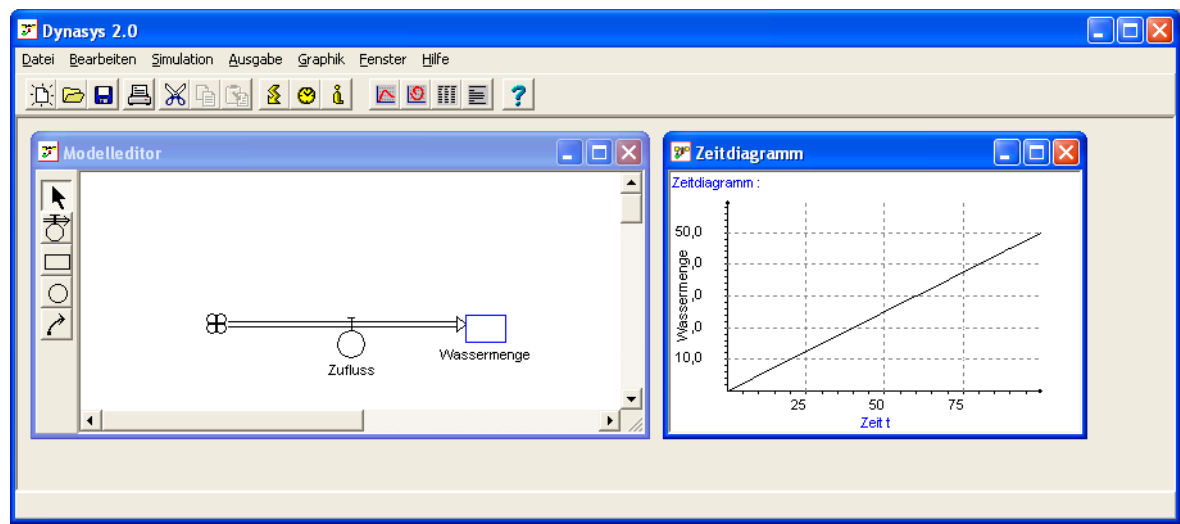
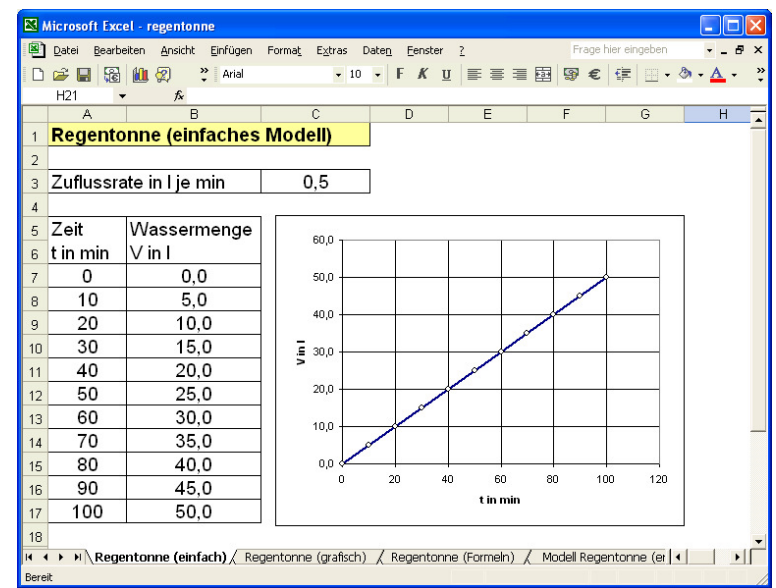


Modellbildung im Physikunterricht Überblick und Beispiele



Zitat 1

„Für fast alle Arbeiten an höheren Schulen – und sicher für alle Arbeiten an den Grundschulen- ist die Suche nach Material im Internet nicht nur unnötig, sondern schadet sogar. Ich würde lieber die Arbeit eines Sechstklässlers über die Schmetterlinge lesen, nachdem er Pfauenaugen über einer Sommerwiese beobachtet hat, als eine Multimedia-Show aus dem Internet mit den neuesten entomologischen Forschungsergebnissen ansehen zu müssen. (S.21)

Zitat 2

Ein engagierter Lehrer braucht keinen Computer und ein schlechter Lehrer wird durch ihn nicht besser. (S.35)



Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse aus 12 Studien zum computergestützten Lernen

1. Lernerfolg

Schülerinnen und Schüler lernen für gewöhnlich mehr, wenn sie computerunterstützt unterrichtet werden.

Lernerfolg bei

- traditionell unterrichteten Schülerinnen und Schülern: **50%**
- computergestützt unterrichteten Schülerinnen und Schülern: **64%**

2. Zeitlicher Aufwand

Schülerinnen und Schüler erledigen ihre Aufgaben mit dem Computer in kürzerer Zeit. Durchschnittliche Ersparnis an Unterrichtszeit: 34%

3. Einstellung zum Unterricht

Schülerinnen und Schülern gefällt es besser, wenn sie mit Hilfe des Computers unterrichtet werden.

4. Einstellung zum Computer

Schülerinnen und Schülern entwickeln dann eine positive Einstellung zum Computer, wenn sie positive Erfahrungen mit ihm machen.

5. Einstellung zum Unterrichtsstoff

Der Einsatz des Computers führt nicht in allen untersuchten Bereichen zu positiven Effekten.

Fazit:

Für den Lernerfolg ist nicht das Medium an sich ausschlaggebend, sondern die mit dem Medium realisierte Lehrmethode.

Probleme der Untersuchungen

Konfundierung

Zwei Gruppen wurden untersucht, eine mit einer ohne Computerunterstützung. Die Effektstärke sinkt merklich, wenn ein Lehrer beide Gruppen unterrichtet.

Neuigkeitseffekt

Bei Studien die sich über einen Zeitraum von mehr als 8 Wochen erstrecken, ist die Effektstärke geringer als bei kürzeren Versuchszeiträumen.

Quellenangabe:

Urahn, Prenzel, von Davier, Senkbeil, Bleschke:

Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung

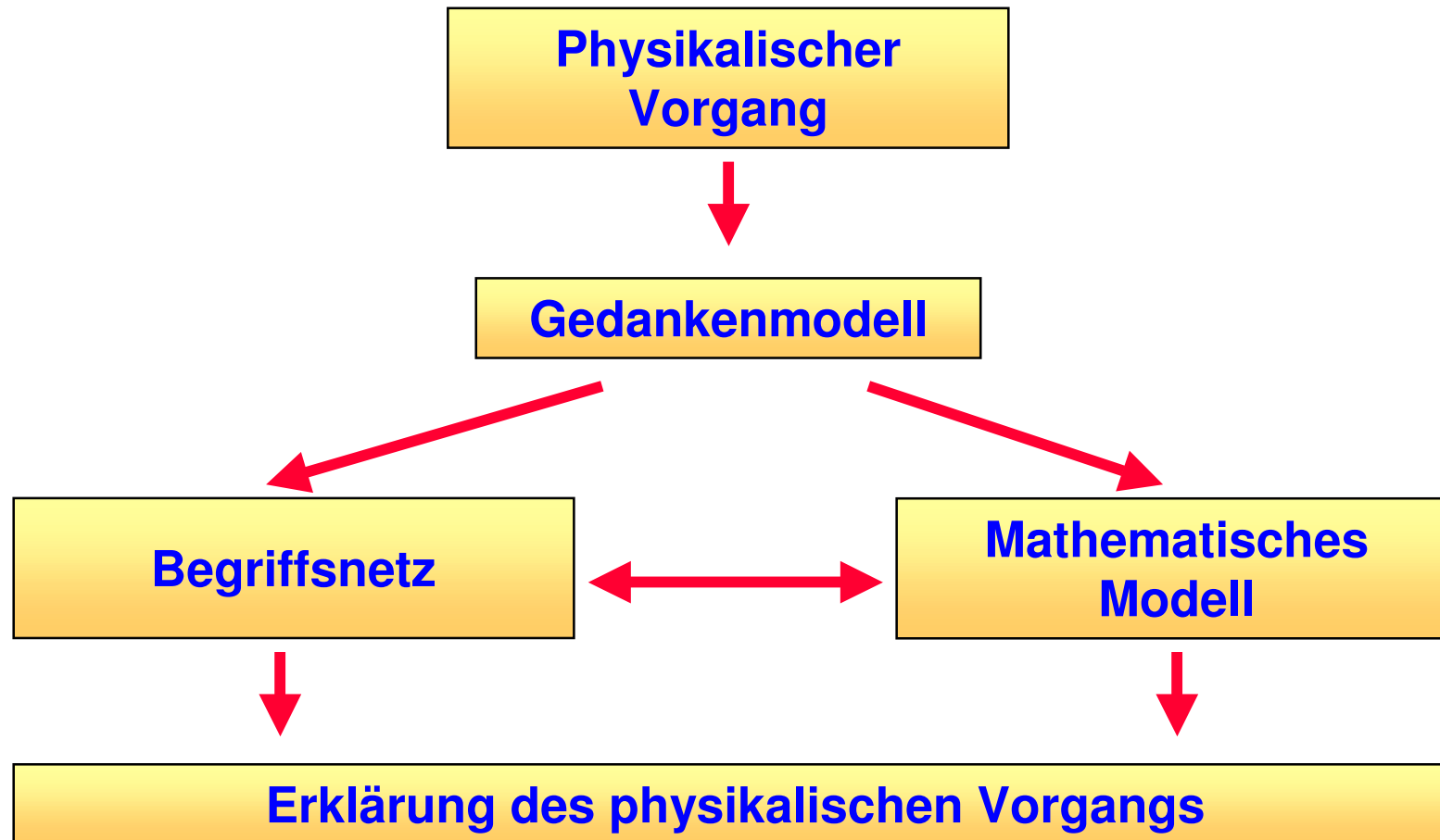
in Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 6, 2000, S.157-186

Einsatzmöglichkeiten des Computers im naturwissenschaftlichen Unterricht

- **Quantitatives Messen**
- **Aufbereitung von Daten**
- **Konstruktion von Modellen**
- **Anwendung fertiger Modelle**
- **Veranschaulichung naturwissenschaftlicher Zusammenhänge**
- **Beschaffung und Bewertung von Information**
- **Kommunikation und Präsentation von Wissen**

Prinzipien für den Computereinsatz Unterricht

- Lernen mit dem Computer statt Lernen über den Computer: Computer ist Werkzeug zur Bearbeitung von Fragestellungen.
- Mehrwert gegenüber klassischem Vorgehen ohne Computer
- sinnvolles Verhältnis von Einarbeitung und Nutzung: wenige Anwendungen häufig einsetzen
- integrierter Einsatz mit Realexperimenten
- Entlastung von Routinen - Förderung anspruchsvollen Lernens
- Verbindung mit klaren Aufgabenstellungen



Grundbegriffe der Modellbildung

Modell

Ein Modell ist nichts weiter als eine möglichst systematische Reihe möglichst realer Annahmen über ein wirkendes System - das Ergebnis des Versuchs, durch Wahrnehmung und mit Hilfe vorhandener Erfahrung eine von vielen Beobachtungen auszuwählen, die auf das betreffende Problem anwendbar sind, und so einen Ausschnitt aus der sinnverwirrend komplizierten Wirklichkeit zu verstehen.

MEADOWS, 1973, Die Grenzen des Wachstums, Reinbek, Rowohlt

Modellarten

- gegenständliche Modelle
- Gedankenmodelle
- mathematische Modelle

Grundbegriffe der Modellbildung

Modellbildungssysteme

Der Anwender erzeugt ein System von Differenzen- und Funktionsgleichungen, vorzugsweise (aber nicht notwendigerweise) als Arbeitsumgebung auf einem Computer.

Dadurch wird eine quantitative Vorhersage über den Ablauf von Prozessen möglich.

Software:

Spezielle Programme: DYNASYS , STELLA

Tabellenkalkulationen: z.B. MS Excel

Simulation

Eine Simulation ist die zielgerichtete Arbeit mit einem Modell eines Systems. Bei Computersimulationen liegt das jeweilige Modell als Programm (Algorithmus) auf einen Rechner vor.

Grundbegriffe der Modellbildung

System

Ein System ist ein geordnetes Zusammenwirken von Elementen.

Merkmale von Systemen

- Es existieren mehrere abgrenzbare Komponenten (Systemelemente).
- Zwischen den Komponenten bestehen Beziehungen.
- Es kann eine Grenze zwischen dem System und seiner Umwelt angegeben werden.
- Es bestehen Wechselwirkungen zwischen System und Systemumgebung.

Grundbegriffe der Modellbildung

Systemdynamik

Die Systemdynamik ist eine Herangehensweise an die Analyse und Konstruktion von Modellen.

Grundannahme:

Beliebige Systeme können mit einer einfachen, einheitlichen, formalen Sprache beschrieben werden - unabhängig davon wie einfach oder komplex das zu beschreibende System ist, unabhängig davon welche Emotionen, Wertungen und Affekte an das Handeln im System bzw. an die Analyse des Systems gekoppelt sind.

**Die Welt besteht aus Systemen,
und wer sie beschreiben kann, versteht die Welt.**

Grundbegriffe der Modellbildung

Bausteine zur Beschreibung und Analyse von Systemen

- Zustandsgrößen
- Änderungsraten
- Einflussgrößen

Grundlage für die Konstruktion von Modellen

$$\text{Zustandsgröße}(t+\Delta t) = \text{Zustandsgröße}(t) + \text{Änderungsrate} \cdot \Delta t$$

Numerische Verfahren

- EULER – Verfahren
- RUNGE-KUTTA-Verfahren

Grafische Modellbildungssoftware DYNASYS

Bezugsquelle: www.hupfeld-software.com

Win 98/Win95/WinME

Dynasys 1.27 Freeware-Version 08/01/2003 306.38 Kb

Win2000/WinXP

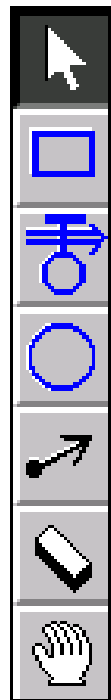
Dynasys 2.0 Freeware – Version 29/04/2004 738.38 Kb

Hinweis: Dynasys 1.27 läuft im Kompatibilitätsmodus auch unter WinXP.

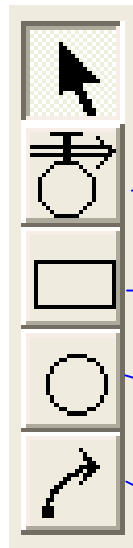
Für beide Versionen:

Dynasys Handbuch 17/11/2002 440.57 Kb

Derzeit sind mit Dynasys 1.27 erstellte Modelldateien nicht mit Dynasys 2.0 zu öffnen.



Dynasys 1.27



Dynasys 2.0

Werkzeug zum Markieren

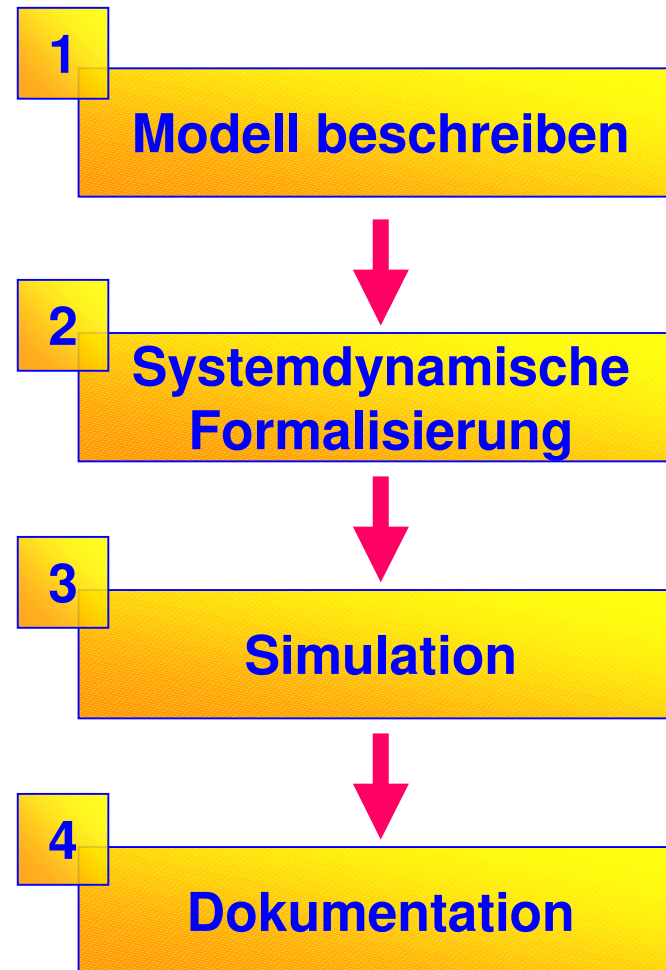
Änderungsrate

Zustand

Einflussgröße

Wirkungspfeil
zur Darstellung funktionaler Zusammenhänge

Vorgehensweise im Unterricht



- Beispiel Abkühlung einer Tasse Tee

1. Modell beschreiben

1.1 Ziele und Zweck des Modells verbal beschreiben

- Prognose der zeitlichen Änderung der Temperatur eines sich abkühlenden Tees

1.2 Elemente des Systems

- Temperatur einschließlich Startwert, Abkühlungsrate, Außentemperatur, Tasseneigenschaften

1.3 Grenzen des Systems benennen

- Spezielle physikalische Größen (z.B. spez. Wärmekapazität) werden nicht betrachtet, aufsteigender Wasserdampf oder Wärmestrahlung gehen nicht als Einflussfaktoren ein.

1.4 Beziehungen zwischen den Elementen beschreiben

- Je größer die Differenz zwischen Außentemperatur und Temperatur des Tees, desto größer die Abkühlung.
- Je größer der Faktor Tasseneigenschaften, desto größer die Abkühlung.

1.5 Erwartetes Verhalten beschreiben

- Siehe (a). Der Einflüsse von Außentemperatur und der Tasseneigenschaften auf die zeitliche Änderung des können mit dem Modell untersucht werden.

Die Schritte im Einzelnen ...

(x) allgemein

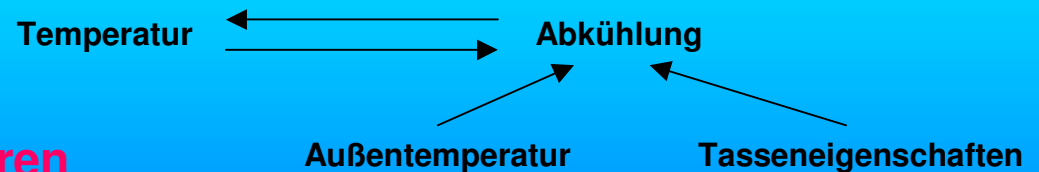
- Beispiel Abkühlung einer Tasse Tee

2. Systemdynamische Formalisierung

2.1 Modellelemente den Typen Zustandsgröße, Änderungsrate und Einflussgrößen zuordnen und die Art der Zuordnung unterscheiden (iterativ oder funktional)

- Zustandsgröße: Temperatur (iterativ)
- Einflussgrößen: Außentemperatur, Tasseneigenschaften
- Änderungsrate: Abkühlung (funktional)

2.2 grafisches Wirkungsnetz mit Begriffsknoten und Beziehungslinien skizzieren



2.3 Modellelemente und Beziehungen quantifizieren: Funktionen definieren, Parameter und Anfangsbedingungen setzen

- Anfangstemperatur: 64 °C, Außentemperatur: 20 °C
- Tasseneigenschaften: Parameter willkürlich festlegen, geeigneter Wert muss beim Simulieren gefunden werden
- $\text{Abkühlung} = (\text{Temperatur} - \text{Außentemperatur}) \cdot \text{Tasseneigenschaften}$

Die Schritte im Einzelnen ...

3. Simulation

3.1 Implementierung des Modells auf dem Computer

3.2 Numerik festlegen

- EULER-Verfahren zumeist ausreichend

3.3 Systemverhalten durch Ändern von Parametern untersuchen und Ergebnisse darstellen

- besten Faktor Tasseneigenschaften finden

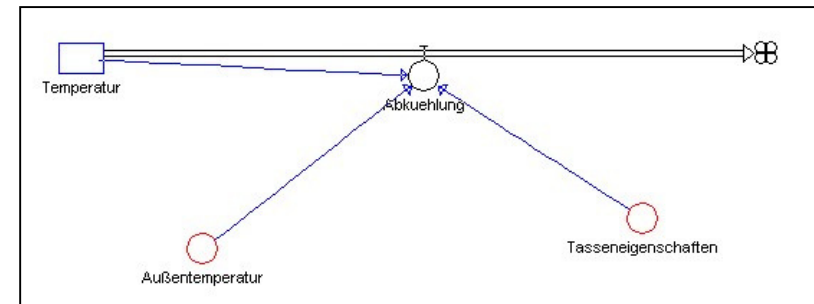
3.4 Vergleich

Modelldaten – Realdaten

3.5 Modell wenn nötig modifizieren

(x) allgemein

- Beispiel Abkühlung einer Tasse Tee



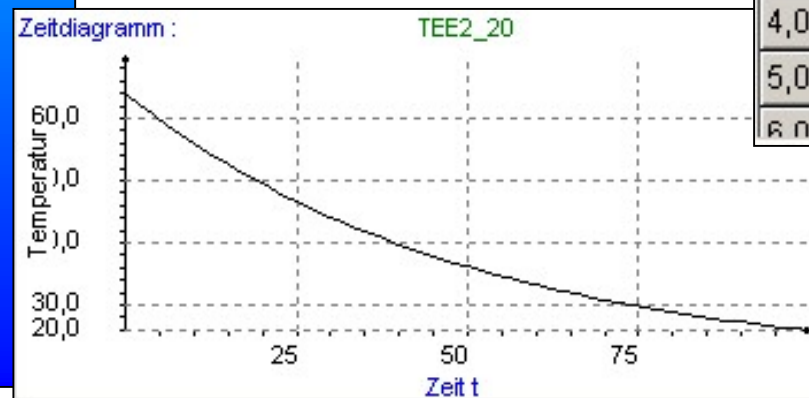
Zustandsgleichungen
 Temperatur.neu = Temperatur.alt + dt*(-Abkuehlung)
 Startwert Temperatur = 64

Zustandsänderungen
 Abkuehlung = (Temperatur-Außentemperatur)*Tasseneigenschaften

Parameter
 Außentemperatur = 20
 Tasseneigenschaften = 0,02

Zwischenwerte

Zeit	Temperatur
0,00	64,00
1,00	63,13
2,00	62,27
3,00	61,44
4,00	60,62
5,00	59,81
6,00	59,02



4. Dokumentation

(x) **allgemein**

- Beispiel Abkühlung einer Tasse Tee

4.1 ausgewählte Simulationsergebnisse darstellen und bewerten

- Messtabelle und Diagramm desjenigen Temperaturverlaufs angeben, der die Realmessung am besten widerspiegelt.
- Vergleich Realmessung - Modelldaten, Genauigkeit bewerten

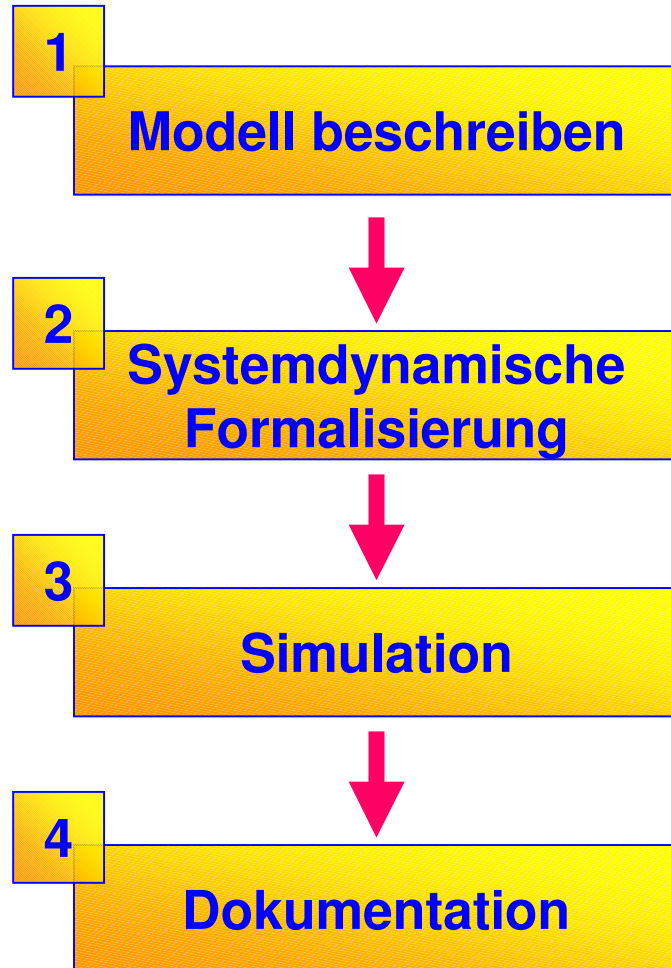
4.2 Modellstruktur erläutern

- vgl. Punkt 2. Systemdynamische Formalisierung

4.3 Ziele und Grenzen der Modellannahmen angeben

- Welche Werte für den Faktor Tasseneigenschaften sind realistisch?
- Vorzeichen des Faktors Tasseneigenschaften diskutieren
- Spezielle physikalische Größen wie z.B. Masse des Tees, spezifischer Wärmekapazität der Tasse und des Tees werden im Modell nicht differenziert betrachtet.

Modellbildungsprozess



Beide Schritte können mit grafikorientierten Modellbildungssystemen wie z.B. DYNASYS parallel durchgeführt werden.

Rahmenlehrplanbezüge Grundschule,

vgl. Rahmenlehrplan Physik Grundschule, S. 23

Arbeiten mit einer Tabellenkalkulation	<p>Hierzu zählen</p> <ul style="list-style-type: none"> – das Eingeben von Messwerten in eine Tabelle, – einfache Berechnungen in einer Tabelle sowie – das grafische Darstellen von Messwerten. <p>Der Einsatz einer Tabellenkalkulation ist mindestens einmal im Unterricht verbindlich zu thematisieren. Hierfür bieten sich zum Beispiel die Zusammenhänge zwischen Masse und Volumen sowie zwischen Weg und Zeit an.</p>
Arbeiten mit Simulationen unter Verwendung eines Computers	<p>Dieser Bereich umfasst vorrangig das Erforschen physikalischer Erscheinungen mithilfe von Simulationen. Voraussetzung dafür ist das Vorhandensein einer geeigneten Simulationssoftware, die das jeweilige Modell in geeigneter Weise repräsentiert. Auf die Konstruktion von Modellen am Computer (nicht auf die Veränderung von Parametern) sollte in den Jahrgangsstufen 5 und 6 verzichtet werden.</p>
Erfassen von Messwerten mithilfe eines Messinterfaces	<p>Dieser Bereich sollte, sofern die technischen Voraussetzungen an der Schule vorhanden sind, im Unterricht thematisiert werden. Das Messinterface ist, ebenso wie der Computer selbst, als Blackbox einzuführen, wobei jedoch Klarheit darüber bestehen muss, welche Größe jeweils gemessen wird.</p>

Rahmenlehrplanbezüge Sekundarstufe I

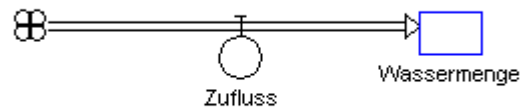
- **Veranschaulichung der Zeitabhängigkeit physikalischer Größen, z.B.**

$$Q = P_{\text{th}} \cdot \Delta t \quad \Delta s = v \cdot \Delta t \quad \Delta v = a \cdot \Delta t$$

- **Abkühlungsvorgänge**
- **Fallbewegung in Luft**
- **Harmonische Schwingungen**
- **Radioaktiver Zerfall**

Modellbeispiele mit Modellgleichungen und Parametern

Regentonne



Zustandsgleichungen

$$\text{Wassermenge.neu} = \text{Wassermenge.alt} + dt * (\text{Zufluss})$$

Startwert Wassermenge = 0

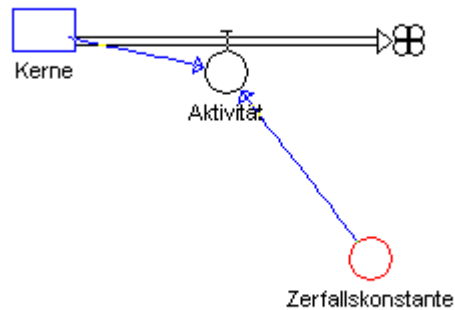
Zustandsänderungen

$$\text{Zufluss} = 0,5$$

Parameter

Zwischenwerte

Kernzerfall



Zustandsgleichungen

$$\text{Wassermenge.neu} = \text{Wassermenge.alt} + dt * (\text{Zufluss})$$

Startwert Wassermenge = 0

Zustandsänderungen

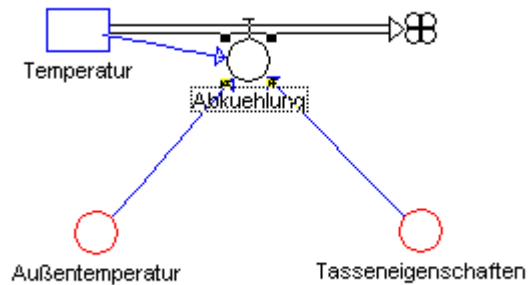
$$\text{Zufluss} = 0,5$$

Parameter

Zwischenwerte

Anhang: Beispiele mit Modellgleichungen und Parametern

Abkühlen einer Tasse Tee



Zustandsgleichungen

$$\text{Temperatur.neu} = \text{Temperatur.alt} + dt * (-\text{Abkuehlung})$$

Startwert Temperatur = 64

Zustandsänderungen

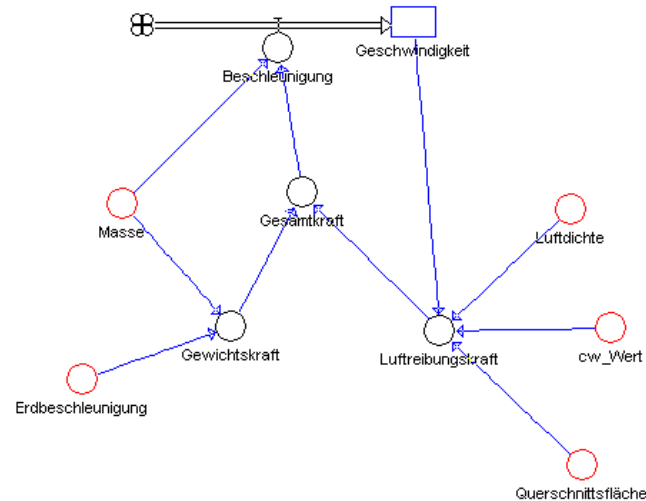
$$\text{Abkuehlung} = (\text{Temperatur} - \text{Außentemperatur}) * \text{Tasseneigenschaften}$$

Parameter

Außentemperatur = 20
Tasseneigenschaften = 0,02

Zwischenwerte

Freier Fall in Luft



Zustandsgleichungen

$$\text{Geschwindigkeit.neu} = \text{Geschwindigkeit.alt} + dt * (\text{Beschleunigung})$$

Startwert Geschwindigkeit = 0

Zustandsänderungen

$$\text{Beschleunigung} = \text{Gesamtkraft} / \text{Masse}$$

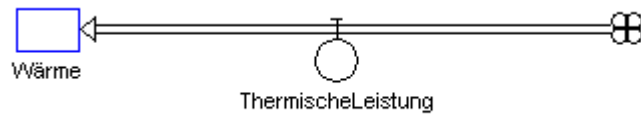
Parameter

Masse = 100
Querschnittsfläche = 100
Erdbeschleunigung = 9,81
cw_Wert = 0,45
Luftdichte = 1,29

Zwischenwerte

Gewichtskraft = Masse * Erdbeschleunigung
Luftreibungskraft = $-0,5 * cw_Wert * Luftdichte * Querschnittsfläche * Geschwindigkeit * Geschwindigkeit$
Gesamtkraft = Gewichtskraft + Luftreibungskraft

Wärmeabgabe einer Heizplatte



Zustandsgleichungen

$$\text{Wärme.neu} = \text{Wärme.alt} + dt * (\text{ThermischeLeistung})$$

Startwert Wärme = 0

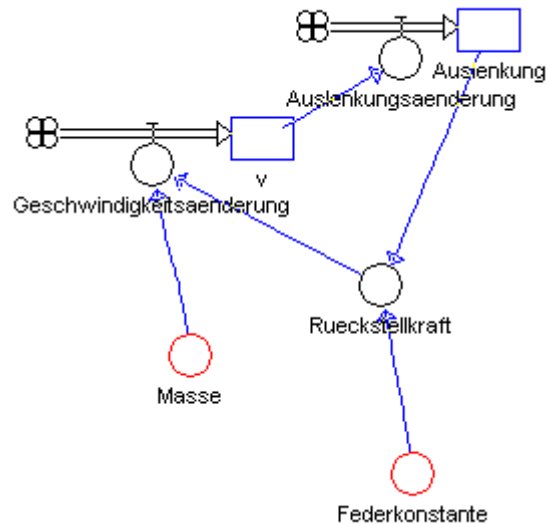
Zustandsänderungen

$$\text{ThermischeLeistung} = 550$$

Parameter

Zwischenwerte

Federschwinger



Zustandsgleichungen

$$\text{Auslenkung.neu} = \text{Auslenkung.alt} + dt * (\text{Auslenkungsänderung})$$

Startwert Auslenkung = 0

$$v.\text{neu} = v.\text{alt} + dt * (\text{Geschwindigkeitsänderung})$$

Startwert v = 1

Zustandsänderungen

$$\text{Auslenkungsänderung} = v$$

$$\text{Geschwindigkeitsänderung} = \text{Rueckstellkraft} / \text{Masse}$$

Parameter

$$\text{Masse} = 0,1$$

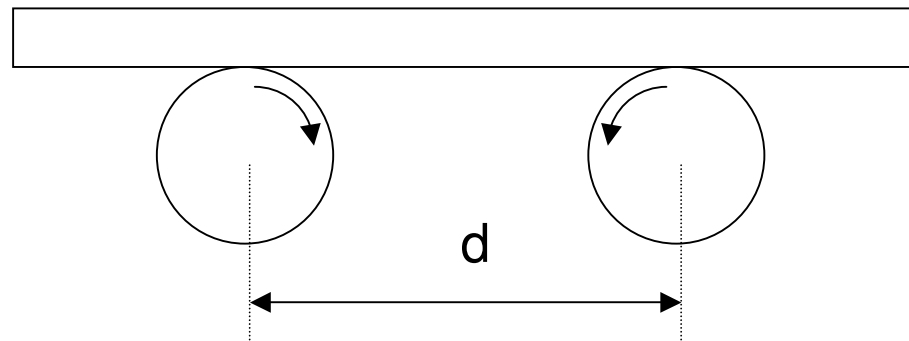
$$\text{Federkonstante} = 15$$

Zwischenwerte

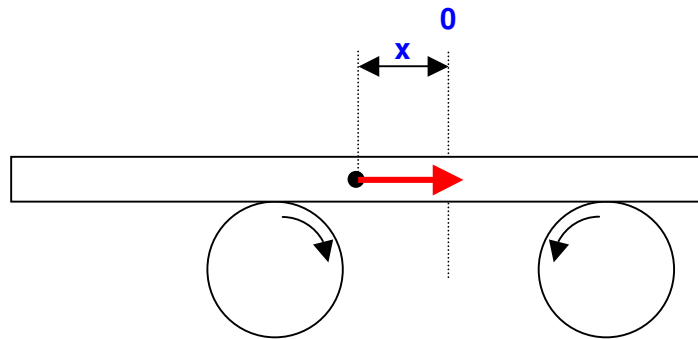
$$\text{Rueckstellkraft} = -\text{Auslenkung} * \text{Federkonstante}$$

Ein homogener Stab der Masse m liegt auf zwei Flaschen, die sich mit gleicher Frequenz, wie in der Abbildung gezeigt gegeneinander, drehen.

Was wird passieren?



Schwingender Stab



- d Abstand der Drehachsen
- μ_{gl} Gleitreibungszahl zwischen
Walzen und Stab
- g Erdbeschleunigung
- T Periodendauer
- D Richtgröße

Schwingungsdauer

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{d}{\mu_{gl} \cdot g}}$$

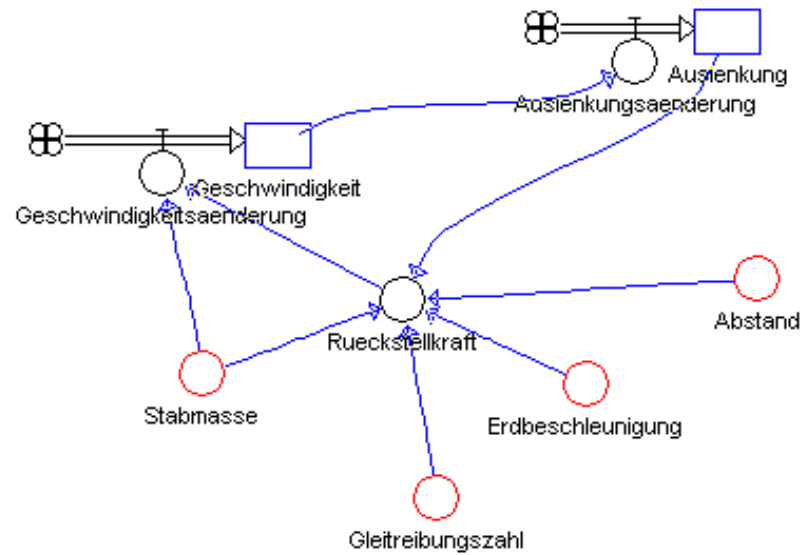
Für harmonische Schwingungen gilt:

$$\frac{-F_{Rück}}{x} = D \quad \text{mit } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$$

daraus folgt:

$$F_{Rück} = -\frac{\mu_{gl} \cdot m \cdot g \cdot x}{d}$$

Schwingender Stab

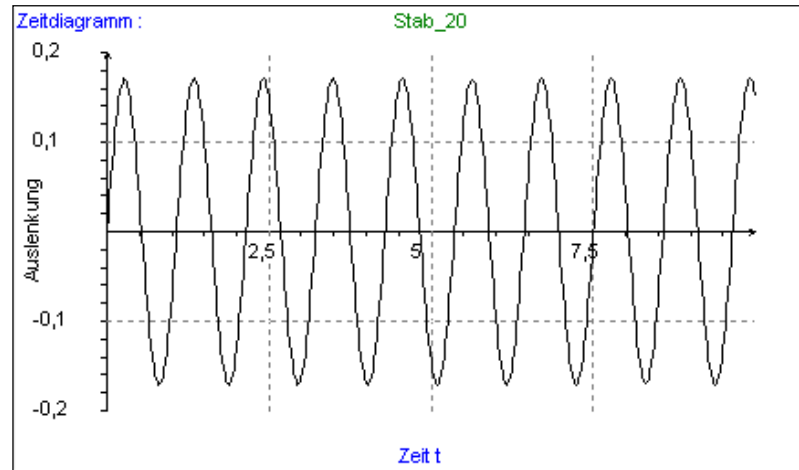


Zustandsgleichungen
Auslenkung.neu = Auslenkung.alt + dt*(Auslenkungsänderung)
Startwert Auslenkung = 0
Geschwindigkeit.neu = Geschwindigkeit.alt + dt*(Geschwindigkeitsänderung)
Startwert Geschwindigkeit = 1

Zustandsänderungen
Auslenkungsänderung = Geschwindigkeit
Geschwindigkeitsänderung = Ruckstellkraft/Stabmasse

Parameter
Erdbeschleunigung = 9,81
Stabmasse = 0,4
Gleitreibungszahl = 0,7
Abstand = 0,2

Zwischenwerte
Ruckstellkraft = -Auslenkung*Stabmasse*Erdbeschleunigung*Gleitreibungszahl/Abstand



Literaturquellen und Links

Horst Schecker: Warum nicht mal numerisch? in PLUS LUCIS 3/99, siehe auch http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/993/s17_21.pdf (13.11.2005)

Horst Schecker und Thomas Bethge: Fallschirmspringer und Meteore, in Computer+Unterricht 1/1991, S.29-34

Diese Zeitschrift ist unter <http://www.friedrich-verlag.de/index.cfm> bestellbar.

H.Schwarze: Praxis der Naturwissenschaften Physik, Themenheft Simulationsprogramme – Modellbildungssysteme, Heft 3/48, 15.April 1999, S. 1-40

Link zur Modellbildung und zu DYNASYS <http://www.modsim.de/>

Downloadmöglichkeit für DYNASYS: www.hupfeld-software.com

Horst Schecker, Thomas Bethge, Modellbildungssysteme im Physik-, Biologie- und Mathematikunterricht, Institut für Didaktik der Physik, Bremen 1995