aus. Oder verwendet "ALL" Ebene 1) und gibt nichts in den Stack aus.

8

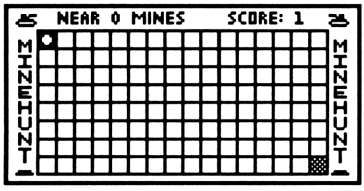
Hilfsprogramme

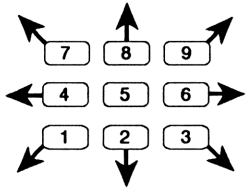
Die Hilfsprogramme umfassen das Spiel Minehunt, vier benutzerdefinierte Einheiten sowie acht zusätzliche Befehle.

Spiel Minehunt

Drücken Sie MINEHUNT ([↰] [LIBRARY] UTILS MINE), um das Spiel Minehunt zu aktivieren.

Bei diesem Spiel befinden Sie sich in der oberen linken Ecke eines Spielfelds mit 8 × 16 Kästchen. Ihre Aufgabe ist es, unbehelligt zur unteren rechten Ecke zu gelangen, wobei es gilt, die Minen auf dieser Strecke zu umgehen. In der Anzeige können Sie sehen, wieviel Minen sich auf den acht Sie umgebenden Feldern befinden.





Um sich auf dem Spielfeld zu bewegen, müssen Sie die Ziffern- oder Pfeiltasten betätigen. Mit den Zifferntasten können Sie sich auch diagonal bewegen. Durch Drücken von [ATTN] beenden Sie das Spiel.

Wenn Sie das Spiel unterbrechen und den Spielstand abspeichern möchten, müssen Sie [STO] drücken. Dadurch wird im aktuellen Verzeichnis die Variable *MHpar* erzeugt und das Spiel beendet. Ist *MHpar* beim nächsten Aufruf von Minehunt bereits vorhanden, wird das unterbrochene Spiel fortgesetzt und *MHpar* gelöscht.

Sie können die Zahl der Minen auf dem Spielfeld ändern, indem Sie eine Variable namens *Nmines* erzeugen, die die gewünschte Anzahl enthält. *Nmines* muß eine reelle Zahl (zwischen 1 und 64) enthalten. Ist *Nmines* negativ, sind die Minen während des Spiels sichtbar.

Benutzerdefinierte Einheiten

In den Hilfsprogrammen sind auch vier benutzerdefinierte Einheiten enthalten: "gmol" (Gramm-Molekül, Mol), "lbmol" (Pound-Molekül, etwa 454 mol), "rpm" (Umdrehungen pro Minute, 1/min) und "dB" (Dezibel, dimensionslos). Sie können die Menütasten des Hilfsprogramms als Schreibhilfen verwenden. Um diese Einheiten vollständig nutzen zu können, sollten Sie sie in das Benutzermenü einbauen.

Weitere Informationen finden Sie im Kapitel "Umgang mit Einheiten" im *HP 48 Benutzerhandbuch*.

Beispiel: Einbauen von Einheiten in ein Benutzermenü.

→ CLR
← LIBRARY UTILS NXT
← { }
1 → _ GMOL SPC
1 → _ LBMO SPC
1 → _ RPM SPC
1 → _ DB ENTER



→ MODES MENU
6 GMOL
← LBMO



Befehle

Die Hilfsprogramme enthalten acht Befehle aus verschiedenen Gebieten. Einige berechnen physikalische Parameter, die von der Gleichungsbibliothek verwendet werden. Sie können diese Befehle in der Befehlszeile, in Gleichungen und in Programmen einsetzen. Hier einige Beispiele:

```
'Z=ZFACTOR(Tr,Pr)'
« ... Tr Pr ZFACTOR 'Z' STO ... »
```

Die Funktion ZFACTOR

Die Funktion ZFACTOR(*Tr*, *Pr*) berechnet den Kompressibilitätsfaktor *Z* von Gasen, einen korrigierenden Faktor für das nichtideale Verhalten eines realen Gases. (Der abgeleitete Faktor *Z* ist nur für gasförmige Kohlenwasserstoffe genau.) *Tr* ist die reduzierte Temperatur: das Verhältnis der derzeitigen Temperatur (*T*) zur pseudokritischen Temperatur (*Tc*). (Das Verhältnis muß mit absoluten Temperaturen berechnet werden.) *Pr* ist der reduzierte Druck: das Verhältnis des derzeitigen Drucks (*P*) zum pseudokritischen Druck (*Pc*). *Tr* und *Pr* müssen reelle Zahlen oder Objekte mit Einheiten sein, die sich zu dimensionslosen Zahlen kürzen. *Tr* muß zwischen 1,05 und 3,0 liegen, *Pr* zwischen 0 und 30.

ZFACTOR verwendet *Tr* und *Pr* (Ebenen 2 und 1) und gibt den Faktor *Z* aus.

Die Funktion FANNING

Die Funktion FANNING(ε/D, *Re*) berechnet den Widerstandsbeiwert *f*, einen korrigierenden Faktor für die Einflüsse der Reibung bei bestimmten Fluidströmen (Temperatur, Querschnitt, Geschwindigkeit und Viskosität sind konstant: typisch für Strömung in Rohren). ε/D ist die relative Rauhigkeit: das Verhältnis der Rauhigkeit eines Rohres zu seinem Durchmesser. *Re* ist die Reynoldsche Zahl. Diese Funktion verwendet unterschiedliche Berechnungsverfahren für laminare Strömungen ($Re \leq 2100$) und turbulente Strömungen ($Re > 2100$). e/D und *Re* müssen reelle Zahlen oder Objekte mit Einheiten sein, die sich zu dimensionslosen Zahlen kürzen. ε/D und *Re* müssen größer 0 sein.

FANNING verwendet ε/D und *Re* (Ebenen 2 und 1) und gibt den Widerstandsbeiwert aus.

Die Funktion DARCY

Die Funktion DARCY(ε/D, Re) berechnet den Reibungsfaktor d als Widerstandsbeiwert f mal 4. Siehe den vorigen Abschnitt.

Die Funktion F0λ

Die Funktion F0λ(λ, T) berechnet den Anteil des gesamten Emissionsvermögens eines schwarzen Körpers bei der Temperatur T für Wellenlängen zwischen 0 und λ. Wenn Sie keine Einheiten verwenden, muß λ Meter und T K als implizite Einheit enthalten.

F0λ verwendet λ und T (Ebenen 2 und 1) und gibt den Anteil als dimensionslosen Wert aus.

Die Funktion SIDENS

Die Funktion SIDENS(T) berechnet die Eigenleitungsdichte von Silizium, *ni*, als Funktion der Temperatur T. Ist T ein Objekt mit Einheiten, muß es sich zu einer reinen Temperatur kürzen und die Dichte wird als Objekt mit Einheiten von $1/cm^3$ ausgegeben. Ist T eine reelle Zahl, wird davon ausgegangen, daß die Einheit K ist und die Dichte wird als reelle Zahl mit der impliziten Einheit $1/cm^3$ ausgegeben. T muß zwischen 0 und 1685 K liegen.

SIDENS verwendet T (Ebene 1) und gibt die Dichte aus.

Die Funktion TDELTA

Die Funktion TDELTA(T_2, T_1) subtrahiert zwei Punkte auf einer Temperaturskala, wobei eine Temperatur*differenz* (nicht eine tatsächliche Temperatur) ausgegeben wird. T_2 ist die Endtemperatur und T_1 die Anfangstemperatur. Die ausgegebene Temperaturdifferenz stellt die Temperaturänderung dar. Sind T_2 und T_1 Objekte mit Einheiten, wird die Differenz als Objekt mit denselben Einheiten wie in T_2 ausgegeben. Sind sie reelle Zahlen, wird die Differenz als reelle Zahl ausgegeben.

Bei Objekten mit Einheiten wird die Differenz nicht einfach mit ⊟ berechnet. T_1 wird in die Einheiten von T_2 umgerechnet, die Zahlenwerte werden subtrahiert und die Einheiten angehängt.

TDELTA verwendet T_2 und T_1 (Ebenen 2 und 1) und gibt die Temperaturdifferenz aus.

Die Funktion TINC

Die Funktion TINC(T_1, ΔT) addiert eine Temperatur*differenz* (nicht eine tatsächliche Temperatur) zu einem Punkt auf einer Temperaturskala. Mit einer negativen Differenz wird die Differenz von der Temperatur subtrahiert. T_1 ist die Anfangstemperatur und ΔT die Temperaturdifferenz. Die ausgegebene Temperatur ist die resultierende Endtemperatur. Sind T_1 und ΔT Objekte mit Einheiten, wird die Endtemperatur als Objekt mit den gleichen Einheiten wie T_1 (dem Argument aus Ebene 2, anders als bei den meisten Operationen mit Einheiten) ausgegeben. Sind sie reelle Zahlen, wird die Endtemperatur als reelle Zahl ausgegeben.

Bei Objekten mit Einheiten wird die Endtemperatur nicht einfach mit ⊞ berechnet. ΔT wird in eine *Differenz* auf der von T_1 Temperaturskala umgerechnet, die Zahlenwerte werden addiert und die Einheiten angehängt.

TINC verwendet T_1 und ΔT (Ebenen 2 und 1) und gibt die Endtemperatur aus.

Der Befehl ELVERSION

Der Befehl ELVERSION zeigt den Titel, die Produktnummer und die Softwareversion der HP Solve Equation Library Application Card an.

Durch ELVERSION wird der Stack nicht beeinflußt.

A

Unterstützung und Kundendienst

Überprüfen der Karte

Sie können die ROM-Steckkarte durch Einschalten des Taschenrechners und Drücken von [←][LIBRARY] überprüfen. Der Rechner überprüft jedesmal beim Einschalten die Steckkarten: wenn nach dem Einschalten `Invalid Card Data` oder `Port Not Available` angezeigt wird, muß die Karte repariert werden. Wenn im Menü LIBRARY nicht die in Kapitel 1 genannten Namen der Anwendungsprogramme enthalten sind, könnte es sein, daß die Karte vom Kundendienst überprüft werden muß. Stellen Sie aber zunächst sicher, daß sie ordnungsgemäß eingebaut worden ist.

Hinweise zur Überprüfung des Taschenrechners finden Sie in Anhang A des *HP 48 Benutzerhandbuchs*.

Umgebungsbedingungen

Damit die Zuverlässigkeit der HP 48 ROM-Steckkarten gewährleistet bleibt, sollten Sie folgende Grenzwerte für Temperatur und Feuchtigkeit beachten:

- Betriebstemperatur: 0 bis 45 °C (32 bis 113 °F).
- Lagertemperatur: −20 bis 60 °C (−4 bis 140 °F).
- Feuchtigkeit bei Betrieb und Lagerung: 90 % relative Feuchte bei höchstens 40 °C (104 °F).

Begrenzte Einjahres-Garantie

Hewlett-Packard gibt für diese Karte eine Garantie hinsichtlich Material- und Verarbeitungsfehler für den Zeitraum eines Jahres ab Kaufdatum. Nähere Informationen finden Sie im *HP 48 Benutzerhandbuch*.

Im Reparaturfall

Hewlett-Packard unterhält in vielen Ländern Reparaturzentren. Dort werden die Karten repariert oder gegen das gleiche Modell oder ein Modell gleicher oder größerer Leistungsfähigkeit ausgetauscht, egal ob sie der Garantie unterliegen oder nicht. Nach der Garantiezeit werden Reparaturkosten erhoben. Nähere Informationen finden Sie im *HP 48 Benutzerhandbuch*.

B

Variablen, Flags und Kennungen

In vier reservierten Variablen werden Informationen gespeichert. Jedes Verzeichnis kann einen eigenen Satz von Variablen enthalten. *MHpar*, *Mpar* und *PTpar* sind Objekte vom Typ 26 (Bibliotheksdaten), die vom Benutzer nicht verändert werden können.

Reservierte Variablen

Variable	Zweck
MHpar	Speichert den Stand des Spiels Minehunt.
Mpar	Speichert die Gruppe von Gleichungen für den Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme.
Nmines	Speichert die Zahl der im Spiel Minehunt verwendeten Minen. Falls negativ, sind die Minen während des Spiels sichtbar.
PTpar	Speichert die Zeigerposition innerhalb des Periodensystems.

Der voreingestellte Status der drei Benutzerflags ist "rückgesetzt".

Definitionen der Benutzerflags

Flag	Name	rückgesetzt	gesetzt
60	Einheitentyp	SI-Einheiten	englische Einheiten
61	Einheitenverwendung	Verwendung	Nichtverwendung
62	Zahlungsmodus	Endemodus	Anfangsmodus

Die ROM-Steckkarte enthält acht Bibliotheksobjekte. Jedem Bibliotheksobjekt ist eine eigene Bibliothekskennung (Steckplatz und Nummer) zugeordnet; die Kennung ist jedoch vom Steckplatz abhängig, in den die Karte eingebaut wurde (Steckplatz 1 oder Steckplatz 2). Weitere Informationen finden Sie im Kapitel "Verwenden von Einsteckkarten und Bibliotheken" im *HP 48 Benutzerhandbuch*.

Namen und Kennungen der Bibliotheken

Name	Kennung
EQLIB	:1:273 oder :2:273
PRTBL	:1:272 oder :2:272
COLIB	:1:271 oder :2:271
FIN	:1:270 oder :2:270
MES	:1:269 oder :2:269
UTILS	:1:268 oder :2:268
(Gleichungen)	:1:267 oder :2:267
(Kataloge)	:1:266 oder :2:266

C

Literaturhinweise

1. Dranchuk, P.M., R.A. Purvis und D.B. Robinson: "Computer Calculations of Natural Gas Compressibility Factors Using the Standing and Katz Correlation" in *Institute of Petroleum Technical Series*, Nr. IP 74-008, 1974.

2. Gere, James M. und Stephen P. Timoshenko: *Mechanics of Materials*, 2. Aufl. PWS Engineering, Boston 1984.

3. Halliday, David und Robert Resnick: *Fundamentals of Physics*, 3. Aufl. John Wiley & Sons, 1988.

4. Meriam, J.L. und L.G. Kraige: *Engineering Mechanics*, 2. Aufl. John Wiley & Sons, 1986.

5. Muller, Richard S. und Theodore I. Kamins: *Device Electronics for Integrated Cicuits*, 2. Aufl. John Wiley & Sons, 1986.

6. Serghides, T.K.: "Estimate Friction Factor Accurately" in *Chemical Engineering*, 5. März 1984.

7. Siegel, Robert und John Howell: *Thermal Radiation Heat Transfer*, Band 1. National Aeronautics and Space Administration, 1968.

8. Sze, S.: *Physics of Semiconductors*, 2. Aufl. John Wiley & Sons, 1981.

9. Welty, Wicks und Wilson: *Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons, 1969.

D

Meldungen

Meldungen der ROM-Steckkarte

Meldung	Bedeutung	Nr. (hex)
`All Variables Known`	Es gibt keine unbekannte Variable, nach der aufgelöst werden könnte.	10D05
`Bad Molecular Formula`	Die Formel ist ungültig oder unvollständig. Suchen Sie nach falsch gesetzten Klammern oder ungültigen Namen für Elemente.	11001
`EQ Invalid for MINIT`	*EQ* muß mindestens zwei Gleichungen (oder Programme) und zwei Variablen enthalten.	10D03
`Illegal During MROOT`	Es wurde versucht, während des Ausführens von MROOT einen Befehl für den Lösungsalgorithmus zu geben.	10D06
`I%YR/PYR ≤ -100`	Die Zinsen je Zeitraum müssen größer als −100 % sein.	10E03
`Invalid N`	Es wurde versucht, *I%YR* mit $N < 1$ oder $N \geq 10^{10}$ zu berechnen.	10E04
`Invalid Mpar`	Die Variable *Mpar* wurde nicht mit MINIT erzeugt.	10D01
`Invalid PYR`	*PYR* muß eine positive reelle Zahl sein.	10E05

Meldungen der ROM-Steckkarte (Fortsetzung)

Meldung	Bedeutung	Nr. (hex)
`Invalid #Periods`	AMRT benötigt eine positive ganze Zahl für die Zeiträume.	10E06
`Many or No Solutions`	Es kann kein Wert für *I%YR* berechnet werden. Überprüfen Sie die in *PV*, *PMT* und *FV* gespeicherten Werte sowie die Vorzeichen.	10E02
`No Solution`	Es kann kein Wert für *I%YR* berechnet werden. Überprüfen Sie die in *PV*, *PMT* und *FV* gespeicherten Werte sowie die Vorzeichen.	10E01
`Single Equation`	Für den Lösungsalgorithmus wurde nur eine Gleichung eingegeben. Verwenden Sie HP Solve.	10D02
`Too Many Unknowns`	Der Lösungsalgorithmus kann mit den aktuellen bekannten Werten kein Ergebnis berechnen. Geben Sie einen weiteren Wert oder eine weitere Gleichung an.	10D04
`Undefined Constant`	Der für CONST eingegebene Name befindet sich nicht in der Konstantenbibliothek.	10F01
`Undefined Element`	Das für PTPROP eingegebene Element existiert nicht.	11002
`Undefined Property`	Die für PTPROP eingegebene Nummer der Eigenschaft existiert nicht im Periodensystem.	11003
`Undefined TVM Variable`	Der für TVMROOT eingegebene Variablenname lautet nicht *N*, *I%YR*, *PV*, *PMT* oder *FV*.	10E07

Index

A

Abbildungen
  Gleichungsbibliothek, 18, 29
Aggregatzustände
  Elemente, 99, 103
Akzentzeichen ϕ, 114
AMORT, Befehl, 127
Anwendungskarten. *Siehe* ROM-Steckkarte
Anwendungsprogramm für Finanzmathematik
  Befehle, 126
  Fehlermeldungen, 147
  Programmierung, 126
  Tilgung, 124
  TVM (Geldzeitwert), 119
  Verwendung, 118
  Zahlungsmodi, 118, 121
Anzeigeform, Gleichungen, 14
Anzeigemodus, 125
Atommasse, 99
Atommassenzahlen, 103
Aufgaben, Lösen von Aufgaben. *Siehe* Gleichungen

B

Befehle
  Finanzmathematik, 126
  Gleichungsbibliothek, 29
  Hilfsprogramme, 138
  Konstantenbibliothek, 116
  Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme, 135
  Periodensystem, 110
Begin mode, 118, 121, 125, 126
Beipiele, Eigenschaften grafisch darstellen, 107
Beispiel, Sparkonto, 122
Beispiele
  Abbildung darstellen, 18
  Darlehen, 121
  Eigenschaften von Elementen, 105
  Einheiten beim schrägen Wurf ändern, 28
  Einheiten in Benutzermenüs, 138
  Einheiten in Gleichungen, 133
  Entwicklungskatalog des schrägen Wurfs, 26
  Erzeugen von Gleichungen, 130
  Gleichungen darstellen, 15
  Gleichungen lösen, 131
  Hypothek mit Restschuld, 123
  Konstanten darstellen, 115

Leasing, 124
Menü ändern, 134
Molekulargewichte, 109
Programm für das Periodensystem, 111
Programm für Geldzeitwert/Tilgung, 127
Programm "Wärmeübertragung", 30
Schätzwert für schrägen Wurf, 21
schräger Wurf, 12
Tilgung eines Darlehens, 125
Variablen darstellen, 17
benutzerdefinierte Einheiten, 138
benutzerdefinierte Variable
Status, 24, 136
benutzerdefiniertes Menü, 30
Benutzermenü, 138
berechnete Variable
Status, 24, 136
Bernoullische Gleichung, 50
Bewegung, 68
Bibliothekskennungen, 145
Bibliotheksobjekte, 7, 145
Bipolartransistoren, 91
Blindwiderstand, 43
Brechung des Lichts, 72
Brechzahl, 72
Brennweite, 72
Buchstabe ϕ, 114

C

CONLIB, Befehl, 116
CONST, Befehl, 116, 117
CONST-Befehl, 117
Coulombsches Gesetz, 39

D

DARCY, Funktion, 140
dB, 138
Dehnung, 93
derzeitiger Wert, 120, 125
Dichten, 99, 103
Dioden, 88
Drehbewegung, 71
Dreieck, 82
Druck
hydrostatischer Druck, 50
pseudokritischer Druck, 139

E

Eigenschaften von Elementen
besondere Kennzeichnung, 103
darstellen, 111
Darstellung, 110
Eigenschaften in den Stack schreiben, 101, 102
Ermittlung, 99, 101
grafische Darstellung, 106
Katalog, 101
Liste, 103
Objekttypen, 103
Zahlen, 103
eingespannte Träger, 31
Einheiten
Aktivieren von Einheiten, 132
Ändern von Einheiten, 27
benutzerdefinierte Einheiten, 138
dB, 138
Einfluß auf Ergebnisse, 10, 25
Einfluß auf Objekttypen, 10
Einführen von Einheiten, 18
gmol, 138
implizite Einheiten, 10, 25, 28
keine Einheiten verwenden, 10
lbmol, 138

Probleme bei der Umwandlung, 20
Probleme beim Nichtverwenden, 25, 28
rpm, 138
Temperatur, 140, 141
Typen von Einheiten, 10
Umrechnen von Einheiten, 10
Umrechnung, 20, 132
unerwartete Einheiten, 25
Vereinbarkeit, 25
Verwendung, 19, 132
Verwendung von Einheiten, 10
Einheitenkatalog
Gleichungsbibliothek, 16, 27
Einheitentyp
Flag (60), 10, 116, 145
Einheitentypflag (60), 29
Einheitenverwendung
Flag (61), 10, 116, 145
Einheitenverwendungsflag (61), 29, 110
elastische Knickung, 32
elastischer Stoß, 56
Elektrizität, 38
elektrostatische Kraft, 39
Elemente
Auswählen, 107
Auswählen von Elementen, 101
Eigenschaften, 99, 101, 103
Namen, 101
Symbole, 101
Ellipse, 80
ELVERSION, Befehl, 141
End mode, 118, 121, 125, 126
Energie, 43, 57
englische Einheiten. *Siehe* Optionen für Einheiten
Entwicklungskatalog, 26
EQ
Erzeugen von *EQ*, 130
Gleichungsbibliothek erzeugt *EQ*, 18
Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme, 129, 136
wird von der Gleichungsbibliothek erzeugt, 29
EQ+ verbindet Gleichungen, 130
EQNLIB, Befehl, 29

F

F0λ, 140
F0λ, Funktion, 65
FANNING, 139
Feder, 55, 76
Fehlermeldungen
Meldungen beim Einschalten, 142
Meldungen während des Lösens von Gleichungen, 24
Nummern, 147
Verzeichnis, 147
Felder. *Siehe* Menüfelder
Feuchtigkeit, ROM-Steckkarte, 142
Flags
Einheitentyp (60), 29, 116
Einheitenverwendung (61), 29, 116
Einheitenverwendung (Flag 61), 110
Flag (60) für den Einheitentyp, 10
Flag (61) für die Verwendung von Einheiten, 10
Zahlungsmodus (62), 126
Zusammenfassung, 145
Fluchtgeschwindigkeit, 71
Flüssigkeiten, 49
freier Fall, 70
Frequenz, Resonanz, 46
Funktion FANNING, 52
Funktion SIDENS, 88
Funktion ZFACTOR, 60

G

Garantie, 143
Gase, 57
Geldzeitwert. *Siehe* TVM
Geometrie, 79, 83
Geometrie der Ebene, 79
Geometrie im Raum, 83
geradlinige Bewegung, 69
Gleichungbibliothek, Anwendung von HP Solve, 22
Gleichungen
  Abbildungen zu Gleichungen, 18
  Anzeigeform, 14
  Bestimmen von Gleichungen, 129
  Darstellung von Gleichungen, 14
  Erzeugen von Gleichungen, 130
  Funktionen, 129
  Gleichungen in den Stack schreiben, 15
  in einer Lösung verwendete Gleichungen, 26
  Konstanten, 117
  Lösen von Gleichungen, 18, 21, 131
  Lösungsschritte, 11, 128
  mehrere Lösungen, 20, 25
  neue Lösungen, 27
  nicht verwendete Gleichungen, 25
  Rechenform, 14
  unerwartete Lösungen, 25
  Variablen, 129
  Variablennamen, 16
  Verbinden von Gleichungen, 130
  zu viele unbekannte Variable, 25
  zu viele unbekannte Variablen, 129
Gleichungen; Lösungsmenü; Variable HP Solve. *Siehe oben und* Gleichungen; Variable
Gleichungsbibliothek
  Abbildungen zu Gleichungen, 18
  Anwendungsprogramm HP Solve, 19
  Befehle, 29
  Fehlermeldungen, 147
  Gleichungen darstellen, 14
  Gleichungen lösen, 11
  Kataloge, 14
  Lösungen interpretieren, 24
  Lösungsalgorithmen, 19
  Lösungsalgorithmen aktivieren, 18
  Lösungsalgorithmus, 11
  Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme, 19, 23, 128
  Operationen in der Gleichungsbibliothek, 14
  Optionen auswählen, 11
  Optionen für Einheiten, 16
  Optionen für Einheiten auswählen, 27
  Rubriken, 11, 29, 31
  Sachgebiete, 11, 29, 31
  unerwartete Ergebnisse, 24
  Variable löschen, 17
  Variablennamen, 16
  Verwendung der Gleichungsbibliothek, 11
  Verwendung der Konstantenbibliothek, 27
  Verzeichnis, 31
Gleichungsbibliothek. *Siehe oben und* Gleichungen; Variable
Gleichungssysteme, Gleichungsbibliothek, 19
gmol, 138

grafische Darstellung der Eigenschaften von Elementen, 106
Gravitation, 57, 70, 71
Güte, 46

H

Halbleiterbauelemente, 86
harmonische Schwingung, 75
Hilfsprogramme
  Befehle, 138
  benutzerdefinierte Einheiten, 138
  Inhaltsverzeichnis, 137
  Spiel Minehunt, 137
Hookesches Gesetz, 55
HP Solve
  Anwendung bei mehreren Gleichungen, 27
  EQ erzeugen, 130
  Gleichungsbibliothek, 19
  Rückkehr, 19
  Unterbrechung, 19
  Verwendung in der Gleichungsbibliothek, 22

I

ideale Gase, 57
isotherme Ausdehnung, 59

K

Karten. *Siehe* ROM-Steckkarte
Kataloge
  Beschreibungen von Variablen, 16
  Eigenschaften von Elementen, 101
  Einheiten für Variable, 27
  Einheiten für Variablen, 16
  Entwicklungskatalog, 26
  Gleichungsbibliothek, 14
  große Einträge, 9
  in einem Katalog betrachten und auswählen, 8
  in einem Katalog suchen, 9
  Konstanten, 115
  Namen der Elemente, 101
  Operationen in einem Katalog, 9
  Punkte am Ende einer Zeile, 9
  Symbole der Elemente, 101
Kegel, 83
Knickung, 32
Kompressibilität eines Gases, 61
Kompressibilitätsfaktor für Gase, 139
Kondensator, 44, 46, 47
Konstanten, 113, 115, 116, 117
Konstantenbibliothek
  Befehle, 116
  Fehlermeldungen, 147
  Inhaltsverzeichnis, 113
  Konstanten ermitteln, 115
  Optionen für Einheiten, 115
  Programmierung, 117
  Verwendung, 113
  Verwendung in der Gleichungsbibliothek, 27
  Werte verändern, 117
Konstantenkatalog, 115
  Werte ermitteln, 115
Konvektion, 64
Kraft, 39, 53, 67
Kreis, 80, 96
kritischer Winkel, 73
Kugel, 85

L

Längenfaktor, 32
lbmol, 138
LIBRARY, Überprüfen der Karte, 142

Licht, 72
lineare Mechanik, 54
Literaturhinweise, 146
Longitudinalwellen, 98
Lösungen
  mehrere Lösungen, 20, 25
Lösungsalgorithmen, 19
  Gleichungsbibliothek, 18
Lösungsalgorithmus
  Gleichungsbibliothek, 11
  Schätzwerte, 20
Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme
  Befehle, 135
  Einheitenverwendung, 132
  EQ, 129, 136
  Fehlermeldungen, 147
  Funktionen, 129
  Gleichungen bestimmen, 129
  Gleichungen lösen, 128, 131
  Gleichungsbibliothek, 23, 128
  interner Prozeß, 24, 129
  keine Lösung gefunden, 25
  Lösungen interpretieren, 24
  Lösungsmenü, 131
  Meldungen, 24
  Menüfelder abändern, 134
  Mpar, 129, 136
  Programmierung, 135
  Rückkehr, 19, 131
  Schätzwerte vorgeben, 21
  Scheinvariable, 110, 117, 127
  Titel abändern, 134
  Unterbrechung, 19
  Variablenstatus, 23
  Verwendung, 128
  voreingestellte Einheiten, 132
Lösungsmenü
  Änderung, 136
  Änderungen, 134
  Menüfelder, 131, 134
  Titel, 134
Lösen von Aufgaben. *Siehe* Gleichungen
Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme *Siehe oben und Gleichungen; Variablen*

M

Mach-Zahl, 60
Magnetfeld, 43
magnetische Flußdichte, 66, 67, 68
Magnetismus, 66
Markierungsbalken, Markierungsbalken in einem Katalog, 8
Masse, Beziehung zur Energie, 57
Massenzahl, 99
MCALC, Befehl, 24, 136
Mechanik, 54, 55
Meldungen
  Meldungen beim Einschalten, 142
  Meldungen während des Lösens von Gleichungen, 24
  Nummern, 147
  Verzeichnis, 147
Menüfelder
  Anzeigen zusammenhängender Variablen, 26
  falsche Farben, 25
  "Farben" ändern, 24
  Farben überprüfen, 27
  hell und dunkel, 23
  Variablenstatus anzeigen, 23
  zusammengehörige Variablen anzeigen, 23
Menütasten, Katalog, 9
MHpar, 137, 144
Minehunt, Spiel, 137
MINIT, 130, 134
MINIT, Befehl, 136
MITM, 134

MITM, Befehl, 136
Mohrscher Kreis, 96
Molekulargewicht
  Berechnung, 110
  Molekulargewichte in den Stack schreiben, 109
Molekulargewichte, 103
  Berechnung, 101, 108, 112
  Einschränkungen für Namen, 112
  Syntax für Formeln, 108
MOLWT, Befehl, 110, 112
Mpar
  Erzeugen von *Mpar*, 130, 136
  Gleichungsbibliothek erzeugt *Mpar*, 18
  Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme, 129, 144
  Menü ändern, 134
  wird von der Gleichungsbibliothek erzeugt, 29
MROO, Befehl, 136
MSOLVR, Befehl, 30, 136
MUSER, Befehl, 24, 136

N

Namen
  Elemente, 99, 101, 103
Nmines, 137, 144
NMOS-Transistor, 89
npn-Bipolartransistoren, 91

O

Objekte mit Einheiten, 10
Ohmsches Gesetz, 40
Optik, 72
Optionen für Einheiten, 10
  Ändern der Optionen, 17, 27
  Auswählen von Optionen, 16, 27
  Auswirkung beim Nichtverwenden von Einheiten, 25
  Auswirkungen bei der Arbeit ohne Einheiten, 28
  Beschreibung, 10
  Einfluß auf eingegebene Werte, 19
  Einfluß auf Lösungen, 25
  Einstellung, 108, 115
  Gleichungsbibliothek, 11
  Konstantenbibliothek, 114, 115, 116
  Optionen auswählen, 11
  Periodensystem, 108, 110
  Variable werden von Optionen beeinflußt, 18
Ordnungszahlen, 99, 103

P

Pendel, 77, 78
Periodensystem
  Anzeige, 99
  Befehle, 110
  Darstellungen, 100
  Eigenschaften darstellen, 111
  Eigenschaften ermitteln, 101
  Eigenschaften grafisch darstellen, 106
  Fehlermeldungen, 147
  Hauptanzeige, 101
  Kataloge, 100
  Molekulargewichte, 108, 112
  Namen anzeigen, 101
  Optionen für Einheiten, 108
  Programmierung, 110
  Symbole anzeigen, 101
  Verwendung, 99
PERTBL, Befehl, 110
Pfeile, Pfeile in einem Katalog, 8
Phasenverschiebung, 43
PICT, 18, 29

pn-Stufenübergang, Bauelemente, 88
Polarisationswinkel, 73
polytrope Vorgänge, 59
Programmierung
  Finanzmathematik, 126
  Hilfsprogramme, 138
  Konstantenbibliothek, 117
  Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme, 135
  Periodensystem, 110
PTpar, 144
PTPROP, Befehl, 110
PTPROP-Befehl, 111

Q

Quader, 85

R

reale Gase, 57
Rechenform, Gleichungen, 14
Rechteck, 81
Reflexion, 74
Reibungsverluste, 52
Reparatur, ROM-Steckkarte, 143
reservierte Namen, 144
Resonanzfrequenz, 46
Ring, 82
Ringkernspule, 48
Ringkernspulen, 68
ROM-Steckkarte
  Garantie, 143
  Reparatur, 143
  Überprüfung, 142
  Umgebungsbedingungen, 142
ROM-Steckkarten, Karten Ein- und Ausbauen, 7
Rotation, 71
rpm, 138
Rubriken. *Siehe* Gleichungsbibliothek, Rubriken

S

Sachgebiete. *Siehe* Gleichungsbibliothek, Sachgebiete
Schallwellen, 98
Schätzwerte, 25
  aktueller Wert, 21
  Eingabe von Schätzwerten, 20
schräger Wurf, 70
schwarzer Körper, Strahlung, 65
Schwingungen, 75, 97
Service, ROM-Steckkarte, 143
SIDENS, Funktion, 89, 92, 140
SI-Einheiten. *Siehe* Optionen für Einheiten
Silizium, Eigenleitungsdichte, 140
Silizium-Bauelemente, 86
Sinkgeschwindigkeit, 71
Sinusspannung, 48
Solenoidspule, 47, 67
SOLVEQN, Befehl, 29, 31
Spannung, 31, 38, 86, 93
Speicher, gespeicherte Daten schützen, 8
Sperrschichtfeldeffekttransistor, 92
Spule, 47, 48
Spulen, 44
Stack
  Eigenschaften in den Stack schreiben, 101, 102
  Gleichungen in den Stack schreiben, 15
  Konstanten in den Stack schreiben, 115
  Molekulargewichte in den Stack schreiben, 109
  versehentliches Löschen des Stackinhalts, 8

Steckkarten. *Siehe* ROM-Steckkarte
Steckplätze, HP 48, 145
Steckplätze im HP 48, 7
STO, 24, 133
Stoß, 56
Strahlung eines schwarzen Körpers, 140
Strom, 38, 66, 86
Strömungsverluste, 51
Strömungswiderstand, 56
Stufenübergang, 88, 92
Stützen, 31
Symbole
  Elemente, 99, 101, 103, 108

T

TDELTA, Funktion, 140
Temperatur
  Differenz, 140, 141
  pseudokritischer Druck, 139
  ROM-Steckkarte, 142
thermische Ausdehnung, 63
Tilgung
  Anzeigemodus, 125
  Berechnung, 124
  Beschreibung, 118
  Fehlermeldungen, 147
  Programmierung, 127
  Vorzeichen, 118
  Zahlungsmodi, 118, 121, 125, 126
TINC, Funktion, 141
Träger, 31
Transistoren, 86
Transversalwellen, 97
TVM, Befehl, 126
TVM (Geldzeitwert)
  Berechnung, 119
  Beschreibung, 118
  Fehlermeldungen, 147
  Programmierung, 126
  Vorzeichen, 118
  Zahlungsmodi, 118, 121, 126
TVMBEG, Befehl, 126
TVMEND, Befehl, 126
TVM-Menü, 120, 125
TVMROOT, Befehl, 126, 127

U

Umrechnungsfaktoren, 10, 132

V

Variable
  Auflösen nach Variablen, 136
  Einführen von Variablen, 18, 21
  Einheiten ändern, 27
  Einheiten eingeben, 19
  Einheitenkatalog, 16, 27
  ermittelte Werte, 26
  falscher Status, 25
  in eine Lösung einbezogene Variable, 26
  Katalog der Beschreibungen, 16
  nicht erkannte Variable, 129
  Schätzwerte eingeben, 20
  Status, 23
  Status ändern, 24, 136
  Status überprüfen, 27
  unerwartete Lösungen, 25
  Werte anzeigen, 20
  Werte eingeben, 19
  Werte ermitteln, 21
  Werte überarbeiten, 27
  zu viele bekannte Variable, 25
  zu viele unbekannte Variable, 25
Variablen
  Gleichungen bestimmen, 129
  in einer Lösung verwendete Variablen, 23
  Löschen von Variablen, 17
  zu viele Unbekannte, 129

Variablenkataloge,
Gleichungsbibliothek, 16
Vergrößerung, 72
Verzeichnisse, 19, 117, 144
Vieleck, 81

W

Wärme, 62, 63
Wärmeleitung, 63, 64
Wärmeübertragung, 62
Wellen, 97
Widerstand, Leiter, 41
Winkelmechanik, 55
Winkelmodus, 28, 114

Z

Zahlungen, 120, 125
Zahlungsmodi, 118, 121, 126
Zahlungsmodus
Flag (62), 126, 145
Zahlungspläne, 118
Zentripetalkraft, 55
ZFACTOR, Funktion, 61, 139
Zinsen, Zinseszins, 118
Zinseszins, 118
Zinssatz, 120, 125
zukünftiger Wert, 120, 125
zusammenpassende Einheiten, 25
Zustandsänderung, 59, 61
Zylinder, 84

Unterstützung durch Hewlett-Packard

Informationen über die Verwendung der ROM-Steckkarte. Wenn Sie Fragen zur Verwendung des Taschenrechners oder der ROM-Steckkarte haben, sollten Sie zunächst das Inhaltsverzeichnis und das Register zu Rate ziehen. (Sehen Sie auch im *HP 48 Benutzerhandbuch* Anhang A nach.) Falls Sie dort keine befriedigende Antwort finden, können Sie sich mit der Abteilung Kundenbetreuung des Herstellerwerkes in den USA in Verbindung setzen:

Hewlett-Packard
Calculator Support
1000 N.E. Circle Blvd.
Corvallis, OR 97330, U.S.A.

(503) 757-2004
8:00 a.m. to 3:00 p.m. Pacific time

Kundendienst. Wenn Sie den Eindruck haben, daß Ihr Taschenrechner oder die ROM-Steckkarte nicht ordnungsgemäß funktionieren, sollten Sie die Hinweise zur Fehlersuche im Anhang A lesen. Informationen zum Kundendienst finden Sie im *HP 48 Benutzerhandbuch.* Wenn Sie sich in den Vereinigten Staaten aufhalten und Ihr Taschenrechner reparaturbedürtig ist, dann können Sie ihn per Post an das Corvallis Service Center schicken:

Hewlett-Packard
Corvallis Service Center
1030 N.E. Circle Blvd.
Corvallis, OR 97330, U.S.A.
(503) 757-2002

Wenn Sie sich außerhalb der Vereinigten Staaten aufhalten, finden Sie Informationen über das nächstgelegene Reparaturzentrum im *HP 48 Benutzerhandbuch.*

HP Calculator Bulletin Board System. The Bulletin Board provides for the exchange of software and information between HP calculator users, developers, and distributors. It operates at 300/1200/2400 baud, full duplex, no parity, 8 bits, 1 stop bit. The telephone number is (503) 750-4448. The Bulletin Board is a free service—you pay for only the long-distance telephone charge.

Inhaltsverzeichnis

Page		
	7	1: Erste Schritte
	11	2: Gleichungsbibliothek
	31	3: Verzeichnis der Gleichungen
	99	4: Periodensystem der Elemente
	113	5: Konstantenbibliothek
	118	6: Finanzmathematik
	128	7: Lösungsalgorithmus für Gleichungssysteme
	137	8: Hilfsprogramme
	142	A: Unterstützung und Kundendienst
	144	B: Variablen, Flags und Kennungen
	146	C: Literaturhinweise
	147	D: Meldungen
	149	Index

HEWLETT PACKARD

82211-90003

1. Auflage

Deutsch

Printed in Canada 6/90