

Das grafische Modellbildungssystem VisEdit für PAKMA - Grundlagen, Bedienungsanleitung und Anwendungsbeispiele

für VisEdit Ver. 1.1

Thorsten Geißler

mit Ergänzungen für Ver. 1.3

Vorwort

Zunächst möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

An erster Stelle geht mein Dank daher an Prof. Dr. Heuer für die vielen kleinen und großen Tips und Anregungen, die diese Arbeit entscheidend beeinflussten. Im gleichen Atemzug gebührt mein Dank auch Herrn Reusch, der mir jederzeit motivierend mit Informationen und Ratschlägen zur Seite stand.

Weiterhin möchte ich mich bei Wolfgang Cimander für die perfekte Zusammenarbeit bei der Programmierung und Konzeption von „VisEdit“ bedanken. Die vorliegende Arbeit ist schließlich nur die eine Hälfte des Projektes „VisEdit“, welches von Wolfgang Cimander und von mir als Zusatzprogramm für PAKMA entwickelt wurde.

Schließlich geht mein Dank auch noch an meine Familie für die Unterstützung während der Erstellung der Arbeit.

Die Arbeit entstand im Zeitraum von März 1998 bis März 1999 am Lehrstuhl für Didaktik der Universität Würzburg. Am 8. März 1999 hatte ich die Gelegenheit, die Arbeit auf der Frühjahrstagung der DPG in Ludwigsburg vorzustellen. Einen weiteren Vortrag zur Arbeit konnte ich dann am 11. März 1999 bei der Tagung des Arbeitskreises Multimedia des Fachausschuss für Didaktik der Physik innerhalb der DPG in Würzburg halten.

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen.....	4
1.1	Modellierung dynamischer Systeme.....	4
1.2	Vorteile beim Einsatz im Physikunterricht.....	5
1.3	Nachteile bisheriger Programme.....	6
1.4	Wirkungsgefüge-Editor für PAKMA.....	7
1.5	Die VisEdit-Symbolik.....	8
2	Bedienungsanleitung.....	9
2.1	Überblick über das Programm.....	9
2.1.1	Der Wirkungsgefüge-Editor.....	10
2.1.2	Die Kernprogramm-Ansicht.....	13
2.1.3	Effektives Arbeiten mit VisEdit.....	13
2.2	Bedienungs-Referenz.....	14
2.2.1	Die Menüs.....	14
2.2.2	Die PopUp-Menüs.....	20
2.2.3	Die Symbolleiste.....	21
2.2.4	Die Editor-Optionen.....	22
2.2.5	Die Kernprogramm-Optionen.....	25
2.3	Die Symbole und deren Eigenschaften.....	27
2.3.1	Gemeinsame Eigenschaften der Symbole.....	28
2.3.2	Das Konstanten-Symbol.....	29
2.3.3	Das Funktionsgrößen-Symbol.....	30
2.3.4	Das Sammelgrößen-Symbol.....	32
2.3.5	Das Veränderungsgrößen-Symbol.....	34
2.3.6	Das Mess-Symbol.....	35
2.3.7	Das Steuer-Symbol.....	36
2.3.8	Das Wertübernahme-Symbol.....	37
2.3.9	Das Auslöser-Symbol.....	38
2.3.10	Das Textsymbol.....	39
2.4	Eingabe-Beispiele.....	40
2.4.1	Einfaches Beispiel: Geschwindigkeitsmessung.....	41
2.4.2	Der harmonische Oszillator.....	43
2.5	Glossar.....	46

1 Grundlagen

Dieses Kapitel soll zunächst einen Überblick über dynamische Systeme und verschiedene Programme geben, mit Hilfe derer dynamische Systeme modelliert werden können.

Dann sollen die Vorteile herausgestellt werden, die die Verwendung solcher grafischer Modellbildungssysteme für den Lernenden bietet. Bisherige Programme haben allerdings gerade für den Unterrichtseinsatz noch gravierende Nachteile, auf die ebenfalls eingegangen werden soll.

Daraufhin wird erläutert, warum die Neuprogrammierung eines weiteren Systems nötig war und welche Fähigkeiten dieses mitbringen muss.

Dann soll noch kurz auf die Symbolik unseres Editors eingegangen werden.

1.1 Modellierung dynamischer Systeme

Ein dynamisches System ist eine Menge von Zustandsgrößen und deren Beziehungen untereinander. Dynamische Systeme kommen natürlich nicht nur in der Physik vor, sondern eigentlich überall im täglichen Leben und v.a. auch in der Ökonomie und der Ökologie. Zusammenhänge zwischen beliebigen Zustandsgrößen werden in einem dynamischen System so stark strukturiert, das eine Simulation etwa der zeitlichen Entwicklung von Zustandsgrößen mit dem Computer durchgeführt werden kann.

In dieser Arbeit wird meist der Begriff *Wirkungsgefüge* verwendet, wenn von dynamischen Systemen gesprochen wird. Ein Wirkungsgefüge ist die grafische Repräsentation eines dynamischen Systems; gemeint ist aber nicht nur die reine optische Darstellung, sondern das, was der jeweilige Editor gesamt über das dynamische System „weiss“ und darstellen kann.

Der Urvater der computergestützten Modellierung dynamischer Systeme ist wohl Forrester, der zuerst mit der Modellierungssprache *Dynamo* ein System vorstellte, das allerdings noch ohne grafische Darstellung der Zustandsgrößen arbeitet. Das erste Programm, das grafische Darstellungen anbot war *Stella*. Dieses ist auch heute noch wahrscheinlich das meistverwendete Programm auf diesem Gebiet. Eine Umsetzung von Stella mit gleicher Symbolik ist *Dynasys*, welches als Shareware vertrieben wird. Ein neueres Programm, das etwas anders arbeitet, ist *Moebius*, dessen Symbolik sich von Stella deutlich unterscheidet. Als letztes bekannteres grafisches Modellbildungssystem sei hier noch *Modus* erwähnt.

Gründe dafür, Modellbildungssoftware statt Bleistift und Papier bzw. Kreide und Tafel zu verwenden, liegen auf der Hand: Die Zustandsgrößen werden grafisch repräsentiert und können sehr schnell umbenannt, verschoben, kopiert und verknüpft werden. Man ist einfach viel flexibler als mit herkömmlichen Mitteln. Weiterhin stellt solche Software numerische Näherungsverfahren bereit, die der Benutzer nur einstellen und nicht selbst programmieren muss. Als wichtigster Punkt kann das Modell als Simulation ablaufen und das Ergebnis kann in Form von Graphen, etc. betrachtet sowie direkt ausgedruckt werden; dies ist natürlich eine immense Arbeitserleichterung.

Es soll hier noch erwähnt werden, dass natürlich keines dieser Programme Wissen über die Physik, Ökologie, usw. beinhaltet. Durch die Bereitstellung mathematischer Hilfsmittel durch die Software ist jedoch die theoretische Entwicklung komplexer physikalischer Phänomene oft erst mit dem Computer möglich.

1.2 Vorteile beim Einsatz im Physikunterricht

Schüler fragen sich meist bei Übungsaufgaben, welche Formel oder Gleichung denn jetzt anzuwenden sei, und denken dadurch nicht über die physikalische Struktur des Problems nach. Etwa wird bei der Behandlung des radioaktiven Zerfalls im Unterricht durchaus die Formel $N = N_0 e^{-\lambda t}$ von den Schülern behalten, während kaum der einfache Zusammenhang behalten wird, dass pro Zeiteinheit ein gewisser, fester Prozentsatz der Kerne zerfällt. Dadurch ergeben sich Lücken zwischen formalen Fertigkeiten, wie dem reinen Rechnen mit Formeln, und den korrekten begrifflichen Vorstellungen. Schüler können z.B. meist mit der Formel $F = ma$ ganz gut rechnen, doch obwohl die Beschleunigung a explizit in dieser Formel steht, haben sehr viele Schüler eine ganz andere Kraftvorstellung und denken etwa zuerst an eine Verknüpfung von Kraft und Geschwindigkeit.

Diese fertigen Formeln, die dann auch meist gemerkt werden, entstehen natürlich aus gelösten Differentialgleichungen bei bestimmten Randbedingungen. Allerdings werden die Gemeinsamkeiten dieser Formeln oft nicht sichtbar, da die dahinterstehenden Differentialgleichungen natürlich nicht im Unterricht behandelt werden können.

Durch grafische Modellbildungssysteme können nun Grundstrukturen sichtbar gemacht werden. Ein eingegebenes Wirkungsgefüge ist eigentlich nur die grafische Repräsentation einer Differentialgleichung, mit dem Vorteil, dass diese Gleichung nirgendwo steht und auch nicht gelöst werden muss. Es wird allerdings die physikalische Reflexion bei den Schülern stimuliert, da die fertige Formel ja zunächst nicht verfügbar ist. Als Beispiel soll die bei jeder Bewegung vorkommende Kette

$$F \quad a \quad \Delta v \quad v \quad \Delta x \quad x$$

dienen. Unterschiedliche Ergebnisse für verschiedene Vorgänge ergeben sich nur durch die Abhängigkeiten der Kraft F von den einzelnen anderen Zustandsgrößen. Bei konstantem F etwa erhalten wir die gleichmäßig beschleunigte Bewegung. Für eine dem Ort x proportional entgegenwirkende Kraft erhalten wir eine harmonische Schwingung und für eine Konstante Kraft plus eine quadratisch von der Geschwindigkeit abhängige Gegenkraft erhalten wir den gebremsten Fall mit Luftreibung. Es kann hier für den Schüler sehr interessant sein, dass die dahinterstehende Physik in allen Fällen fast gleich ist, und nur die Kraft sich jeweils unterscheidet.

Hier wäre dann z.B. im Unterricht Gruppenarbeit möglich: die Schüler könnten in kleinen Gruppen von der oben erwähnten „Basiskette“ ausgehen und nun versuchen, einfache Vorgänge durch korrekte Eingabe der Abhängigkeiten für die Kraft F als Modell zu realisieren. Im Buch von Schecker [5] steht dazu ein Zitat von Forrester: Dieser meint dass der Lehrer dafür als „guide“ oder „resource person“ zur Verfügung stehen soll, und nicht als

„authoritarian figure, who is dictating each step of the educational process“.

Der Lehrer wird natürlich durch die Verwendung grafischer Modellbildungssysteme im Unterricht fachlich und methodisch stärker gefordert. Er muss etwa auf spontane Lösungsansätze der Schüler reagieren können. Solche Lösungsansätze können von „falsch“ bis hin zu „genial“ sein, was der Lehrer erkennen muss. Wenn, wie oben erwähnt, Gruppenarbeit durchgeführt wird, so kann der Lehrer schnell an seine Grenzen stoßen, etwa wenn er fünf Gruppen zu betreuen hat, die u.U. auch noch mit jeweils verschiedenen Modellen arbeiten. Entlastet werden kann der Lehrer hier durch stärkere Einbeziehung fortgeschrittener Schüler, die helfen können. Schließlich muss der Lehrer sich mit dem verwendeten System auskennen und dieses wirklich bedienen können. Auch sollte gleich schon bei der Auswahl der verwendeten Software auf Benutzerfreundlichkeit geachtet werden, denn wenn der Großteil der erbrachten Leistung des Anwenders, sei es nun der Schüler bei Gruppenarbeiten oder der Lehrer bei der Vorführung, dafür nötig ist, das Programm zu bedienen, so ist kein wirklicher Vorteil in der Verwendung eines solchen Systems zu sehen.

Beim Schüler werden verschiedene Fähigkeiten gefördert, die bei traditionellem Physikunterricht leider oftmals kaum angesprochen wurden. Dies ist etwa die Fähigkeit zur Strukturierung fachlicher Zusammenhänge. Wenn diese Fähigkeit erworben wurde, kann bereits wirkliches Verständnis für die systemtheoretische Beschreibungsweise dynamischer Prozesse gefördert werden, da dann die Systemdynamik mit ihren Rückkopplungen, etc. bereits erkannt wird. Es wird dem Schüler also das Modelldenken beigebracht sowie auch die Fähigkeit zum Systemdenken, d.h. zum vernetzten Denken. Der Schüler erhält damit wichtiges Rüstzeug, um später besser wissenschaftlich arbeiten zu können.

1.3 Nachteile bisheriger Programme

Neben den eben dargelegten Vorteilen haben bisher verwendete Systeme leider auch noch gravierende Nachteile.

Zum einen bieten die meisten Programme nur einfache Graphen an, um das Simulationsergebnis darzustellen. Wenn der Lehrer aber gerne andere Darstellungen möchte, muss er die Werte abspeichern und mit einem anderen Programm weiterverarbeiten, etwa mit einer Tabellenkalkulation.

Weiterhin steht das Simulationsergebnis erst nach dem Ablauf der Simulation zur Verfügung. Dadurch ergeben sich gerade für den Unterricht wirkliche Einschränkungen:

- Der Benutzer kann während der Simulation nicht eingreifen, also z.B. durch Eingaben Spannungen verändern. Gerade diese Möglichkeit, interaktiv in den Ablauf einzugreifen, würde aber solche Simulationen für den Unterricht besonders interessant machen.
- Es ist keine Messung parallel zu einer Simulation durchführbar. Die einzige Möglichkeit, Messung und theoretisches Modell zu vergleichen, besteht darin, Messwerte und Modellwerte separat zu speichern und dann mit einem Tabellenkalkulationsprogramm die beiden Datensätze zu vergleichen. Dies ist eine unbefriedigende Alternative zu ei-

nem wirklich parallel ablaufenden Prozess. Allerdings scheitert die parallele Durchführung von Modell und Messung natürlich auch schon daran, dass keines der verfügbaren Programme Messungen überhaupt durchführen oder in Echtzeit Werte eines Mess-Programmes entgegennehmen kann.

- Es ist nicht möglich, schon während des Programmablaufes vorkommende Zustandsgrößen und deren Entwicklung direkt zu beobachten. Somit fällt leider die Möglichkeit weg, durch ikonische Repräsentationen von Zustandsgrößen (durch Vektorpfeile, Füllstände, Animationen mit Bildern, usw.) das System und dessen Verhalten während des Ablaufes der Simulation zu untersuchen. Die pure Auswertung eines Graphen ist im Vergleich dazu natürlich didaktisch nicht besonders wertvoll.

1.4 Wirkungsgefüge-Editor für PAKMA

Das am Lehrstuhl für Didaktik der Physik an der Universität Würzburg entwickelte PAKMA-System ist hier einen Schritt weiter und bietet dem Benutzer folgende Möglichkeiten:

- PAKMA arbeitet kernprogrammgesteuert, d.h. der Benutzer gibt mit Hilfe einer an Pascal angelehnten Programmiersprache genau ein, wie PAKMA arbeiten soll. Durch diese offene Struktur kann man fast beliebige Prozesse realisieren.
- Es ist eine schrittweise Abarbeitung des eingegebenen Kernprogramms möglich. Es ist also jederzeit möglich, den Ablauf zu unterbrechen, zu verlangsamen und wieder zu starten.
- Es wird eine ganze Anzahl von Animationselementen angeboten, mit Hilfe derer in Echtzeit während des Ablaufes des Kernprogramms Zustandsgrößen durch ikonische Repräsentation dargestellt werden können. Neben Pegelanzeigen, Vektorpfeilen und Breitpfeilen bietet PAKMA u.a. auch die Möglichkeit, Linien, Kreise und Rechtecke beliebig zu animieren. Somit kann der komplette Versuchsaufbau auch animiert auf dem Bildschirm dargestellt werden.
- PAKMA ist in der Lage Messwerte aufzunehmen und diese direkt weiterzuverarbeiten. Somit ist es ohne Probleme möglich, parallel zu einer Messung ein Modell ablaufen zu lassen und Modell und Messung wirklich in Echtzeit zu vergleichen.
- Eine ablaufende Messung kann jederzeit von PAKMA aus gesteuert werden, da PAKMA auch in der Lage ist, Schrittmotoren anzusteuern oder Relais zu schalten.
- Schließlich bietet PAKMA eine ganze Anzahl von interaktiven Elementen an: Neben der Reaktion auf Tasteneingaben kann der Benutzer direkt über Schieber, Schalter und Taster in den Simulationsablauf eingreifen.

Man sieht also, dass PAKMA den ganzen Beschränkungen von grafischen Modellbildungssystemen, die im vorigen Kapitel aufgezählt wurden nicht unterworfen ist. Bisher hatte PAKMA jedoch keine grafische Oberfläche für die Eingabe von dynamischen Systemen; vielmehr musste das zur Steuerung verwendete Kernprogramm selbst eingegeben werden.

Der Editor VisEdit ist zunächst wirklich nur ein Editor für Wirkungsgefüge. Es ist nicht möglich, mit VisEdit alleine eine Simulation ablaufen zu lassen. VisEdit ist schließlich als Zusatzprogramm für PAKMA gedacht und erzeugt aus den eingegebenen Wirkungsgefügen automatisch Kernprogramme für die Verwendung mit PAKMA. Dabei werden auch mehrere numerische Näherungsverfahren unterstützt.

Dadurch, dass VisEdit die Fähigkeiten von PAKMA wirklich unterstützen soll, war es unumgänglich, neben den bekannten drei Symbol-Typen Konstante, Funktionsgröße und Sammelgröße noch weitere Symbole einzuführen, und zwar

- für einzulesende Messwerte
- für auszugebende Steuerwerte
- Wertübernahmen und Auslöser für „intelligente“ oder interaktive Programme
- Veränderungsgrößen, die in etwa die Funktion einer Ableitung erfüllen. Diese sind nötig, da es auch möglich sein muss, gemessene Größen zu differenzieren.

VisEdit ist wahrscheinlich das erste Programm, das solche Veränderungsgrößen anbietet. Diese sind aber auch für reine Simulationen nicht nötig, sondern nur, wenn gemessene Werte verarbeitet werden sollen, da ein reines Modell durch eine Differentialgleichung darstellbar ist, die man auch integrativ (mit Sammelgrößen) eingeben kann.

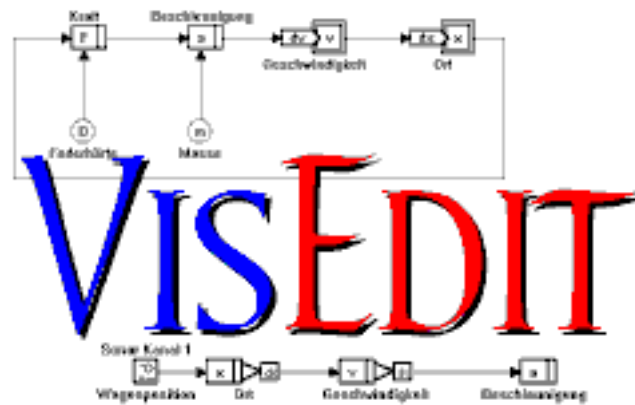
VisEdit arbeitet zeitgesteuert, d.h. es wird davon ausgegangen, dass die Zeit mit dem festen Namen t abläuft, wobei für jeden Zeitschritt dt dann die eingegebenen Berechnungen durchgeführt werden.

Momentan ist VisEdit noch ein eigenständiges Programm, das unabhängig von PAKMA läuft. Dies liegt daran, dass eine neue Version von PAKMA geplant ist, die mit einer anderen Programmiersprache geschrieben wird als die aktuelle Version. VisEdit ist auch schon mit dieser neuen Programmiersprache geschrieben und somit kann der Wirkungsgefüge-Editor in der neuen PAKMA-Version leicht integriert werden.

1.5 Die VisEdit-Symbolik

Jedes grafische Modellbildungssystem hat eine eigene Symbolik, so auch VisEdit. Wie im letzten Kapitel beschrieben, besitzt VisEdit aber auch deutlich mehr Symbole als andere Programme, weil viel mehr Möglichkeiten angeboten werden. Neben den „echten“ Symbolen (Konstante, Funktionsgröße, Sammelgröße und Veränderungsgröße), die wirklich Zustandsgrößen repräsentieren, gibt es in VisEdit noch Mess- und Steuer-Symbole sowie Wertübernahmen und Auslöser, die für die Zusammenarbeit des Programmes mit PAKMA nötig sind. Eigentlich gar kein wirkliches Symbol ist das Text-Symbol, welches allerdings genauso wie andere Symbole eingegeben wird und deshalb hier mit aufgeführt ist.

Eine detaillierte Erläuterung der Symbole finden Sie in der Bedienungsanleitung des Programmes in **Kapitel 2.3 Die Symbole und deren Eigenschaften**.



2 Bedienungsanleitung

Diese Bedienungsanleitung ist in mehrere Teile gegliedert, um Ihnen einen schnellen Einstieg in die Materie zu erleichtern.

Im **Kapitel 2.1 Überblick über das Programm** werden Ihnen ohne auf Details einzugehen die wichtigsten Funktionen und Fähigkeiten des Programms sowie die am häufigsten auftretenden Arbeitsschritte vorgestellt.

Im **Kapitel 2.2 Bedienungs-Referenz** können Sie nachschlagen, wenn Sie zu einer bestimmten Funktion oder zu einem bestimmten Dialogfenster genaue Erklärungen benötigen. Dieses Kapitel ist weniger zum Lesen gedacht, sondern eher als Enzyklopädie.

Das **Kapitel 2.3 Die Symbole und deren Eigenschaften** enthält neben der detaillierten Beschreibung des Verhaltens der Symbole im Wirkungsgefüge auch die Erklärungen für die Eigenschafts-Dialoge, mit Hilfe derer die speziellen Einstellungen für die einzelnen Symbole festgelegt werden.

Kapitel 2.4 Eingabe-Beispiele sei den Benutzern nahegelegt, die gerne direkt durch Arbeiten mit dem Programm dessen Bedienung lernen wollen.

Weiterhin bietet **Kapitel 2.5 Glossar** eine Art Fremdwörterlexikon. Wenn Ihnen also ein Begriff unklar ist, können Sie dort nachschlagen.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, dass zu allen Dialogfenstern und zu den wichtigsten Funktionen ausführliche Erklärungen in der **Online-Hilfe** vorhanden sind, die Sie jederzeit aufrufen können, indem Sie die Taste F1 drücken, während VisEdit ausgeführt wird.

2.1 Überblick über das Programm

Dieses Kapitel erfüllt nun die Funktion eines einfachen Tutorials. Es soll also ein schneller Überblick über die wichtigsten Programmfunktionen gegeben werden, ohne jedes Detail zu erklären. Thema dieses Abschnittes soll es vielmehr sein, die im nächsten Kapitel genau erklärten Funktionen in ein Gerüst zu packen, so dass der Benutzer das Programm so effektiv und schnell wie möglich bedienen lernen kann.

VisEdit bietet Ihnen nun eine Oberfläche, bei der darauf geachtet wurde, dass keine unlogischen und wenig gebräuchlichen Eingabeelemente vorkommen. Dies hat den Vorteil, dass ein versierter Windows-Benutzer das Programm intuitiv schon richtig bedient.

Das Programm besteht vom Standpunkt der Präsentation aus gesehen aus zwei Teilen: Der Wirkungsgefüge-Editor bietet Ihnen die Möglichkeit, dynamische Systeme in der Form von Wirkungsgefügen einzugeben sowie Kernprogramme für PAKMA automatisch zu erstellen. Die Kernprogramm-Ansicht schließlich ist nur für die Benutzer wichtig, die PAKMA nicht auf ihrem System installiert haben oder ausschließlich am Kernprogramm interessiert sind. Zwischen den beiden VisEdit-Teilen wechseln Sie einfach mit der Taste F6.

2.1.1 Der Wirkungsgefüge-Editor

Überblick:

Wenn Sie VisEdit starten, befinden Sie sich automatisch in dieser Ansicht. Unter dem Windows-typischen Hauptmenü befindet sich die Symbolleiste. Am unteren Ende des Fensters sitzt die Statusleiste, in der während der Laufzeit des Programmes immer wieder verschiedene Anweisungen und Nachrichten an den Benutzer angezeigt werden, wie man dies von Windows-Programmen gewohnt ist. Die weiße Fläche in der Mitte ist Ihre Arbeitsfläche, auf der Sie Ihr Wirkungsgefüge eingeben können. Das VisEdit-Fenster ist in seiner Größe veränderbar, und Ihre Arbeitsfläche können Sie mit dem rechts und dem unten befindlichen Scrollbalken verschieben. Direkt nach dem Start bietet Ihnen VisEdit eine freie Arbeitsfläche an und befindet sich im Bearbeitungsmodus.

Verändern der Optionen des Editors:

Wenn Sie aus dem Hauptmenü *Optionen-Editor* wählen, gelangen Sie in das in **Kapitel 2.2.4 Die Editor-Optionen** beschriebene Dialog-Fenster. Dort können Sie bei Bedarf Rastereinstellungen, Schriftarten und Symbolgrößen verändern. Dieses Dialog-Fenster und die Raster-Einstellungen erhalten Sie auch durch Betätigen der rechten Maustaste auf einer freien Stelle der Arbeitsfläche. Zu den verschiedenen PopUp-Menüs können Sie in **Kapitel 2.2.2 Die PopUp-Menüs** nachlesen.

Das Setzen von Symbolen:

Im Bearbeitungsmodus können wir keine Symbole setzen, denn VisEdit weiß natürlich nicht, welches Symbol wir setzen möchten. Daher wählen wir in der Symbolleiste, die in **Kapitel 2.2.3 Die Symbolleiste** ausführlicher beschrieben wird, das gewünschte Symbol aus. Jedesmal wenn wir nun auf die Arbeitsfläche klicken, wird ein Symbol des gewünschten Typs gesetzt. Um wieder in den Bearbeitungsmodus zu gelangen, können Sie die rechte Maustaste betätigen oder in der Symbolleiste den Pfeil anwählen. Wenn Sie ein anderes Symbol setzen wollen, wählen Sie dieses in der Symbolleiste aus.

Das Setzen von Pfeilen:

Ein dynamisches System besteht nicht aus Zustandsgrößen, welche durch Symbole veranschaulicht werden, sondern auch aus deren Beziehungen untereinander. Diese Beziehungen werden durch Pfeile dargestellt, wobei die Pfeilrichtung aussagt, welche Zustandsgröße auf die andere wirkt. Wenn Sie einen Pfeil setzen wollen, wählen Sie in der Symbolleiste das Wirkungspfeil-Symbol aus. Pfeile beginnen immer auf Symbolen und enden auf solchen. Sie müssen also vor der Pfeilsetzung die Symbole gesetzt haben. Um das einzu-gebende Wirkungsgefüge übersichtlicher zu gestalten, bietet VisEdit die Möglichkeit, nicht nur gerade Pfeile zu malen, sondern auch während der Pfeilsetzung Ecken anzugeben, die dann in der eingegebenen Reihenfolge durch einen Polygonzug verbunden werden.

Editieren von einmal gesetzten Symbolen:

Jedes gesetzte Symbol kann natürlich noch editiert werden. Dazu klicken Sie das Symbol an, das Sie verändern wollen. Es wird nun in blauer Farbe auf dem Bildschirm dargestellt, was für Sie signalisieren soll, dass dieses Symbol markiert ist. Wenn Sie mehrere Symbole gleichzeitig markieren wollen, so haben Sie die Möglichkeit die gewünschten Symbole bei gedrückter Strg-Taste anzuklicken oder einen Windows-üblichen Markierungsrahmen um die Objekte zu ziehen. Wenn Sie alle Symbole markieren möchten, so bewerkstelligen Sie dies im Hauptmenü durch *Bearbeiten-Alles auswählen*.

Für die markierten Symbole stehen Ihnen dann folgende Möglichkeiten zur Verfügung: Sie können alle markierten Symbole löschen (mit der Taste Entf oder über das Hauptmenü per *Bearbeiten-Löschen*). Wenn Sie die rechte Maustaste auf einem der markierten Objekte betätigen erhalten Sie ein spezielles PopUp-Menü, in dem Sie auch die Größe der markierten Objekte ändern können. Markierte Symbole können Sie durch Ziehen mit der Maus bewegen, wobei die Pfeil-Anfänge und Pfeil-Spitzen mitbewegt werden. Markierte Pfeile werden natürlich inklusive ihrer Eckpunkte korrekt mitbewegt.

Wenn Sie nur ein Symbol markiert haben, so gelangen Sie über das durch den obligatorischen Rechtsklick erreichbare PopUp-Menü zu den Symboleinstellungen. Dasselbe Ziel erreichen Sie, indem Sie ein Symbol doppelklicken.

Wenn sie einen Pfeil mit der rechten Maustaste anklicken, gelangen Sie in das Pfeil-PopUp-Menü. So können Sie Eckpunkte einfügen oder löschen, sowie die Pfeildicke verändern.

Die Symboleigenschaften:

Jedes Symbol verfügt über ein eigenes Dialog-Fenster, in dem Sie diverse Eigenschaften verändern können. Diese Dialog-Fenster werden in **Kapitel 2.2.6 Die Symbol-Eigenschafts-Dialoge** genauer beschrieben. Nicht jedes Symbol hat die selben Eigenschaften wie ein anderes (etwa muss ein Konstanten-Symbol keine Formel speichern können, im Gegensatz zum Funktionsgrößen-Symbol), aber man kann in diesen Dialog doch immer die Beschreibung des Symbols, die Anordnung der Beschriftung und die Symbol-Größe

ändern. Bei Bedarf werden Name, Formel, Startwert, Mess- und Steuereinstellungen sowie Bedingungen eingegeben.

Laden und Speichern:

Jetzt ist der richtige Zeitpunkt gekommen, das erzeugte Wirkungsgefüge zu sichern, damit es später wiederverwendet werden kann. Dazu wählen Sie im Hauptmenü *Datei-Speichern* oder *Datei-Speichern unter*. Jedes so gespeicherte Wirkungsgefüge können Sie später wieder per *Datei-Laden* einladen und weiterbearbeiten.

Wenn Sie nur das Bild auf dem Bildschirm speichern möchten, so können Sie dieses im Hauptmenü durch *Datei-als Bitmap exportieren* erledigen. Achtung: Ein so gespeichertes Bild können Sie nicht wieder in VisEdit einladen!

Vorbereiten der Erzeugung eines Kernprogramms:

Zunächst muss ein konsistentes Wirkungsgefüge eingegeben sein, bevor ein Kernprogramm erzeugt werden kann. Wenn alle Eingaben korrekt sind, werden die Symbole, die in PAKMA ausgegeben werden, in schwarz und die anderen in grau angezeigt. Sollte ein Symbol in roter Farbe angezeigt werden, so ist dieses Symbol ungültig. Gründe dafür können sein, dass noch Eingaben fehlen, Pfeile vergessen wurden, zweifelhafte Eingaben für Werte vorliegen oder im schlimmsten Fall Zeitkonsistenzfehler vorliegen. Diese Fehler sind in VisEdit in zwei Kategorien unterteilt, und zwar in Warnungen, die nur angezeigt werden, sowie in kritische Fehler, die eine Kernprogrammerzeugung unmöglich machen. Für nähere Informationen hierzu lesen Sie in der Zulassungsarbeit von Wolfgang Cimander [1] nach.

Wenn das Wirkungsgefüge nun keine kritischen Fehler mehr enthält, sollte im Hauptmenü *Optionen-Kernprogrammerzeugung* gewählt werden, um das im **Kapitel 2.2.5 Die Kernprogramm-Optionen** beschriebene Dialog-Fenster zu öffnen. Darin werden die numerischen Näherungsverfahren für die Differentiation und die Integration, die Zeitsteuerung und verschiedene kleinere Details eingestellt. Die Zeitsteuerung ist hier wohl der wichtigste Punkt: Sie sollten Startzeit, Zeitschritt und Abbruchzeit, bzw. Abbruchbedingung eingeben. Dies steuert maßgeblich das Verhalten des zu erzeugenden Kernprogrammes. Der eigentliche Prozess der Kernprogramm-Erzeugung wird in der Zulassungsarbeit von Wolfgang Cimander [1] beschrieben.

Die Kernprogramm-Erzeugung:

Ein PAKMA-Kernprogramm erzeugen Sie, indem Sie im Hauptmenü *Kernprogramm-Erzeugen* wählen. Wenn Sie noch einige Informationen über etwaige Fehler und die Länge des Kernprogramms wünschen, so wählen Sie im Hauptmenü *Kernprogramm-Erzeugen mit Informationen*. Nach erfolgreicher Erzeugung des Kernprogramms hängt es vom augenblicklichen Zustand Ihres Systems ab, was weiter passiert.

Wenn parallel zu VisEdit auch noch PAKMA läuft, so wird das Kernprogramm automatisch an PAKMA übergeben. Wenn in den Optionen zur Kernprogrammerzeugung das

Kästchen *PAKMA-Startwerte übernehmen* markiert ist, werden die Startwerte für die Konstanten und Sammelgrößen auch von PAKMA übernommen. Wenn der Programm-Editor von PAKMA nicht geöffnet ist, wechselt das System automatisch zu PAKMA über und Sie können Ihr frisch erzeugtes Kernprogramm in PAKMA verwenden. Ist der Programm-Editor von PAKMA geöffnet, so müssen Sie mit Alt-TAB zu PAKMA wechseln.

Wenn PAKMA nicht im Hintergrund läuft, wird das Kernprogramm im temporären PAKMA-Verzeichnis gespeichert. Sie können dann mit PAKMA das zuletzt erzeugte Kernprogramm laden, indem Sie im Menü *Externes Kernprogramm übernehmen* auswählen.

Wenn gar kein PAKMA installiert ist, wird das Kernprogramm unter dem Namen *vise-dit.txt* auf der Festplatte C im Rootverzeichnis gespeichert.

2.1.2 Die Kernprogramm-Ansicht

Der zweite VisEdit-Teil bietet Ihnen zunächst die Möglichkeit, das erzeugte Kernprogramm zu betrachten. Sie können den Kernprogramm-Text in einer Datei abspeichern und somit in jedes Windows-Textverarbeitungsprogramm wieder einladen. Auch eine Übergabe des Programm-Textes an die Zwischenablage ist möglich.

Sie können den Programm-Text selbstverständlich auch von Hand verändern, aber beachten Sie dabei folgende Punkte: Auf der einen Seite müssen Sie das veränderte Kernprogramm selbst über die Zwischenablage an PAKMA übergeben. Änderungen werden also nicht automatisch übernommen, und auch die Startwerte werden nicht automatisch neu übergeben. Andererseits gehen von Ihnen gemachte Änderungen natürlich wieder verloren, wenn Sie aus dem eingegebenen Wirkungsgefüge wieder ein Kernprogramm erzeugen lassen, denn es ist nicht möglich, aus Programm-Text ein Wirkungsgefüge zu erzeugen. Überlegen Sie sich also, ob Sie Änderungen wirklich selbst vornehmen müssen, oder ob es nicht möglich ist, dies in das Wirkungsgefüge zu integrieren, so dass die „Automatik“ alles übernehmen kann.

2.1.3 Effektives Arbeiten mit VisEdit

Dafür gibt es kein Geheimrezept, außer natürlich der bekannten Weisheit, dass Übung den Meister macht. Ich würde empfehlen, nach diesem Kurzüberblick in **Kapitel 2.4 Eingabe-Beispiele** weiterzuarbeiten und vor allem dort einen Blick auf die Checkliste zur Eingabe von Wirkungsgefügen zu werfen. Anwendungen mit PAKMA finden Sie in **Kapitel 3: Anwendungen**.

Optimal wäre für etwas versiertere Benutzer natürlich dann die Eingabe eines eigenen Beispiels, was den Zeitaufwand für die Einarbeitung deutlich verringern kann. Sie können **Kapitel 2.2 Bedienungs-Referenz** sowie **Kapitel 2.3 Die VisEdit-Symbole und deren Eigenschaften** dabei jederzeit als Nachschlagewerk verwenden. Außerdem möchte ich hier nochmals Werbung für die **Online-Hilfe** von VisEdit (Taste F1) machen; diese hat mir relativ viel Arbeit bei der Erstellung gemacht und es wäre schade, wenn sie nicht genutzt würde, da gerade zu den Dialogfenstern sehr ausführliche Informationen enthalten sind.

2.2 Bedienungs-Referenz

2.2.1 Die Menüs

VisEdit enthält zwei separate Menüs, und zwar eines für den Wirkungsgefüge-Editor und eines für die Kernprogramm-Ansicht.

Das Menü des Wirkungsgefüge-Editors:

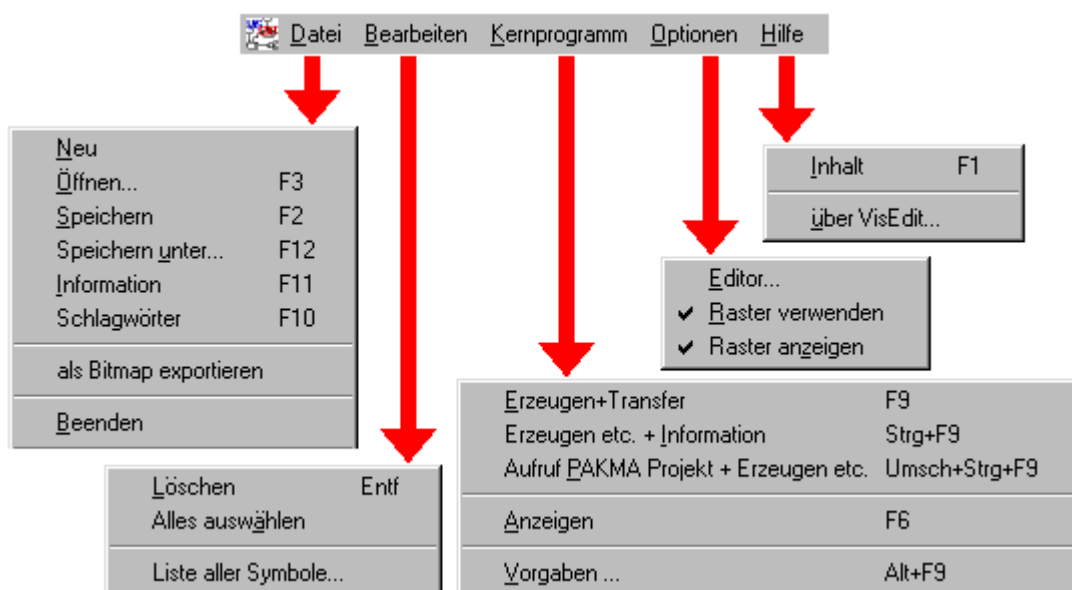


Abb. 2-1: Das Hauptmenü des Wirkungsgefüge-Editors

Datei-

Neu:

Dieser Befehl schließt das aktuelle Wirkungsgefüge und Sie können danach auf einer freien Arbeitsfläche ein neues Wirkungsgefüge eingeben. Die Einstellungen bei den Optionen bleiben allerdings erhalten. Wenn Sie VisEdit starten, brauchen Sie nicht Datei-Neu zu wählen, denn beim Programmstart erhalten Sie automatisch eine freie Arbeitsfläche mit einem neuen Wirkungsgefüge.

Öffnen...:

Hiermit können Sie ein zuvor mit VisEdit gespeichertes Wirkungsgefüge laden und dann damit weiterarbeiten. Dabei werden auch die Einstellungen bei den Optionen mitgeladen.

Speichern:

Wählen Sie diesen Befehl, um das Wirkungsgefüge auf Diskette oder Festplatte zu speichern. Wenn Sie noch keinen Dateinamen gewählt haben (bei neuen Wirkungsgefügen), wird VisEdit Sie nach einem Dateinamen fragen.

Speichern unter...:

Wenn Sie Ihr Wirkungsgefüge unter einem anderen als dem in der Titelleiste angezeigten Namen speichern möchten, so wählen Sie diesen Befehl. VisEdit wird Sie nach dem neuen Dateinamen fragen.

Information:

Zeigt Informationen zum Projekt an: Autor, Bemerkungen, Erstelldatum, Änderungsdatum.

Schlagwörter:

Ermöglicht die Eingabe von Schlagwörtern. In der Windows-Suche können Sie mehrere Projekte nach einzelnen Schlagwörtern durchsuchen lassen (Start -> Suchen -> Dateien/Ordner, Register Weitere Optionen, Feld Enthaltener Text).

als Bitmap exportieren:

Mit diesem Befehl weisen Sie VisEdit an, das Wirkungsgefüge so, wie es auf dem Bildschirm erscheint, im **BMP**-Format als Bild abzuspeichern. Dabei wählt VisEdit automatisch einen Bereich richtiger Größe aus, in dem alle Symbole liegen. Beachten Sie, dass wirklich der Bildschirminhalt abgespeichert wird. Wenn also noch Symbole markiert sind oder das Raster angezeigt wird, so werden Sie dies auf dem abgespeicherten Bild genauso sehen können.

Achtung: Es genügt *nicht*, das Wirkungsgefüge als Bitmap zu sichern, wenn Sie dieses etwa mit PAKMA weiterverwenden wollen. Die Bitmap können Sie lediglich für Dokumente, Präsentationen, etc. als Schaubild weiterverwenden. VisEdit kann die Bitmaps *nicht* wieder laden und in ein Wirkungsgefüge verwandeln. Sie sollten also Ihre Wirkungsgefüge *immer* mit dem Befehl Speichern im VisEdit-eigenen Dateiformat **VED** abspeichern.

Beenden:

Hiermit beenden Sie das Programm. VisEdit überprüft, ob Sie Ihr Wirkungsgefüge gespeichert haben und fragt gegebenenfalls nach, ob Sie dies nachholen möchten. Es findet allerdings keine Überprüfung statt, ob ein eventuell verändertes Kernprogramm gesichert wurde.

Bearbeiten-**Löschen:**

Wählen Sie diesen Befehl, wenn Sie die momentan markierten Objekte löschen wollen.

Alles auswählen:

Alle gesetzten Objekte werden markiert.

Liste aller Symbole...:

Es wird eine nicht editierbare Liste aller gesetzten Symbole angezeigt. Anhand dieser Liste können Sie schnell sehen, wo noch Veränderungen vorgenommen oder ungültige Symbole korrigiert werden müssen. Diese Liste können Sie auch als Text abspeichern.

Kernprogramm-**Erzeugen+Transfer:**

Dies startet die Kernprogrammerzeugung mit den eingestellten Vorgaben (siehe unten). Wenn diese ohne Fehler möglich ist, werden Sie keinerlei Bestätigung erhalten - anders gesagt, Sie verlieren keine Zeit durch überflüssige Mausklicks. Wenn PAKMA im Hintergrund läuft, wird das Kernprogramm direkt an PAKMA übergeben, und Sie können dort weiterarbeiten.

Erzeugen etc. + Information:

Dies startet ebenfalls die Kernprogrammerzeugung. Es erscheint ein Fenster, in dem alle Fehler angezeigt werden (oder - besser noch - keine Fehlermeldungen stehen).

Aufruf PAKMA Projekt + Erzeugen etc.:

Gibt es ein PAKMA-Projekt, dessen Dateiname gleich dem des aktuellen VisEdit Projekts ist und das im selben Verzeichnis liegt, so wird PAKMA mit diesem Projekt gestartet und das Kernprogramm wird anschließend übertragen. Optionen-

Anzeigen:

Dieser Programmpunkt, der auch mit der Taste F6 anwählbar ist, wechselt zur Kernprogramm-Ansicht von VisEdit. Um wieder in die Editier-Ansicht zurückzuschalten, wählen Sie Editor im Kernprogramm-Menü oder drücken Sie nochmals die Taste F6.

Vorgaben:

Dies öffnet ein Dialogfenster, in dem Sie Einstellungen des Moduls zur Kernprogrammerzeugung verändern können. (Abb. 2-2):

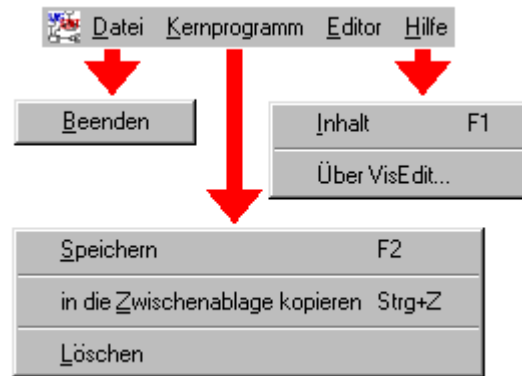


Abb 2-2: Die Optionen zur Kernprogramm-Erzeugung

Sie können hier nun eine ganze Reihe von Einstellungen vornehmen, um ein Kernprogramm nach Ihrem Wünschen zu erzeugen:

Integrationsverfahren:

Für die Integration bietet Ihnen VisEdit drei verschiedene numerische Näherungsverfahren an. Wählen Sie das gewünschte Verfahren aus. Technische Informationen zu den einzelnen Verfahren finden Sie in der Zulassungsarbeit von Wolfgang Cimander [1]. Einen Vergleich der einzelnen Verfahren können Sie in **Kapitel 3.1 Vergleich der Integrationsverfahren beim Modell des harmonischen Oszillators** nachlesen.

Differentiationsverfahren:

Hier bietet Ihnen VisEdit zwei Verfahren zur Auswahl an. Für technische Informationen möchte ich wieder auf die Zulassungsarbeit von Wolfgang Cimander [1] verweisen. Dort finden Sie auch ein Beispiel.

Zeiteinstellungen:

Da das erzeugte Kernprogramm zeitgesteuert abläuft, müssen Sie die **Startzeit** t_0 sowie den **Zeitschritt** dt eingeben.

Normalerweise kann man die Zeit bei $t_0=0$ starten lassen, aber man kann sich Beispiele überlegen, wo die Zeit explizit in Formeln eingeht und so eine Anpassung möglich sein muss.

Durch Verkleinern des Zeitschrittes erreicht man i.a., dass die Ergebnisse besser und genauer werden. Allerdings verringert sich dadurch auch die Ausführungsgeschwindigkeit des Programms. Besonders relevant ist der Zeitschritt, wenn Messungen durchgeführt werden sollen. Hier gibt die Mess-Hardware die Grenzen vor, denn der Zeitschritt dt ist auch die Messzeit.

Abbruchbedingung:

Sie können hier auswählen, ob das Programm abbricht, nachdem t einen gewissen Wert **tEnde** erreicht hat oder ob eine bestimmte **Bedingung** für den Abbruch des Programms gegeben sein muss. Wenn Sie nun z.B. einfach 60 Sekunden lang messen wollen, so verwenden Sie die erste Methode. Die zwei-

te Methode benötigen Sie etwa, wenn Sie solange messen wollen, bis eine Spannung einen bestimmten Wert übersteigt.

Allgemeine Einstellungen:

Wenn Sie Wert auf ein lesbares und übersichtliches Kernprogramm legen, sollten Sie VisEdit anweisen, **Kommentare** einzufügen. Dadurch wird das Kernprogramm natürlich auch etwas länger.

Wenn Sie möchten, dass PAKMA die Konstanten-Werte, die Startwerte für die Sammelgrößen sowie die Anfangs- und Endzeit und den Zeitschritt als Startwerte für die PAKMA-interne Liste übergeben werden, so markieren Sie den Eintrag. Dies führt zusätzlich dazu, dass vor der Schleife im Programm der PAKMA-Befehl `startwerte;` eingefügt wird. Für die meisten Anwendungen sollten Sie diese Einstellungen aktiviert lassen.

Zusätzliche Einstellungen:

Wenn Sie ein Zählrad verwenden, bestimmen Sie bekanntlich selbst, ob Rückwärtsdrehungen des Rades negativ gerechnet werden sollen oder nicht. Für **Messungen in beide Richtungen** markieren Sie bitte den Eintrag. Dies resultiert darin, dass der PAKMA-Befehl `vor_rueck;` dem Programm hinzugefügt wird. Standardmäßig ist dieses Feld markiert; wenn Sie also eine normale Zählradmessung (etwa für die Position eines Gleiters auf der Luftkissenfahrbahn) vornehmen wollen, müssen Sie nichts verändern.

Bei Verwendung eines sehr kleinen Zeitschritts zum Erreichen einer großen Genauigkeit möchte man meistens nicht jeden Wert ausgeben, sondern nur z.B. jeden zehnten. Sie können hier eingeben, **alle wieviel Zeitschritte** die Ausgabe erfolgen soll. Benutzen Sie diese Funktion *unbedingt* bei kleinen Zeitschritten! Zum einen nämlich läuft Ihr Programm dann in PAKMA wesentlich schneller ab, andererseits wird auch nach dem Programmablauf PAKMA sehr langsam werden, wenn sehr viele Werte verarbeitet und wiederholt in Graphen gezeichnet werden müssen.

Optionen-

Editor...:

Hiermit öffnen Sie den Dialog, in dem Sie Einstellungen zum Editor vornehmen können. Dieser Dialog wird detailliert im **Kapitel 2.2.4 Die Editor-Optionen** erklärt.

Raster verwenden:

Diese häufig benötigte Einstellung der Editor-Optionen hat hier im Menü einen eigenen Schalter. Für Erklärungen zum Raster lesen Sie bitte in **Kapitel 2.2.4 Die Editor-Optionen** nach.

Raster anzeigen:

Auch zu diesem Schalter finden Sie im **Kapitel 2.2.4 Die Editor-Optionen**

detaillierte Informationen.

Kernprogrammerzeugung:

Es wird der Dialog für die Kernprogramm-Einstellungen geöffnet. Die Erklärungen zu diesem Dialog finden Sie im **Kapitel 2.2.5 Die Kernprogramm-Optionen**.

Hilfe-

Inhalt:

Mit diesem Befehl gelangen Sie in die Online-Hilfe von VisEdit. Sie sehen das Inhaltsverzeichnis der Hilfe und können sich von dort weiterklicken.

Über VisEdit...:

Hier erhalten Sie einige kurze Informationen über das Programm.

Das Menü der Kernprogramm-Ansicht:

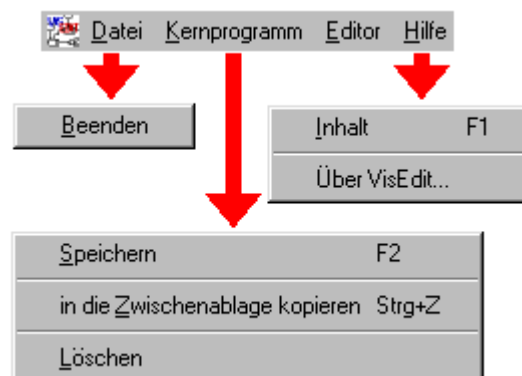


Abb. 2-2: Das Hauptmenü der Kernprogramm-Ansicht

Datei-

Beenden:

Hiermit beenden Sie das Programm (und nicht nur die Kernprogramman-sicht). VisEdit überprüft, ob Sie Ihr Wirkungsgefüge gespeichert haben und fragt gegebenenfalls nach, ob Sie dies nachholen möchten. Es findet auch hier keine Überprüfung statt, ob ein eventuell verändertes Kernprogramm gesichert wurde.

Kernprogramm-

Speichern:

Das angezeigte Kernprogramm wird in eine Datei als Windows-ASCII-Text gespeichert. Diese Datei kann dann mit jedem Windows-Textverarbeitungsprogramm weiterverarbeitet werden.

in die Zwischenablage kopieren:

Das angezeigte Kernprogramm wird komplett in die Zwischenablage kopiert. So können Sie ohne den Umweg über eine Datei den Kernprogrammtext in

ein anderes Programm übertragen, etwa zu StarWriter, Word oder zu PAK-MA.

Löschen:

Das angezeigte Kernprogramm wird gelöscht. Sie sollten vor diesem Aufruf speichern, wenn Sie das Kernprogramm weiterverwenden wollen.

Der Befehl Editor:

Dieser Programmpunkt, der auch mit der Taste F6 anwählbar ist, wechselt zum Wirkungsgefüge-Editor von VisEdit. Um wieder in die Kernprogramm-Ansicht zurückzuschalten wählen Sie Kernprogramm-Betrachten im Menü des Wirkungsgefüge-Editors oder drücken Sie nochmals die Taste F6.

Hilfe-Menü

Inhalt:

Mit diesem Befehl gelangen Sie in die Online-Hilfe von VisEdit. Sie sehen das Inhaltsverzeichnis der Hilfe und können sich von dort weiterklicken.

Über VisEdit:

Hier erhalten Sie einige kurze Informationen über das Programm.

2.2.2 Die PopUp-Menüs

Je nach Position des Mauszeigers erhalten Sie bei einem Rechtsklick in VisEdit eines der fünf PopUp-Menüs. Diese seien hier kurz beschrieben.

Das Editor-PopUp-Menü (Abb. 2-3):

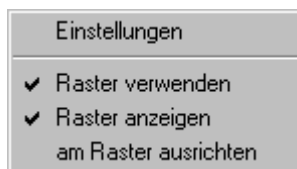


Abb. 2-3: Editor-PopUp-Menü

Der Punkt *Einstellungen* öffnet den in Kapitel 2.2.4 beschriebenen Dialog zur Einstellung der Editor-Optionen. Die *Raster-Einstellungen* sind ebenfalls in dem erwähnten Kapitel erklärt und sind hier vorhanden, weil sie häufig benötigt werden und man so einen schnelleren Zugriff darauf hat.

Das Symbol-PopUp-Menü (Abb. 2-4):

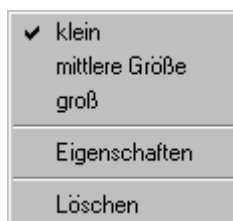


Abb. 2-4: Symbol-PopUp-Menü

Hier können Sie direkt die *Größe des Symbols* setzen oder den *Eigenschaften-Dialog* des Symbols öffnen, um die gewünschten Einstellungen an dem Symbol vorzunehmen. Sie können das angewählte Symbol auch *löschen*.

Das PopUp-Menü für mehrere markierte Symbole (Abb. 2-5):

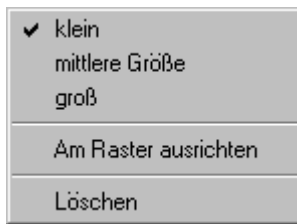


Abb. 2-5: PopUp-Menü für mehrere markierte Symbole

Wenn mehrere Symbole markiert wurden, erscheint dieses PopUp-Menü. Sie können die *Symbol-Größe* einstellen sowie die markierten Symbole *löschen*. Zusätzlich wird die Möglichkeit geboten, die markierten Symbole *am Raster auszurichten* (wenn dieses eingeschaltet ist).

Das Text-Symbol-PopUp-Menü (Abb. 2-6):



Abb. 2-6: Text-Symbol-PopUp-Menü

Für das etwas aus der Reihe fallende, lediglich der Verschönerung und Verdeutlichung des Wirkungsgefüges dienende Text-Symbol gibt es ein eigenes PopUp-Menü. Sie gelangen von dort in den *Eigenschaften-Dialog* des Symbols und können direkt die *Attribute* der Schrift verändern, wie von Textverarbeitungsprogrammen bekannt. Auch dieses Symbol können Sie natürlich über sein PopUp-Menü *löschen*.

Das Pfeil-PopUp-Menü (Abb. 2-7):

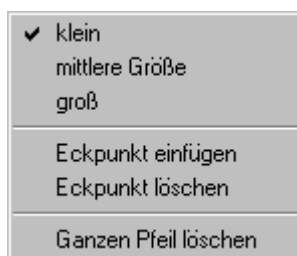


Abb. 2-7: Pfeil-PopUp-Menü

Schließlich gibt es auch noch ein eigenes PopUp-Menü für Pfeile. Sie können die *Größe* (also die Pfeildicke) verändern. Es besteht dann die Möglichkeit *Eckpunkte einfügen* oder zu *löschen*. Im einen Fall wird der neue Eckpunkt an der Position des Mausklicks eingefügt, während im anderen Fall der dem Mausklick nächste Eckpunkt gelöscht wird. Sie haben auch die Möglichkeit, den *ganzen Pfeil* zu *löschen*.

2.2.3 Die Symbolleiste

Im Wirkungsgefüge-Editor befindet sich unter dem Hauptmenü die Symbolleiste:

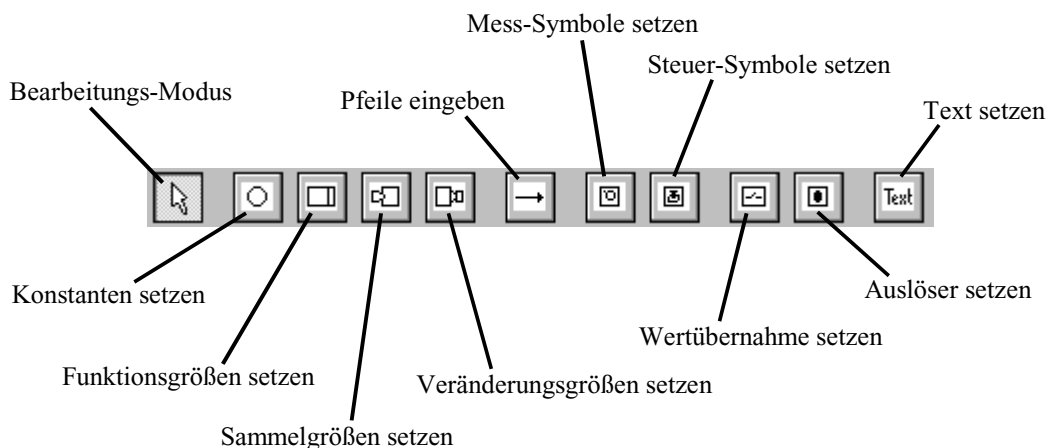


Abb. 2-8: Die Symbolleiste

Darin sehen Sie elf Schalter, von denen immer nur einer gedrückt ist. Dieser Schalter bestimmt, welche Aktion VisEdit ausführt, wenn Sie mit der Maus auf die Arbeitsfläche klicken:

Bearbeitungs-Modus:

In diesem Modus können Sie Symbole bearbeiten: Anklicken mit der Maus markiert bzw. entmarkiert das Symbol; es besteht auch die Möglichkeit, einen Markierungsrahmen zu ziehen, um mehrere Symbole auf einmal zu markieren. Klicken Sie ein Symbol an und halten Sie die linke Maustaste gedrückt, so können Sie das Symbol bewegen, indem Sie die Maus bewegen. Ein Rechtsklick öffnet das PopUp-Menü des Symbols (siehe vorheriges Kapitel) und ein Doppelklick bringt Sie direkt zum Eigenschafts-Menü des Symbols. In diesem Modus können Sie auch markierte Symbole löschen.

Symbolsetzungs-Modus:

Dies ist für alle neun Symbole gleich. Sie setzen mit der linken Maustaste Symbole vom gewünschten Typ. Wenn Sie die rechte Maustaste betätigen, gelangen Sie in den Bearbeitungs-Modus zurück. Beachten Sie auch die Information in der Statusleiste.

Pfeilsetzungsmodus:

Um Beziehungen zwischen den einzelnen Symbolen zu verdeutlichen, werden diese durch Pfeile miteinander verbunden. Beachten Sie, dass die Pfeilrichtung bei der Pfeilsetzung festgelegt wird und nachträglich nicht geändert werden kann.

Klicken Sie auf das Symbol, an dem der Pfeil starten soll. Sie können nun gleich auf das Ziel-Symbol klicken, oder erst auf die freie Arbeitsfläche, um Eckpunkte für den Pfeil einzugeben. Sie haben die Möglichkeit, diese Eckpunkte später zu löschen, neue einzugeben und natürlich zu verschieben. Wenn Sie die rechte Maustaste betätigen, wird die aktuelle Pfeilsetzung abgebrochen. Wird gerade kein Pfeil gesetzt, so gelangen Sie durch einen Rechtsklick in den Bearbeitungs-Modus. Auch hier finden Sie eine kleine Hilfe in der Statuszeile.

2.2.4 Die Editor-Optionen

Wenn Sie im Wirkungsgefüge-Editor im Menü Optionen-Editor wählen, sehen Sie folgendes Dialogfenster (Abb.2-9):

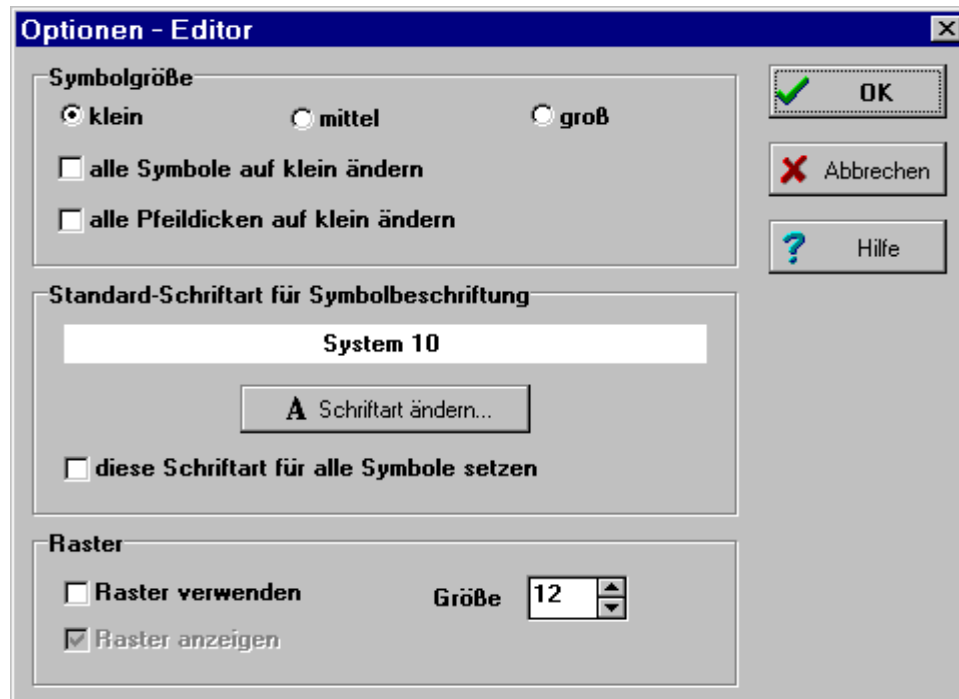


Abb. 2-9: Der Editor-Optionen-Dialog

Im folgenden wird erläutert, welche Auswirkungen die einzelnen Einstellungen haben:

Symbolgröße

Hier bestimmen Sie, in welcher Größe neu zu setzende Symbole erzeugt werden. Dies wirkt sich auch auf die Dicke neuer Pfeile aus.

Wenn Sie die entsprechenden Einträge markieren, werden beim Schließen des Dialogfensters **alle Symbole** bzw. **alle Pfeile** auf die eingestellte Größe bzw. Dicke **geändert**. Diese Funktion kann sehr sinnvoll sein, wenn etwa ein Wirkungsgefüge, das auf einem System mit hochauflösendem Monitor mit großen Symbolen erzeugt wurde, auf einem niedrigauflösenden Monitor oder etwa auf einem Laptop dargestellt werden soll. Auch die andere Richtung ist selbstverständlich denkbar, wenn man mehr Übersicht und größere Symbole möchte.

Sie können die Größe selbstverständlich auch für jedes Symbol und für jeden Pfeil individuell einstellen, jedoch nicht in diesem Dialogfenster, sondern im Eigenschaften-Dialog des jeweiligen Symbols oder über das PopUp-Menü, das zu dem Symbol gehört.

Standard-Schriftart für Symbolbeschriftung

Jedes Symbol kann eine oder mehrere Beschriftungen haben. Die zu verwendende Standardschriftart für diese Beschriftungen können Sie hier auswählen. Wie bei den Symbolgrößen können Sie VisEdit anweisen, beim Schließen des Fensters die gewählte Schrift für alle Symbolbeschriftungen zu verwenden, indem Sie den Eintrag markieren.

Auch die Beschriftung eines Symbols kann individuell für jedes Symbol ein-

gestellt werden, wobei es auch möglich ist, etwa Name und Formel in verschiedenen Schriften anzuzeigen. Diese Einstellungen nehmen Sie bitte im Eigenschafts-Dialog des jeweiligen Symbols vor. Attribute einer Schriftart wie fett, kursiv und unterstrichen können Sie im PopUp-Menü des Symbols verändern.

Raster

Das Raster ist als Eingabehilfe gedacht, die Sie jedoch nicht verwenden müssen. Wenn Sie das **Raster verwenden** wollen, markieren Sie den entsprechenden Eintrag.

Sie können weiterhin entscheiden, ob VisEdit das **Raster anzeigen** soll oder nicht. Während das Raster nämlich beim Setzen der Symbole helfen kann, ist es doch meist unerwünscht, wenn ein Wirkungsgefüge präsentiert werden soll. Schließlich bestimmen Sie auch noch die **Größe** des Rasters. Es empfiehlt sich dabei, die Rastergröße der gewünschten Symbolgröße anzupassen, um schönere und übersichtlichere Grafiken zu erhalten. Ein Vorschlag, der gute Ergebnisse liefert, ist die Verwendung der halben Höhe eines Konstanten-Symbols als Rastergröße. Dies wären Werte von 12 für kleine, 20 für mittlere und 28 für große Symbole.

Im PopUp-Menü gibt es die Möglichkeit, das ganze Wirkungsgefüge am aktuellen Raster auszurichten. Dies kann sinnvoll sein, wenn etwa die Symbolgröße für alle Symbole geändert wurde.

2.2.5 Die Kernprogramm-Optionen

Wählen Sie im Menü des Wirkungsgefüge-Editors Optionen-Kernprogrammerzeugung, um folgendes Dialogfenster zu sehen (Abb. 2-10):

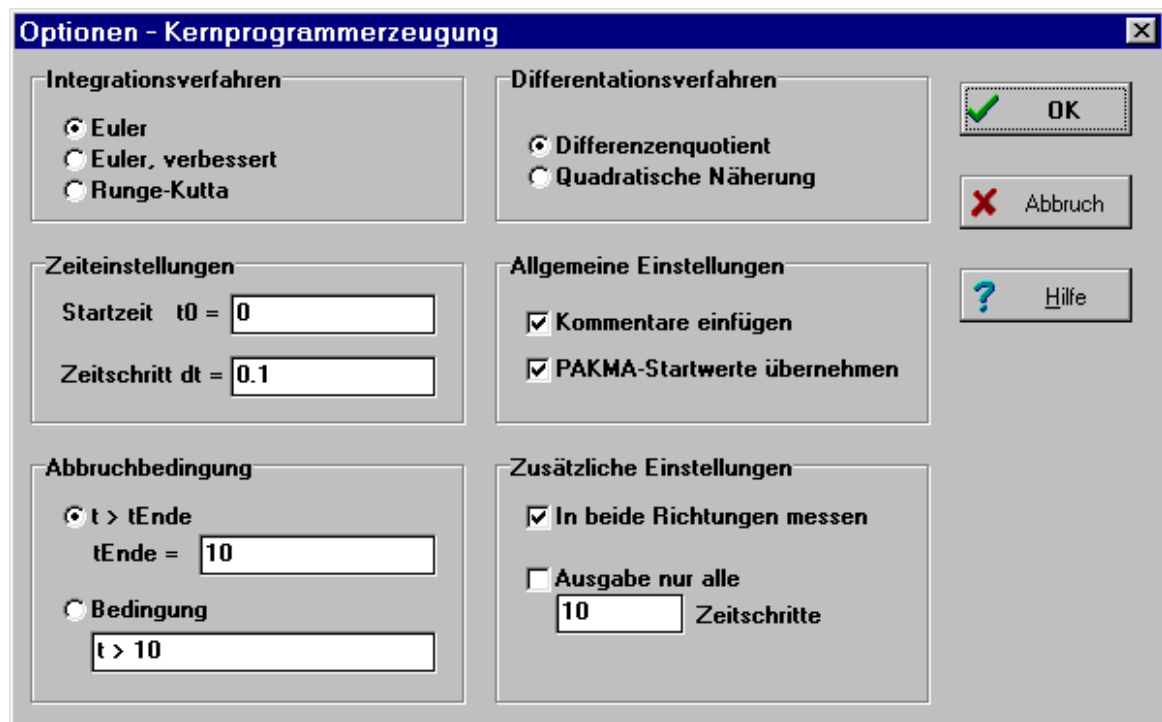


Abb 2-10: Die Optionen zur Kernprogramm-Erzeugung

Sie können hier nun eine ganze Reihe von Einstellungen vornehmen, um ein Kernprogramm nach Ihrem Wünschen zu erzeugen:

Integrationsverfahren:

Für die Integration bietet Ihnen VisEdit drei verschiedene numerische Näherungsverfahren an. Wählen Sie das gewünschte Verfahren aus. Technische Informationen zu den einzelnen Verfahren finden Sie in der Zulassungsarbeit von Wolfgang Cimander [1]. Einen Vergleich der einzelnen Verfahren können Sie in **Kapitel 3.1 Vergleich der Integrationsverfahren beim Modell des harmonischen Oszillators** nachlesen.

Differentiationsverfahren:

Hier bietet Ihnen VisEdit zwei Verfahren zur Auswahl an. Für technische Informationen möchte ich wieder auf die Zulassungsarbeit von Wolfgang Cimander [1] verweisen. Dort finden Sie auch ein Beispiel.

Zeiteinstellungen:

Da das erzeugte Kernprogramm zeitgesteuert abläuft, müssen Sie die **Startzeit** t_0 sowie den **Zeitschritt** dt eingeben.

Normalerweise kann man die Zeit bei $t_0=0$ starten lassen, aber man kann sich Beispiele überlegen, wo die Zeit explizit in Formeln eingeht und so eine Anpassung möglich sein muss.

Durch Verkleinern des Zeitschrittes erreicht man i.a., dass die Ergebnisse besser und genauer werden. Allerdings verringert sich dadurch auch die Ausführungsgeschwindigkeit des Programms. Besonders relevant ist der Zeitschritt, wenn Messungen durchgeführt werden sollen. Hier gibt die Mess-Hardware die Grenzen vor, denn der Zeitschritt ist auch die Messzeit.

Abbruchbedingung:

Sie können hier auswählen, ob das Programm abbricht, nachdem t einen gewissen Wert **tEnde** erreicht hat oder ob eine bestimmte **Bedingung** für den Abbruch des Programms gegeben sein muss. Wenn Sie nun z.B. einfach 60 Sekunden lang messen wollen, so verwenden Sie die erste Methode. Die zweite Methode benötigen Sie etwa, wenn Sie solange messen wollen, bis eine Spannung einen bestimmten Wert übersteigt.

Allgemeine Einstellungen:

Wenn Sie Wert auf ein lesbares und übersichtliches Kernprogramm legen, sollten Sie VisEdit anweisen, **Kommentare** einzufügen. Dadurch wird das Kernprogramm natürlich auch etwas länger.

Wenn Sie möchten, dass PAKMA die Konstanten-Werte, die Startwerte für die Sammelgrößen sowie die Anfangs- und Endzeit und den Zeitschritt als Startwerte für die PAKMA-interne Liste übergeben werden, so markieren Sie den Eintrag. Dies führt zusätzlich dazu, dass vor der Schleife im Programm der PAKMA-Befehl **startwerte;** eingefügt wird. Für die meisten Anwendungen sollten Sie diese Einstellungen aktiviert lassen.

Zusätzliche Einstellungen:

Wenn Sie ein Zählrad verwenden, bestimmen Sie bekanntlich selbst, ob Rückwärtsdrehungen des Rades negativ gerechnet werden sollen oder nicht. Für **Messungen in beide Richtungen** markieren Sie bitte den Eintrag. Dies resultiert darin, dass der PAKMA-Befehl **vor_rueck;** dem Programm hinzugefügt wird. Standardmäßig ist dieses Feld markiert; wenn Sie also eine normale Zählradmessung (etwa für die Position eines Gleiters auf der Luftkissenfahrbahn) vornehmen wollen, müssen Sie nichts verändern.

Bei Verwendung eines sehr kleinen Zeitschritts zum Erreichen einer großen Genauigkeit möchte man meistens nicht jeden Wert ausgeben, sondern nur z.B. jeden zehnten. Sie können hier eingeben, **alle wieviel Zeitschritte** die Ausgabe erfolgen soll. Benutzen Sie diese Funktion *unbedingt* bei kleinen Zeitschritten! Zum einen nämlich läuft Ihr Programm dann in PAKMA wesentlich schneller ab, andererseits wird auch nach dem Programmablauf PAKMA sehr langsam werden, wenn sehr viele Werte verarbeitet und wiederholt in Graphen gezeichnet werden müssen.

2.3 Die Symbole und deren Eigenschaften

Die Symbole sollen in diesem Kapitel nun detailliert erläutert werden. Außer der grafischen Darstellung auf dem Bildschirm, einigen Beispielen sowie möglichen Fehlerquellen wird für jedes Symbol erklärt, ob und wieviele Pfeile an dem Symbol starten und enden können.

In der ersten Abbildung jedes folgenden Unterkapitels werden die einzelnen Symbole auch jeweils in den drei verfügbaren Symbolgrößen gezeigt, so dass einmal die verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten nebeneinander zu sehen sind.

Schließlich werden noch die Einstellungen aus den Eigenschafts-Dialogen erklärt, die Sie erreichen, wenn Sie das Symbol doppelklicken oder im PopUp-Menü des Symbols *Eigenschaften* wählen.

Vor den Symbol-Erklärungen soll noch in einem kleinen Abschnitt auf Eigenschaften eingegangen werden, die den meisten Symbolen gemeinsam sind. So müssen diese nicht für jedes Symbol erneut erklärt werden.

2.3.1 Gemeinsame Eigenschaften der Symbole

Jedes Symbol mit Ausnahme des Text-Symbols besitzt einen *Namen*. Die Namen aller gesetzten Symbole müssen paarweise verschieden sein, da die Variablen im später zu erzeugenden PAKMA-Kernprogramm genau diese Namen erhalten. Daher müssen die Namen die Turbo-Pascal-Konventionen für Variablen-Namen erfüllen. Wenn Sie Fragen dazu haben, lesen Sie in der PAKMA-Dokumentation [2] nach. Für die Masse eines Wagens etwa würden Sie den Namen *m* wählen (und nicht *Masse des Wagens*). Die Namen für Auslöser- und Wertübernahme-Symbole können (und brauchen) Sie nicht zu ändern, da diese intern von VisEdit verwaltet werden und auch nicht an PAKMA per Ausgabe-Befehl übergeben werden können.

Wenn die Variablen-Namen nicht aussagekräftig genug sind, können Sie dem Symbol (wieder mit Ausnahme des Text-Symbols) eine *Beschreibung* geben. Diese besteht aus einer Zeile mit beliebigem Text und kann zusätzlich zum Namen am Bildschirm angezeigt werden. Dies wäre dann die richtige Stelle, um bei obigem Beispiel zu bleiben, an der *Masse des Wagens* eingegeben würde.

Die Symbole (mit Ausnahme des Text-Symbols) können in einer von drei Größen dargestellt werden. Dies ist wichtig, da die Präsentation und Bearbeitung von Wirkungsgefügen auf Systemen mit Bildschirm-Auflösungen von 640 mal 480 Bildpunkten bis zu 1280 mal 1024 Bildpunkten sowie auf LCD-Displays mit 10 Zoll Diagonale und auf Monitoren mit bis zu 21 Zoll Diagonale möglich sein sollte. Sie sollten also selbst auswählen, welche Symbolgröße für Ihr System und Ihren Anwendungszweck geeignet ist.

Für die meisten Symbole (nicht für Wertübernahme-, Auslöser- und Text-Symbol) können Sie auswählen, ob diese in PAKMA ausgegeben werden. Wenn Sie den Wert der durch das Symbol repräsentierten Zustandsgröße in PAKMA verwerten wollen, etwa für eine Graphenanzeige o.ä., so müssen Sie diese Option auswählen. Dies führt dann dazu, dass im später zu erzeugenden Kernprogramm dem Ausgabebefehl der Name des Symbols zugefügt wird.

Schließlich können Sie für die alle Symbole mit Ausnahme des Text-Symbols noch die Art der Beschriftung ändern. Dies ist wichtig, um Ihr Wirkungsgefüge übersichtlicher und ansprechender zu gestalten. Auch wenn ein Wirkungsgefüge nämlich logisch korrekt eingegeben wurde, geht durch eine schlechte Präsentation der Lerneffekt leider verloren. Daher können Sie die Symbol-Beschriftung nach Ihren Wünschen anordnen und durch Auswahl verschiedener Schriftarten und Schriftfarben noch wichtige Elemente besonders hervorheben. Die Beschreibung müssen Sie nicht anzeigen lassen, während der Name immer angezeigt wird (außer bei Wertübernahme-, Auslöser und Text-Symbolen).

2.3.2 Das Konstanten-Symbol



Abb. 2-11: Konstanten-Symbol

Dargestellt durch einen einfachen Kreis (Abb. 2-11) steht dieses Symbol, wie aus anderen Modellbildungssystemen bekannt, für Größen, die sich während des Ablaufes der Simulation nicht ändern. Daher können Sie hier auch nur einen Wert und keine ganze Formel für eine Berechnung eingeben.

An einem Konstanten-Symbol können beliebig viele Pfeile beginnen. Allerdings ist es natürlich nicht möglich, dass Pfeile bei einem Konstanten-Symbol enden, denn dies würde ja bedeuten, dass die Konstante abhängig von einer anderen Größe wäre, was sie jedoch per Definition nicht ist.

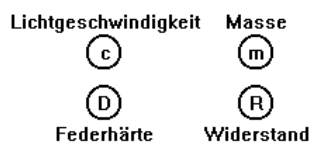


Abb. 2-12: Beispiele für Konstanten

Typische Beispiele für Konstanten sind die **Vakuum-Lichtgeschwindigkeit**, die **Masse** eines Wagens auf der Luftkissenfahrbahn, die **Federhärte** einer Feder im Hooke'schen Bereich oder ein ohmscher **Widerstand**, wie in Abb. 2-12 zu sehen.

In Abb. 2-13 sieht man die Seite *Allgemeine Einstellungen* des Eigenschafts-Dialogs des Konstanten-Symbols. Hier geben Sie Name, Beschreibung und Wert der Konstante ein. Aus der Liste rechts können Sie mit einem einzigen Mausklick aus gängigen Konstanten wählen.

Abb. 2-13: Allgemeine Einstellungen des Konstanten-Symbols

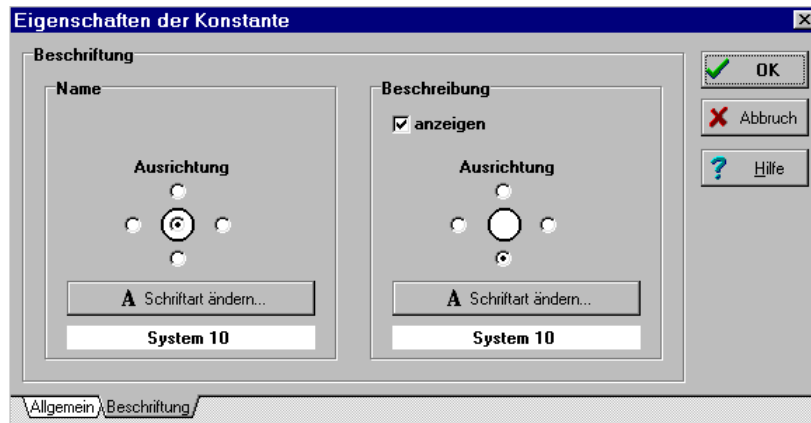


Abb. 2-14: Beschriftung des Konstanten-Symbols

Auf der Beschriftungs-Seite des Dialogs (Abb. 2-14) stellen Sie ein, wie der Name und die Beschreibung um das Symbol angeordnet werden.

Die Beschreibung können Sie ausschalten.

Stellen Sie die Schriftarten nach Ihren Wünschen ein.

2.3.3 Das Funktionsgrößen-Symbol

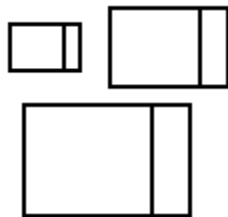


Abb. 2-15: Funktionsgrößen-Symbol

Dieses Symbol besteht aus einem Rechteck, das am rechten Rand noch eine kleine Säule anzeigt, wie in Abb. 2-15 zu sehen ist. Darin soll, sobald der Wirkungsgefüge-Editor in PAKMA integriert worden ist, noch als Balken der augenblickliche Wert der Funktionsgröße animiert dargestellt werden können. Funktionsgrößen sind ebenfalls noch aus anderen Modellbildungssystemen bekannt: Eine Funktionsgröße ist ein Wert, der sich aus anderen Werten direkt berechnen lässt. Es wird also eine Berechnungsformel benötigt.

Es sind beliebig viele eingehende und ausgehende Pfeile erlaubt. Beachten Sie: Es ist nicht sinnvoll, Wirkungsgefüge mit Zirkelbezügen wie in Abb. 2-16 zu erzeugen, da für die Berechnung von F1 der Wert von F3 benötigt wird, dafür wiederum der Wert von F2 und dafür schließlich der Wert von F1. Ein solches Modell kann mit *keinem* grafischen Modellbildungssystem simuliert werden und kommt wohl auch in der Natur nicht vor.

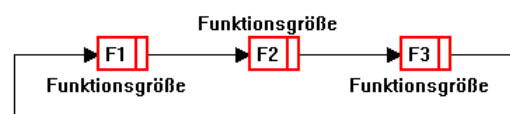


Abb. 2-16: unerlaubter Zirkelbezug

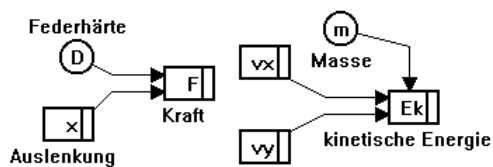


Abb.2-17: Beispiele für Funktionsgrößen

Beispiele für Funktionsgrößen sind etwa die **Kraft** auf einen Körper an einer Hooke'schen Feder, die sich aus der Federhärte und der Auslenkung der Feder berechnet oder die **kinetische Energie** eines Körpers, für deren Berechnung man die Masse des Körpers und die Geschwindigkeiten des Körpers in x- und y-Richtung benötigt, wie in Abb. 2-17 dargestellt.

Im Eigenschafts-Dialog der Funktionsgröße geben Sie auf der Seite für die Allgemeinen Einstellungen Name und Beschreibung ein, wählen die Symbol-Größe und entscheiden über die Ausgabe in PAKMA. Die Berechnungsvorschrift geben Sie auf der Seite Berechnung (Abb. 2-18) des Dialogs ein.

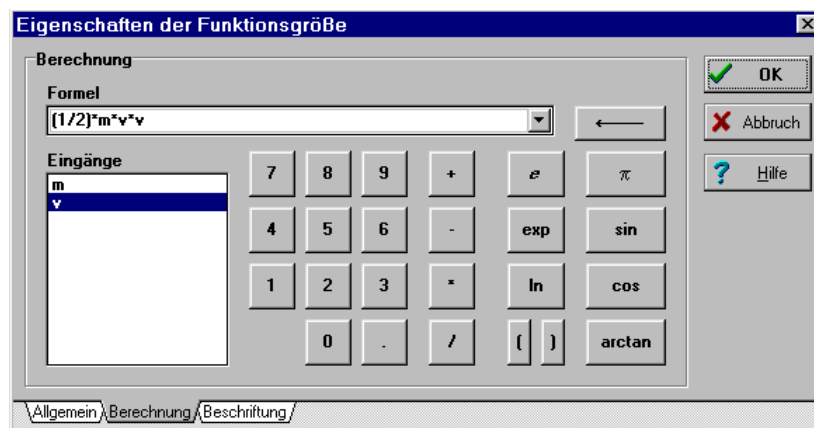


Abb. 2-18: Berechnungsvorschrift für die Funktionsgröße

Geben Sie im Feld *Formel* die Berechnungsformel ein. Diese muss den Pascal-Konventionen genügen. Sie können dazu die Tastatur benutzen oder die *Eingänge* sowie die Taschenrechner-ähnlichen *Tasten* mit der Maus anklicken.

Auf der Beschriftungs-Seite des Dialogs können Sie die Einstellungen vornehmen wie schon bei der Konstante beschrieben. Zusätzlich können Sie entscheiden, ob nur der Name der Funktionsgröße angezeigt werden soll oder stattdessen die Berechnungsformel (etwa $E=(1/2)*m*v*v$ für die Funktionsgröße E_{kin} aus Abb 2-18).

2.3.4 Das Sammelgrößen-Symbol

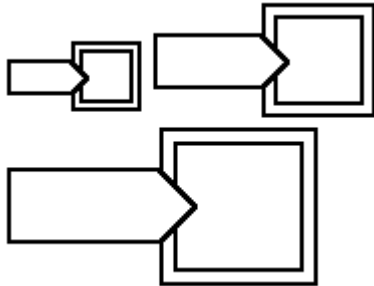


Abb. 2-19: Das Sammelgrößen-Symbol

Die Sammelgröße wird, wie in Abb. 2-19 zu sehen ist, grafisch dargestellt durch ein Reservoir (das Quadrat rechts), dem mit Hilfe der symbolisierten Spritze etwas hinzugefügt oder auch entzogen werden kann. Auch dies soll bei der geplanten Integration in PAK-MA dann animiert in dem Symbol dargestellt werden können. Die Sammelgröße ist auch aus anderen Modellbildungssystemen bekannt und stellt eine Zustandsgröße dar, die einen Startwert hat und für die im weiteren Verlauf der Simulation nur noch die Änderungen berechnet werden. Es wird also eigentlich eine Integration durchgeführt, für die man dann auch in VisEdit zwischen drei numerischen Näherungsverfahren wählen kann.

Die Anzahl der Pfeileingänge und -ausgänge ist wie bei der Funktionsgröße beliebig. Allerdings gehen alle Eingangspfeile in die „Spritze“, die die Veränderung symbolisiert, und alle Ausgangspfeile entspringen dem „Reservoir“. Nur Pfeile, die von Wertübernahmen kommen, gehen direkt in das „Reservoir“.



Abb. 2-20: Beispiele für Sammelgrößen

Beispiele für Sammelgrößen sehen sie in Abb. 2-20: Die **Geldmenge** auf einem Konto, die sich durch Zinsen verändert, oder der **Ort** eines Körpers, der sich ändert, weil der Körper eine gewisse Geschwindigkeit hat.

Neben den Standardeinstellungen müssen Sie auf der ersten Seite im Eigenschafts-Dialog (Abb. 2-21) den oben erwähnten *Startwert* eingeben. Sie können entscheiden, ob die *Änderung* auch *in PAKMA* ausgegeben werden soll. Der *Name der Veränderung* wird automatisch aus dem Namen erzeugt¹.

Abb. 2-21: Allgemeine Einstellungen für die Sammelgröße

¹ Wie allgemein üblich wird vorne an den Namen ein d angehängt. Für x ergibt sich also dx.

Die Formel wird wie oben bei der Funktionsgröße beschrieben eingegeben. Beachten Sie, dass Sie hier natürlich die Formel für die Berechnung der Änderung eingeben, etwa $dx=v*dt$ für die zweite Sammelgröße x aus Abb. 2-20.

Die Sammelgröße besitzt zwei weitere Seiten für die Einstellungen der Beschriftung, da natürlich die Größe, die Änderung der Größe und die Beschriftung einzeln verändert werden können. Die Einstellung läuft wie bei der Funktionsgröße ab.

2.3.5 Das Veränderungsgrößen-Symbol

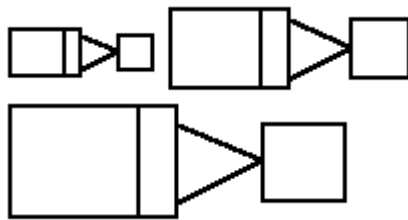


Abb. 2-22: Das Veränderungsgrößen-Symbol

Das Veränderungsgrößen-Symbol ist nun eine wirkliche Neuheit, die andere Programme nicht anbieten. Grafisch wird die Veränderungsgröße repräsentiert durch eine Funktionsgröße, die rechts ein kleines Kästchen angehängt hat, wie in Abb. 2-22 zu sehen. Auch hier ist eine Animation geplant bei der Integration in das PAKMA-System. Die Veränderungsgröße nimmt wie die Funktionsgröße eine Berechnung vor, gibt jedoch die Veränderung gegenüber dem letzten Wert aus. Somit wird eine Ableitung simuliert: Der ausgegebene Wert muss nur noch durch den Zeitschritt geteilt werden. Für die Berechnung dieser Veränderung werden zwei numerische Näherungsverfahren angeboten.

Es sind beliebig viele Eingangs- und Ausgangspfeile erlaubt. Allerdings gehen sämtliche eingehenden Pfeile in die zu berechnende Funktionsgröße und alle ausgehenden Pfeile entspringen dem kleinen Kästchen, das die Veränderung symbolisiert. Lediglich bei der Verwendung einer Wertübernahme wird natürlich der Wert der Funktionsgröße und nicht die Veränderung übergeben.

Beachten Sie, dass es unmöglich ist, mit solchen Veränderungsgrößen Rückkopplungen zu realisieren. Dadurch werden die eingegebenen Wirkungsgefüge nicht mehr zeitkonsistent. Zum Thema Zeitkonsistenz sollten Sie in der Zulassungsarbeit von Wolfgang Cimander [1] nachlesen. In Abb. 2-23 sehen Sie ein Beispiel für ein solches ungültiges Wirkungsgefüge.

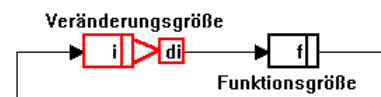


Abb. 2-23: Falsche Zeitlogik

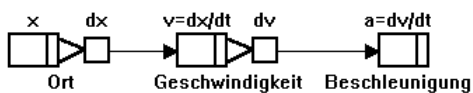


Abb. 2-24: Beispiel für Veränderungsgrößen

In Abb. 2-24 sehen wir das wahrscheinlich gebräuchlichste Beispiel für die Verwendung von Veränderungsgrößen: Der **Ort** wird „differenziert“, um die **Geschwindigkeit** zu erhalten, welche wiederum „differenziert“ wird, was die **Beschleunigung** liefert.

Der Eigenschafts-Dialog unterscheidet sich nicht wesentlich von dem der Sammelgröße. Auf der Seite für die allgemeinen Einstellungen fehlt gegenüber der Sammelgröße natürlich der Startwert, da eine Veränderungsgröße keinen solchen besitzt.

Die Berechnungsvorschrift wird auf der zweiten Seite des Dialogs genau analog wie bei der Funktionsgröße sowie Sammelgröße eingegeben.

Auch die Beschriftung des Symbols wird wie bei der Sammelgröße vorgenommen.

2.3.6 Das Mess-Symbol

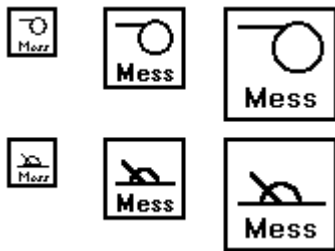


Abb. 2-25: Das Mess-Symbol

Wie in Abb. 2-25 zu sehen, wird das Mess-Symbol durch ein Kästchen dargestellt, in dem „Mess“ steht und in dem sich zusätzlich noch ein kleines Bild befindet, das symbolisiert, ob mit einem Zählrad, etc. gemessen oder ob eine Spannung ausgelesen wird. Das Mess-Symbol stellt nicht in Wirklichkeit eine Zustandsgröße dar, sondern nur einen Wert, der von PAKMA durch eine Messung oder Reproduktion geliefert wird.

Es sind beliebig viele Ausgangs-Pfeile erlaubt, jedoch natürlich keine Eingangspfeile, da die Messung natürlich nicht von einer Zustandsgröße direkt abhängt.



Abb. 2-26: Beispiele für Mess-Symbole

Beispiele für Mess-Symbole sieht man in Abb. 2-26: Es wird zum einen die **Spannung** an einem Kondensator gemessen und andererseits der **Ort** eines Wagens auf der Luftkissenfahrbahn.

Bei den allgemeinen Einstellungen (Abb. 2-27) im Eigenschafts-Dialog geben Sie neben den Standardeinstellungen die *Art der Messung* an. Falls Sie eine Spannung messen wollen, müssen Sie noch den *Mess-Bereich* wählen. Geben Sie zusätzlich den *Kanal* ein, auf dem die Messung erfolgen soll.



Abb. 2-27: Allgemeine Einstellungen für das Mess-Symbol

Für die Beschriftung des Mess-Symbols geht man wie bei der Konstante vor.

2.3.7 Das Steuer-Symbol



Abb. 2-28: Das Steuer-Symbol

Wie in Abb. 2-28 zu sehen, wird das Steuer-Symbol durch ein Kästchen dargestellt, in dem sich ein Schalt-Hebel befindet. Wie das Mess-Symbol ist das Steuer-Symbol natürlich keine wirkliche Zustandsgröße, sondern gibt nur an, dass ein Wert an PAKMA übergeben werden soll (für Schrittmotor-Steuerung) oder dass ein Relais geschaltet werden soll.

Ein Steuer-Symbol besitzt natürlich keine Ausgangspfeile und kann höchstens einen Eingangspfeil besitzen. Wenn Sie einen auszugebenden Wert erst aus mehreren Werten berechnen müssen, sollten Sie noch eine Funktionsgröße vorschalten.

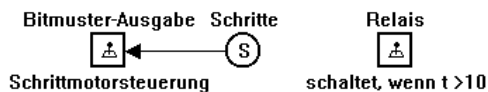


Abb. 2-29: Beispiele für Steuer-Symbole

In Abb. 2-29 sieht man zwei Beispiele für Steuer-Symbole: Im ersten Fall wird eine Anzahl Schritte für eine **Schrittmotor-Steuerung** direkt ausgegeben, während im zweiten Fall ein **Relais** geschaltet wird, wenn die Zeit lange genug gelaufen ist.

Auf der ersten Seite des Eigenschafts-Dialogs (Abb. 2-30) wählen Sie nach Eingabe von Name, etc. zwischen *Ausgabe eines Bitmusters* und *Schalten eines Relais* aus. Als Bitmuster wird der eingehende Wert ausgegeben. Wenn Sie ein Relais verwenden, müssen Sie auch die *Schaltbedingung* eingeben.

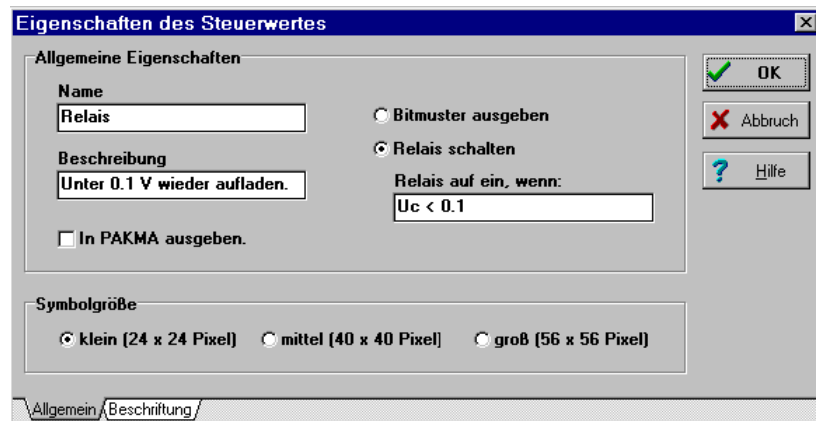


Abb. 2-30: Allgemeine Einstellungen für das Steuer-Symbol

Die Beschriftung des Steuer-Symbols wird wie bei der Konstante festgelegt.

2.3.8 Das Wertübernahme-Symbol

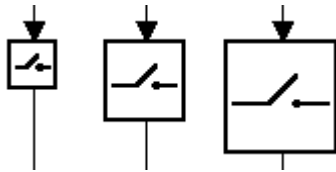


Abb. 2-31: Das Wertübernahme-Symbol

Das Wertübernahme-Symbol wird grafisch durch einen Schalter in einem Kästchen repräsentiert, wie in Abb. 2-31 zu sehen. Auch die Wertübernahme ist keine Zustandsgröße, sondern eigentlich eine Programmier-Anweisung. Der symbolisierte Schalter im Symbol wird geschlossen (was auch später animiert dargestellt werden soll), wenn entweder eine Bedingung erfüllt ist oder wenn einer der vier möglichen Auslöser gedrückt wird.

Ein Wertübernahme-Symbol besitzt genau einen Eingangs- und genau einen Ausgangspfeil. Eine Kernprogramm-Erzeugung ist nur möglich, wenn diese beiden Pfeile existieren. Wenn die Wertübernahme stattfindet, wird der Wert der Größe, von der der Eingangspfeil kommt, an die Größe übergeben, auf die der Ausgangspfeil zeigt.

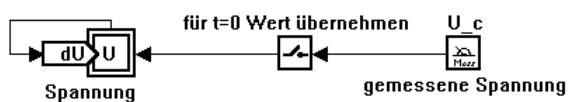


Abb. 2-32: Beispiel für Wertübernahme

Im Beispiel in Abb. 2-32 wird der wirkliche Messwert am Anfang der Messung einmal an ein parallel laufendes Modell übergeben. Ein Beispiel für Wertübernahme per Auslöser finden Sie im nächsten Abschnitt.

Auf der ersten Seite des Eigenschafts-Dialogs wie in Abb. 2-33 geben Sie neben der *Beschreibung* an, ob per *Auslöser* oder bei Erfüllung einer *Bedingung* die Wertübernahme stattfinden soll. Dazu wählen Sie die *Nummer des Auslösers* oder geben die *Schaltbedingung* ein.

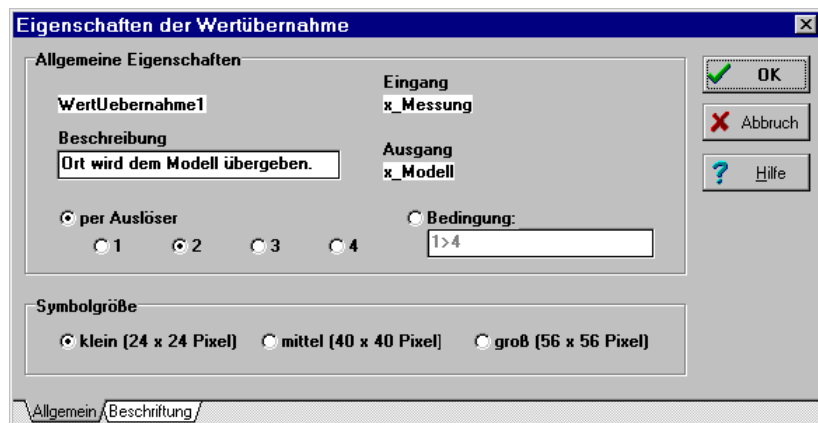


Abb. 2-33: Allgemeine Einstellungen für das Wertübernahme-Symbol

Auf der Beschriftungs-Seite dieses Symbols müssen Sie nur angeben, ob und wie die Beschreibung angezeigt werden soll, da der automatisch gewählte Name natürlich nicht angezeigt wird.

2.3.9 Das Auslöser-Symbol

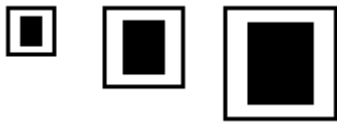


Abb. 2-34: Das Auslöser-Symbol

Der Auslöser soll grafisch an einen Knopf oder eine Taste erinnern, wie in Abb. 2-34 gezeigt. Der Auslöser hat lediglich die Fähigkeit, eine Taste zu erkennen und bei Betätigung dieser Taste alle damit verknüpften Wertübernahmen auszulösen. Für die geplante Integration in PAKMA ist geplant, dass der Knopf im Auslöser dann auch per Maus zu bedienen ist.

Der Auslöser akzeptiert weder eingehende noch ausgehende Pfeile. Die Verknüpfung mit den auszulösenden Wertübernahmen geschieht vielmehr über eine einzugebende Nummer. Es ist also möglich, mit einem einzigen Auslöser mehrere Wertübernahmen zu schalten: Ein Auslöser mit Nummer 2 bewirkt z.B., dass bei Betätigung alle Wertübernahmen mit Nummer 2 vorgenommen werden.

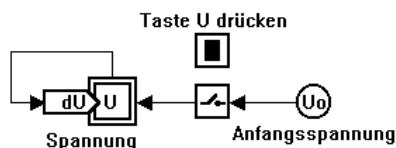


Abb. 2-35: Beispiel zum Auslöser-Symbol

Im Beispiel aus Abb. 2-35 wird bei einer Kondensatorentladung der Wert für die Spannung immer wieder auf den Anfangswert gesetzt, wenn der Auslöser betätigt wird. Somit kann der Benutzer direkt in den Ablauf der Simulation eingreifen.

Im Eigenschafts-Dialog geben Sie auf der ersten Seite (Abb. 2-36) neben der Beschreibung die auslösende *Taste* (auf der Tastatur) sowie die *Nummer* der Wertübernahme(n) ein, die bei Betätigung der Taste ausgelöst werden sollen.

Abb. 2-36: Allgemeine Einstellungen für das Auslöser-Symbol

Wie beim Wertübernahme-Symbol müssen Sie auch hier auf der Beschriftungs-Seite des Eigenschafts-Dialogs nur entscheiden, ob und wie die Beschreibung angezeigt werden soll.

2.3.10 Das Textsymbol

Das Textsymbol ist hier nur aufgeführt, weil es sich auf den Bildschirm und bei der Eingabe wie ein Symbol verhält. Als reiner Text hat dieses Symbol nur die Funktion, für zusätzliche Beschriftungen, Überschriften, etc. zu dienen. Bei Integration in PAKMA wird dieses Symbol wegfallen, da man dann die Text-Elemente von PAKMA verwenden kann.

Im Eigenschaft-Dialog des Text-Symbols (Abb. 2-37) geben Sie den Text ein, der auf eine Zeile beschränkt ist. Wählen Sie in dem durch Druck auf den Schriftart ändern-Knopf erscheinenden Dialog die Schriftart aus. Die Farbe können Sie hier auch direkt auswählen.



Abb. 2-37: Eigenschafts-Dialog des Text-Symbols

2.4 Eingabe-Beispiele

In diesem Kapitel soll kurz erklärt werden, wie man vorgehen könnte, um schnell konsistente und aussagekräftige Wirkungsgefüge zu erstellen. Hier soll es ausschließlich um die *Erstellung* des Wirkungsgefüges gehen und nicht um Kernprogrammerzeugung oder Auswertung mit PAKMA. Solche Beispiele finden Sie in dieser Arbeit in **Kapitel 3 Anwendungsbeispiele**.

Bei den beiden Beispielen wird in gleicher Weise vorgegangen: Zunächst wird die **Vorgabe** formuliert und dann eine Art Wirkungsgefüge-Bauanleitung durchlaufen, mit der man in der Lage sein sollte, jedes Wirkungsgefüge sicher zu erstellen. Diese Bauanleitung besteht aus folgenden Schritten:

1. Schritt: Welche Größen werden benötigt?

Hier sollte man überlegen welche Werte man zur Verfügung hat und welche man berechnen möchte. Man sollte auch Konstanten nicht vergessen!

2. Schritt: Setzen der passenden Symbole

Es werden die Symbole gesetzt, wobei wir darauf achten müssen, Konstanten, Funktionsgrößen, etc. zu unterscheiden. Es werden noch keine Namen, Formeln, etc. eingegeben.

3. Schritt: Die Symbole bekommen Namen und Beschreibungen:

Jedes Symbol erhält Name und Beschreibung. Allen Konstanten weisen wir bereits den korrekten Wert zu. Wir geben allerdings noch *keine* Formeln ein!

4. Schritt: Wirkungspfeile setzen

Jede direkte Abhängigkeit einer Größe von einer anderen wird durch einen Pfeil verdeutlicht. Bei diesem Pfeil wird auch die Wirkungsrichtung berücksichtigt, d.h. der Pfeil zeigt auf die abhängige Größe. Wenn alle Pfeile korrekt eingegeben wurden, können wir die Formeln im folgenden Schritt schnell zusammenklicken. Sollten Sie Pfeile vergessen, können Sie manche Formeln evtl. nicht eingeben. Außerdem können vergessene Pfeile dazu führen, dass das erzeugte Kernprogramm falsche Berechnungen macht!

5. Schritt: Formeln eingeben

Alle Funktionsgrößen, Sammelgrößen und Veränderungsgrößen erhalten nun die korrekten Formeln. Alle Größen, von denen eine zu berechnende Größe abhängt, müssen bei korrekter Eingabe der Pfeile im Kästchen Eingänge stehen. Fehlen hier Größen, so sollte man die Pfeilsetzung überprüfen.

6. Schritt: Design

Auch wenn nun das Wirkungsgefüge an sich vollständig eingegeben wurde, muss man vor allem für Präsentationszwecke die Symbolanordnung grafisch etwas aufarbeiten. Die Pfeile erhalten zusätzliche Eckpunkte und die Beschriftungen der Symbole werden angepasst. Weiterhin kann man nun auch noch Text eingeben, etwa für Überschriften.

7. Schritt: Abspeichern und Kernprogramm erzeugen, wenn gewünscht

Das fertige Wirkungsgefüge sollte nun im **VED**-Format für spätere Weiterverarbeitung gesichert werden. Nun können wir auch Kernprogramme erzeugen und diese für Simulationen mit PAKMA verwenden.

Im folgenden werden ein einfaches sowie ein etwas komplizierteres Wirkungsgefüge anhand dieser Bauanleitung erzeugt. Sie finden die **VED**-Dateien zu den einzelnen hier gezeigten Abbildungen auf der CD im Verzeichnis \EingaBsp unter den Namen, die bei der jeweiligen Abbildung stehen.

2.4.1 Einfaches Beispiel: Geschwindigkeitsmessung

Vorgabe:

Wir können bei einer Messung mit einem Sonarmeter nur den Ort eines Wagens auf der Luftkissenfahrbahn bestimmen. Wir interessieren uns aber für die Geschwindigkeit des Wagens.

1. Schritt:

Offensichtlich haben wir den Ort gegeben und wollen die Geschwindigkeit berechnen. Zusätzlich betrachten wir den Messwert *immer* als eine zusätzliche Größe, die hier zunächst nur einen Messwert und nicht direkt den Ort darstellt. Die Zeit t und der Zeitschritt dt sind vorgegeben, d.h. diese müssen wir nicht extra definieren.

2. Schritt:

Wir klicken uns einen Messwert (Sonarmeter), eine Veränderungsgröße (für den Ort, der differenziert wird) und eine Funktionsgröße (die Geschwindigkeit) auf die Arbeitsfläche (Abb. 2-38):



Abb. 2-38: Wirkungsgefüge aus STEP2.VED

3. Schritt:

Wir nehmen folgende Einstellungen an den Symbolen vor, indem wir den Eigenschaften-Dialog öffnen, etwa mittels eines Doppelklicks auf das Symbol:

Symbol	Name	Beschreibung
Messwert	Sonar	Sonar-Messwert
Veränderungsgröße	x	Ort
Funktionsgröße	v	Geschwindigkeit

Das Ergebnis könnte wie in Abb 2-39 aussehen:

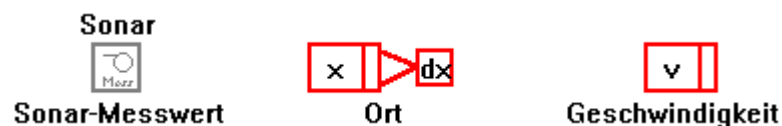


Abb. 2-39: Wirkungsgefüge aus STEP3.VED

4. Schritt:

Hier gibt es nur zwei Abhängigkeiten, und zwar ist der Ort vom Messwert abhängig und die Geschwindigkeit von der Ortsveränderung. Wir setzen also zwei Pfeile, nämlich von Sonar auf x und von dx auf v wie in Abb. 2-40:

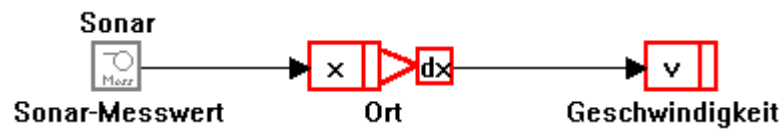


Abb. 2-40: Wirkungsgefüge aus STEP4.VED

5. Schritt

Wir öffnen wiederum die Eigenschaftsdialoge der einzelnen Symbole und nehmen folgende Änderungen vor:

Symbol	zu erledigen
Sonar	Sonar auswählen, Kanal korrekt einstellen
x	auf Berechnungs-Seite im Dialog Sonar als Formel einklicken
v	auf Berechnungs-Seite im Dialog dx/dt als Formel einklicken

Wir sehen nun folgendes Bild (Abb. 2-41):

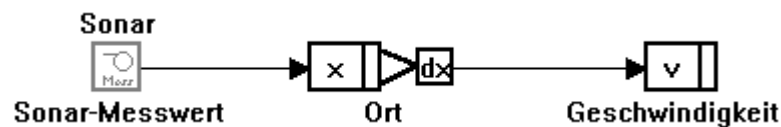


Abb. 2-41: Wirkungsgefüge aus STEP5.VED

6. Schritt:

Eigentlich könnten wir schon zu Schritt 7 gehen, da nun alle Symbole in schwarz oder grau angezeigt werden, und insbesondere kein Symbol mehr in rot (für ungültig) erscheint. Doch vielleicht ist uns das Wirkungsgefüge noch nicht schön genug. Nun ist der Ästhet in uns gefragt. Das fertige Wirkungsgefüge könnte, nachdem es geringfügig überarbeitet wurde, so aussehen wie in Abb. 2-42:

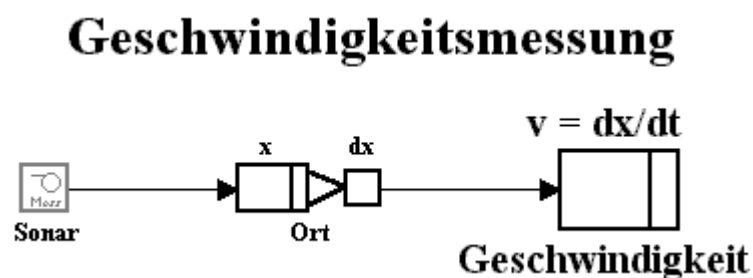


Abb. 2-42: Wirkungsgefüge aus STEP6.VED

7. Schritt:

Wir speichern das Wirkungsgefüge und könnten nun auch ein Kernprogramm erzeugen lassen, welches wir dann zur Messung mit PAKMA verwenden können.

2.4.2 Der harmonische Oszillator

Vorgabe:

Wir möchten einen harmonischen Oszillator simulieren und interessieren uns besonders für die Energien. Das fertige Wirkungsgefüge aus diesem Beispiel wird in **Kapitel 3.1 Vergleich der Integrationsverfahren beim Modell eines harmonischen Oszillators** verwendet.

1. Schritt:

Wir haben die Masse m , die Federhärte D , den Ort x , die Geschwindigkeit v , die Beschleunigung a , die Kraft F , die kinetische Energie E_{kin} , die potentielle Energie E_{pot} , sowie die Gesamtenergie E gegeben. Die Zeit t und den Zeitschritt dt müssen wir wie immer nicht definieren.

2. Schritt:

Wir setzen für m und D Konstanten (also 2), für x und v Sammelgrößen (auch 2) und für die restlichen Werte Funktionsgrößen (dies sind 5 Stück).

Das Ergebnis könnte so aussehen wie in Abb. 2-43:

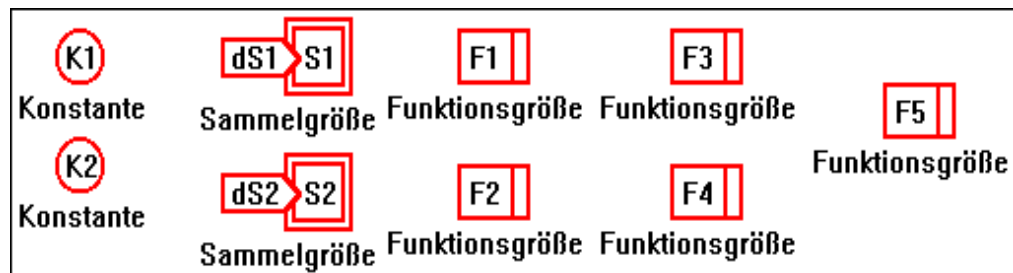


Abb. 2-43: Wirkungsgefüge aus SCHRITT2.VED

3. Schritt:

Wir nehmen folgende Einstellungen an den Symbolen vor:

Symbol	Name	Beschreibung	Wert	Startwert
Konstante	m	Masse	1	-
Konstante	D	Federkonstante	1	-
Sammelgröße	x	Ort	-	0.1
Sammelgröße	v	Geschwindigkeit	-	0
Funktionsgröße	F	Kraft	-	-
Funktionsgröße	a	Beschleunigung	-	-

Symbol	Name	Beschreibung	Wert	Startwert
Funktionsgröße	Epot	potentielle Energie	-	-
Funktionsgröße	Ekin	kinetische Energie	-	-
Funktionsgröße	E	Gesamtenergie	-	-

Wir geben also gleich die Werte der Konstanten und die Startwerte für die Sammelgrößen ein. Konkret schwingt hier also ein Massestück der Masse 1 kg an einer Feder der Federhärte 1 Nm^{-1} . Durch die Vorgabe der Startwerte beginnt unsere Simulation am Umkehrpunkt einer Schwingung mit Amplitude 0.1 m.

Das Ergebnis könnte so aussehen wie in Abb. 2-44:

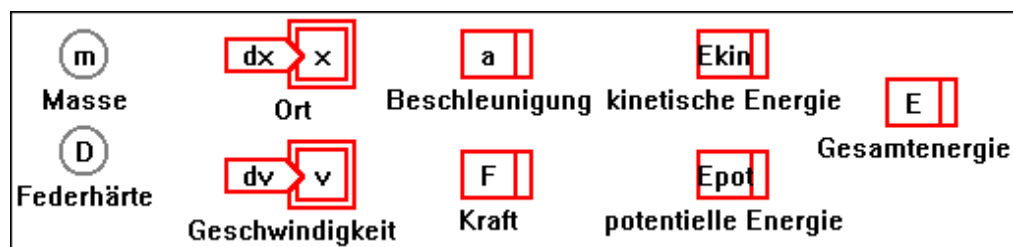


Abb. 2-44: Wirkungsgefüge aus SCHRITT3.VED

4. Schritt:

Jede direkte Abhängigkeit einer Größe von einer anderen wird durch einen Pfeil verdeutlicht. Wir müssen also eine ganze Reihe von Pfeilen setzen, nämlich 12 Stück:

Von m auf a, von m auf Ekin, von D auf F, von D auf Epot, von x auf Epot, von x auf F, von v auf Ekin, von v auf x, von a auf v, von F auf a, von Ekin auf E und von Epot auf E.

Das Ergebnis sieht man in Abb. 2-45:

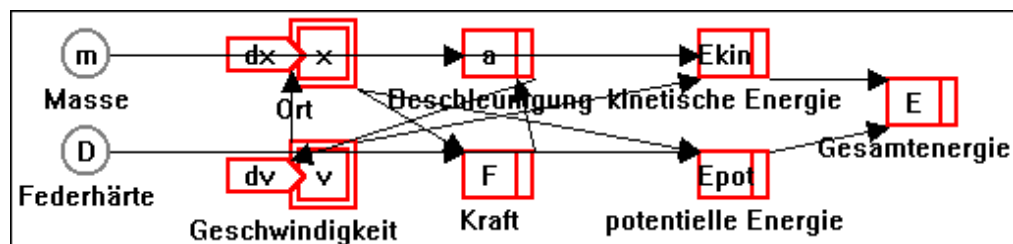


Abb. 2-45: Wirkungsgefüge aus SCHRITT4.VED

Schritt 5: Formeln eingeben:

Wir doppelklicken jeweils auf die Sammelgrößen und auf die Funktionsgrößen, um auf der Seite Berechnung die korrekten Formeln einzugeben:

dx	$v \cdot dt$
dv	$a \cdot dt$
a	F/m
F	$-1 \cdot D \cdot x$

dx	$v*dt$
E_{kin}	$0.5*m*v*v$
E_{pot}	$0.5*D*x*x$
E	$E_{kin}+E_{pot}$

Das Ergebnis könnte so aussehen (Abb. 2-46):

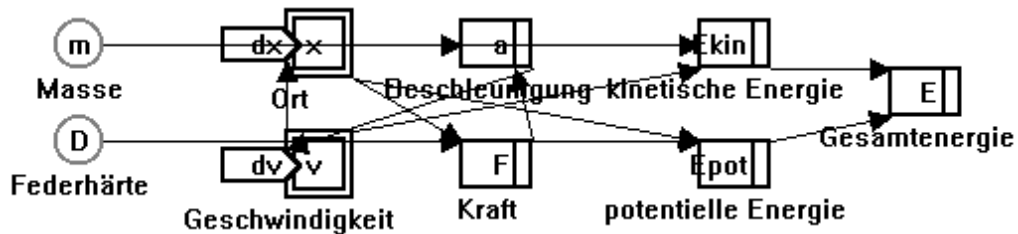


Abb. 2-46: Wirkungsgefüge aus SCHRITT5.VED

Schritt 6: Design:

Man sieht, dass nun kein Symbol mehr in roter Farbe (für ungültig) dargestellt wird. Doch obwohl VisEdit nun ein Kernprogramm erstellen kann und die physikalischen Zusammenhänge korrekt eingegeben wurden, ist ein solches Wirkungsgefüge nicht besonders aussagekräftig, da es völlig unübersichtlich ist.

Wir führen also etliche kosmetische Verbesserungen durch und geben dem ganzen eine Überschrift. Das Ergebnis könnte so aussehen wie in Abb 2-47:

Harmonischer Oszillator: Massestück an einer Feder

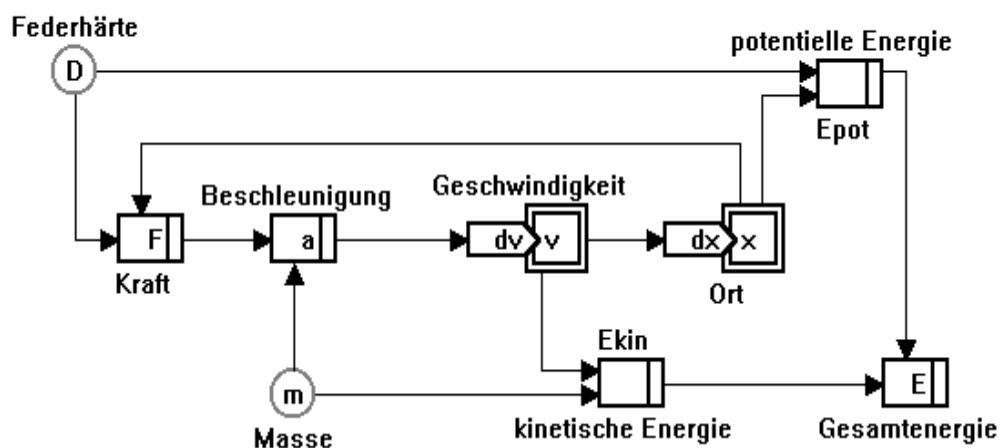


Abb. 2-47: Wirkungsgefüge aus SCHRITT6.VED

Schritt 7: Abspeichern und Kernprogramm erzeugen, wenn gewünscht:

Das fertige Wirkungsgefüge speichern wir ab. Wir können nun ein Kernprogramm erzeugen und uns mit PAKMA davon überzeugen, wie gut die Energie E erhalten bleibt. Genau dies wird in **Kapitel 3.1 Vergleich der Integrationsverfahren beim Modell eines harmonischen Oszillator** gemacht.

2.5 Glossar

In diesem Kapitel sollen kurze Erklärungen oder Definitionen zu wichtigen Begriffen gegeben werden.

doppelklicken:

Ein Doppelklick ist die schnelle zweimalige Betätigung der Standard-Maustaste. Einstellungen dazu nehmen Sie in der Windows-System-Steuerung vor.

Dynamisches System:

Ein dynamisches System besteht aus Zustandsgrößen und deren Beziehungen untereinander.

klicken:

Hier ist die Betätigung der Standard-Maustaste gemeint. Die Standard-Maustaste stellen Sie in der Windows-System-Steuerung ein. Voreinstellung ist die linke Maustaste.

PopUp-Menü:

So nennt man das Menü, das an der Mausposition erscheint, wenn die rechte Maustaste gedrückt wird. Ältere Programme besitzen oft keine solchen Menüs, während moderne Win95-Programme für jeden Bereich des Bildschirms spezielle PopUp-Menüs bieten.

Rechtsklick:

Dies ist ein anderes Wort für die Betätigung der rechten Maustaste. Wenn Sie in der Windows-System-Steuerung die Tasten vertauscht haben, wird natürlich die linke Maustaste angesprochen.

Scrollbalken:

Andere Bezeichnung für die Bildlaufleisten, mit deren Hilfe man den Inhalt eines Windows-Fensters verschieben kann.

VED-Datei:

VisEdit speichert seine Wirkungsgefüge in einem eigenen Dateiformat ab, das die Endung VED erhält. Solche Dateien können Sie auch nur mit VisEdit weiterverarbeiten.

Wirkungsgefüge:

Ein Wirkungsgefüge ist die grafische Repräsentation eines dynamischen Systems. Dabei werden die Zustandsgrößen als Symbole und die Beziehungen zwischen den Zustandsgrößen als Pfeile dargestellt.
