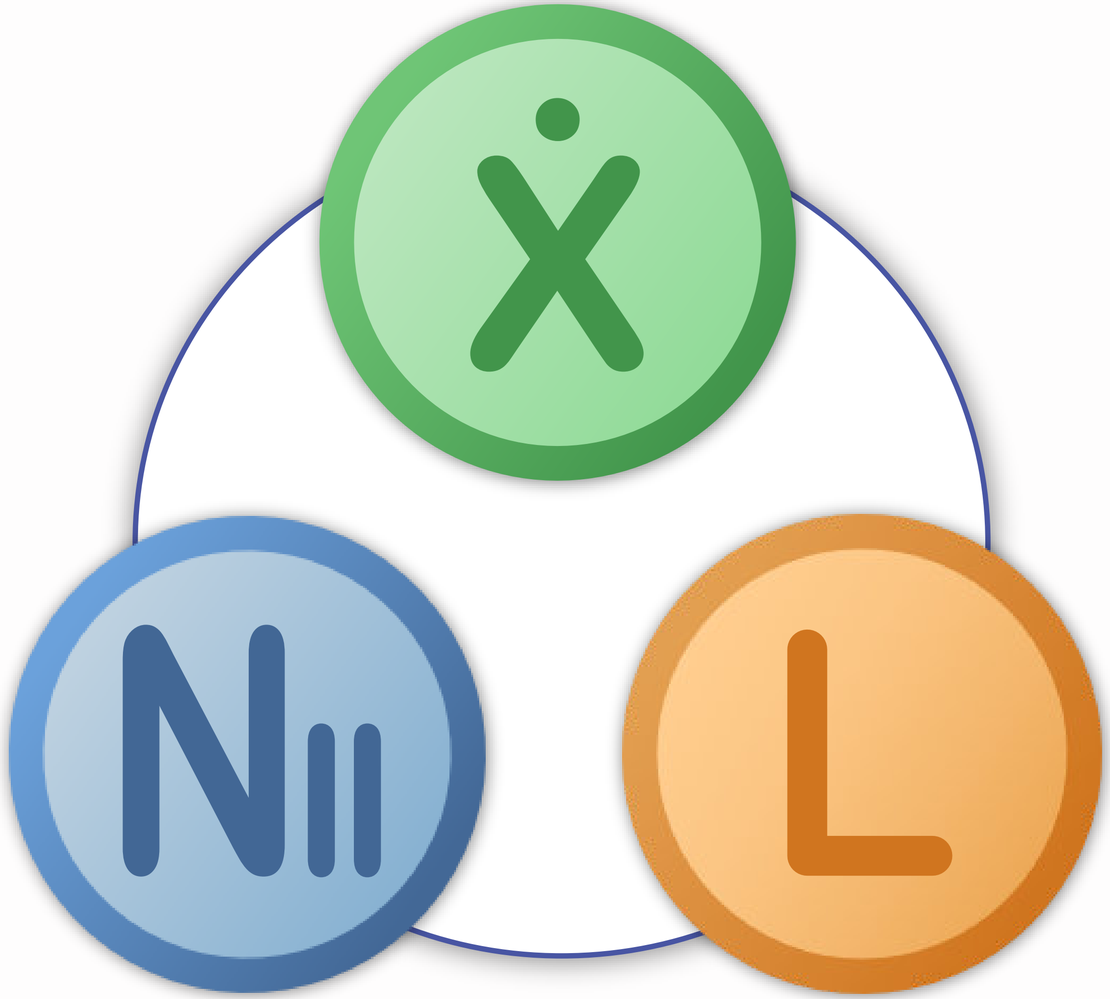
Herzlich Willkommen!

Konzept und Einsatzmöglichkeiten der „Num-Apps“



Dr. Stephan Lück

Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik

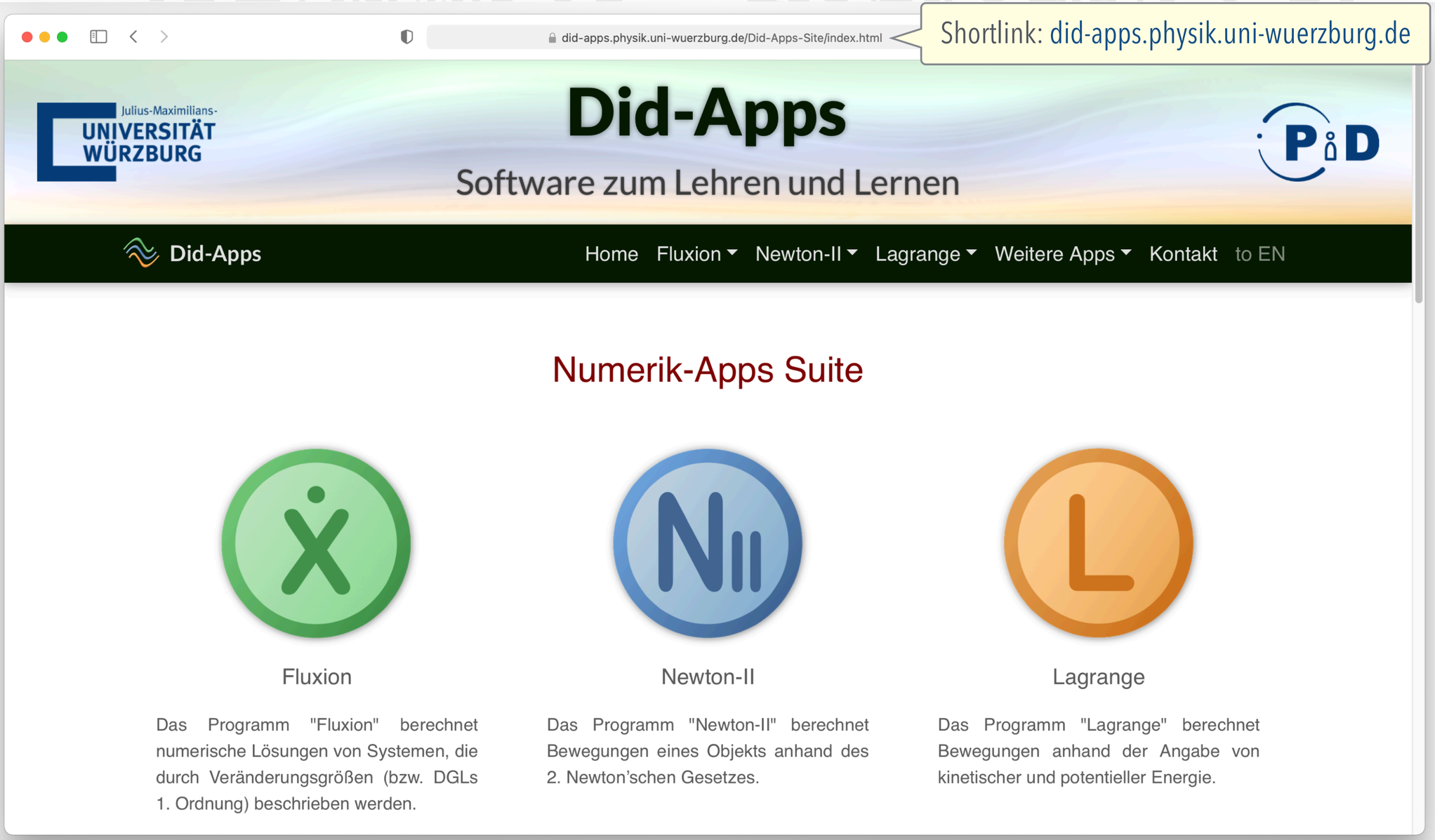
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Vortragsverlauf

- Worum geht’s und woher kommt’s?
- Idee & Konzept der Num-Apps
- Exkurs: Modellierung im Physikunterricht
- Welches Programm wofür und wie einsetzen?
- Bezüge zu Bildungsstandards und Lehrplänen
- *Session 2: Vorführung der einzelnen Programme mit Beispielen*

Worum geht's?

Shortlink: did-apps.physik.uni-wuerzburg.de



Entstehung / Ausgangssituation

- Entstanden aus dem eigenen Unterricht - ich wollte auch realistische Beispiele behandeln (ursprünglich Mechanik: Ballwurf/Schwingung mit Reibung, mehrstufige Rakete etc.)
- Das Erkennen von Zusammenhängen und Abhängigkeiten ist mir besonders wichtig (Wirkungen lassen sich auf Ursachen zurückführen -> umfassenderes Systemverständnis & wesentliches wissenschaftliches Konzept wird vermittelt)
- Habe eine Softwarelösung gesucht, weil Bilder zu rudimentär und Filme zu unflexibel sind (und weil für viele Probleme weder Bilder noch Filme existieren)
- Ich wollte mit Hilfe der Software Ideen der SuS schnell/live mit ihnen überprüfen können (*unterstütztes forschendes Lernen* - Idealvorstellung: eigenes forschendes Lernen der SuS)
- Förderung der Interpretation naturwissenschaftlicher Ergebnisse anhand von Diagrammen
- Fernziel: Training des Systemverständnisses der SuS durch *Modellierung phys. Sachverhalte*

Warum Modellierung beim Physik-Lernen?

Die Modellierung physikalischer Systeme bietet vielschichtige Lernaspekte:

- Fördert das Denken in Zusammenhängen (*systemisches Denken*)
- Vertieft das Verständnis von physikalischen Inhalten
- Fördert nachhaltiges Behalten von physikalischen Konzepten
- Unterstützung der Hypothesenbildung und der Interpretation v. Ergebnissen
- Nachahmung wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung
- Übt den Umgang mit abstrakten Beschreibungen (Symbole/Formeln)
- Motivationssteigerung durch Möglichkeit realistische Kontexte zu behandeln

Einordnung in die Softwarelandschaft

Berechnungesprogramme in d

Recherche / aktuelle Markübersic

Die für eine Modellierung physikalischer Prozesse geeignet sind.

Numerische Berechnung

- MATLAB, Scilab, Octave
- Stella, Powersim, Vensim, (Simgua)
- Modellus, (Dynasys)
- Coach 7, Tracker
- NetLogo, EJS
- Yenka (früher Crocodile Physics)
- Fluxion, Newton-II, Lagrange

Computer-Algebra-Systeme (CAS)

- Mathematica, Maple, (MuPAD), (Mathcad)
- TI-Nspire (früher Derive)
- LiveMath
- Euler, Maxima, Axiom, yacas
- Geogebra

Excel etc.

Warum Modellierung beim Physik-Lernen?

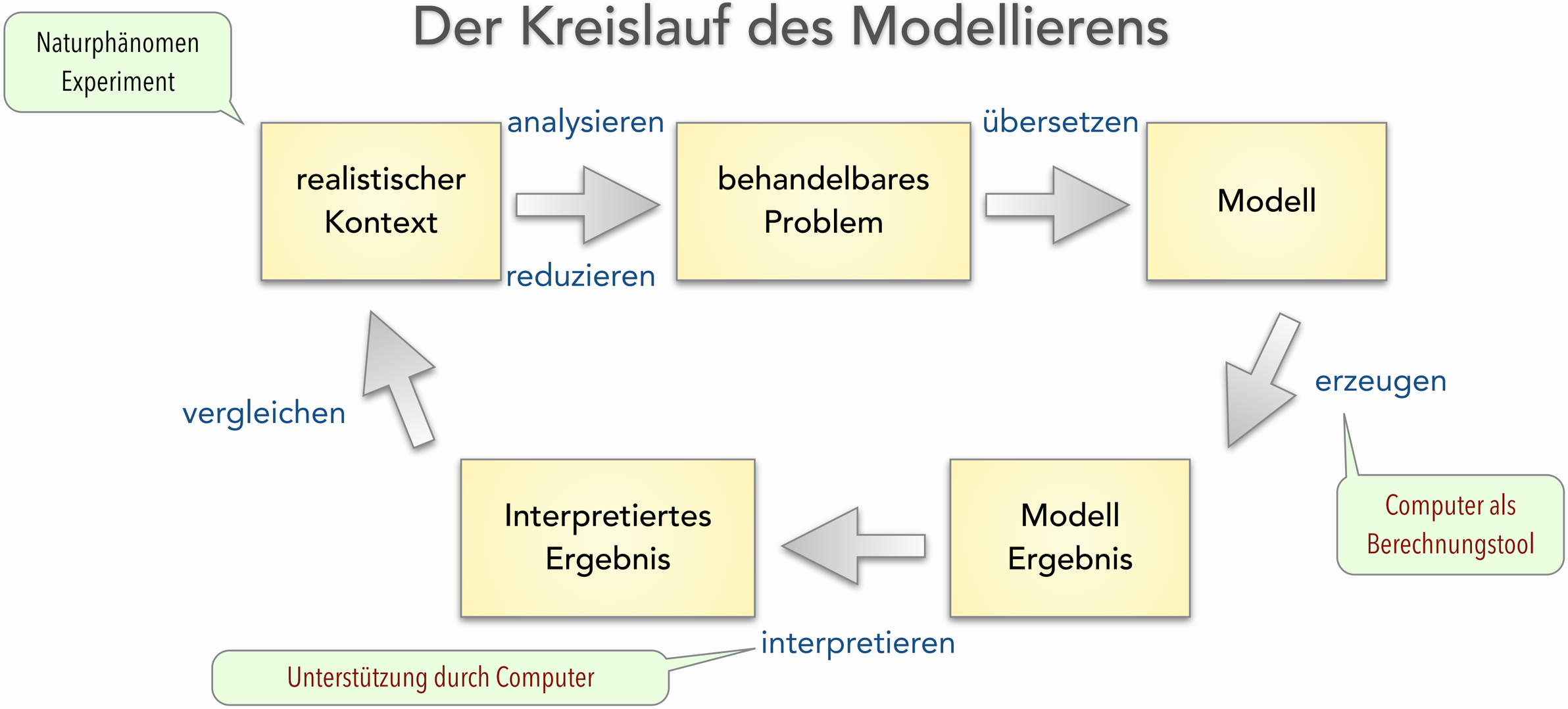
Bei der Modellierung lassen sich folgende kognitiven Prozesse finden:

- **Abgrenzung:** Nichtberücksichtigung irrelevanter Objekte
- **Reduktion:** Weglassen von Objektdetails
- **Dekomposition:** Zerlegung, Auflösung in einzelne Segmente
- **Aggregation:** Vereinigung, Zusammenfassen von Segmenten zu einem Ganzen
- **Abstraktion:** Begriffs- bzw. Klassenbildung

⇨ auch *allgemeine* kognitive Fähigkeiten werden geschult!

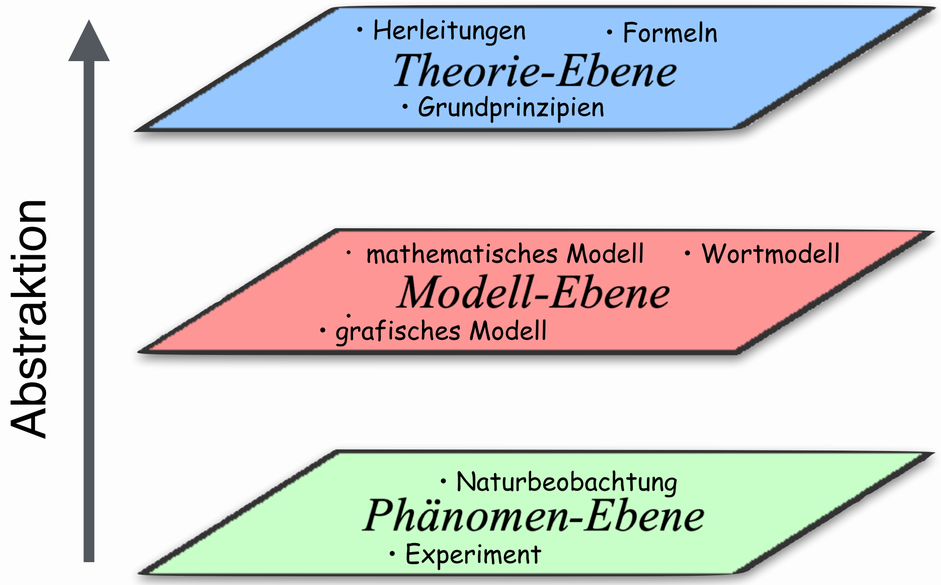
Typischer Ablauf einer Modellierung

Der Kreislauf des Modellierens

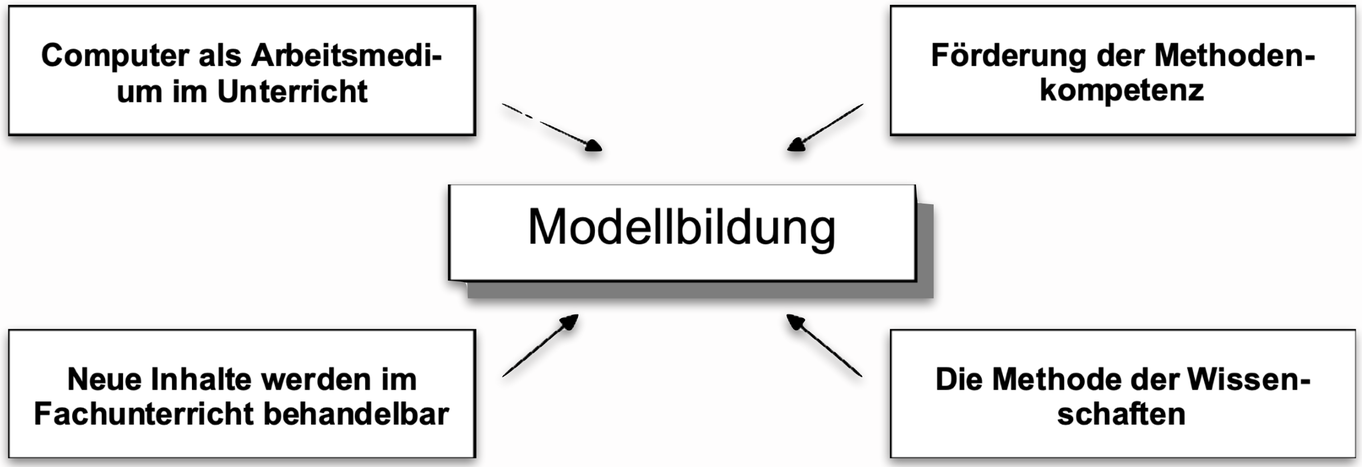


Weitere Aspekte zur Modellierung

Modell-Ebenen



Fachdidaktische Bezüge der Modellbildung im Fachunterricht



nach J. LEISEN - Modellbildungssysteme zur Simulation dynamischer Vorgänge

Aktueller Status Quo

- Es wurde erkannt: Mathematische Modellierung ist ein wichtiger Aspekt im mediengestützen Physikunterricht.
- In Sachsen ist die Modellierung in den Lehrplänen verschiedener Fächer aufgenommen.
- Modellierung wird in Einzelaspekten in bestimmten Physik-Schulbüchern integriert.

jedoch!!!

Modellierung im Physikunterricht ist trotz so wichtiger Lernaspekte und trotz Lehrplanvorgaben noch (zu) wenig verbreitet.

Probleme bei der Modellierung

Viele Schüler haben große Probleme bei der Modellierung selbst einfacher, unkomplizierter physikalischer Sachverhalte.

Gründe:

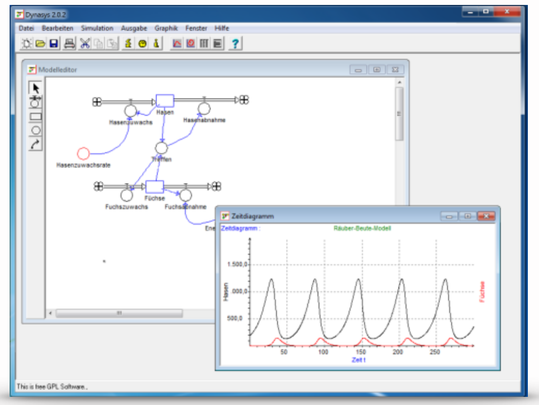
- Lösung der mathematischen Gleichungen ist zu schwierig
- Komplexität der Gleichungen ist zu hoch
- Programmieren des Modells ist zu anspruchsvoll
- Gewöhnliche Software ist meist zu umständlich zu bedienen und muss zu aufwändig erlernt werden → *cognitive overload*

Häufige Konsequenz: Lehrer gibt auf „klingt ja gut - funktioniert aber nicht“

Einordnung in die Softwarelandschaft

Suche nach vorhandener geeigneter Software war ernüchternd 😔:

- fertige Animationen sind ungeeignet, da Physik nicht sichtbar
- vorhandene Modellbildungssoftware oft zu umständlich / wenig intuituv zu bedienen ➢ man lernt eher die Software und nicht das Thema
- getestete Software war zu langsam und zu eingeschränkt
- zum Teil nur für ein Betriebssystem erhältlich
- professionelle Programme erfordern viel Einarbeitungs-zeit und sind zumeist unübersichtlich in der Darstellung
  → ungeeignet für Regelunterricht



Wunschliste / Design-Goals

Ziel: Einsatzmöglichkeit für Demonstration und als Selbstlern-Tool

- Einfache grafische Benutzeroberfläche (GUI) → geringe Lernkurve
  - Nur Gleichung / Parameter eingeben und auf „go" drücken
  - Anpassbare GUI mit allen Funktionen im direkten Zugriff
- Interaktivität(!) um das physikalische Modell zu erforschen
- Übersichtliche Präsentation des Modells und der Lösung (alles auf einen Blick)
- Möglichkeit, die Ergebnisse mit Theorie und Experiment zu vergleichen
- Schnelle und robuste Numerik, unterstützend bei Eingabefehlern
- Plattformunabhängigkeit

Wichtige Features aller NumApps

- **Einfache Eingabe** der Gleichunge… …dells (Hilfe: „Smart-Input“)
- Übersichtliche und **interaktive** …**llung** mit Modellbezug
- Einstellbare **Parameter als** …erechnung
- **Vergleichs-Funktionen** …
- **Vergleich mit Messwe**… …ät)
- Zusätzliche Möglich…
- Export und **Druck**…
- Option die Modell…
- Möglichkeit, detaillierte Dokumentbeschreibungen hinzufügen



FLUXION



Heraklit 535 v.Chr. - 475 v. Chr.



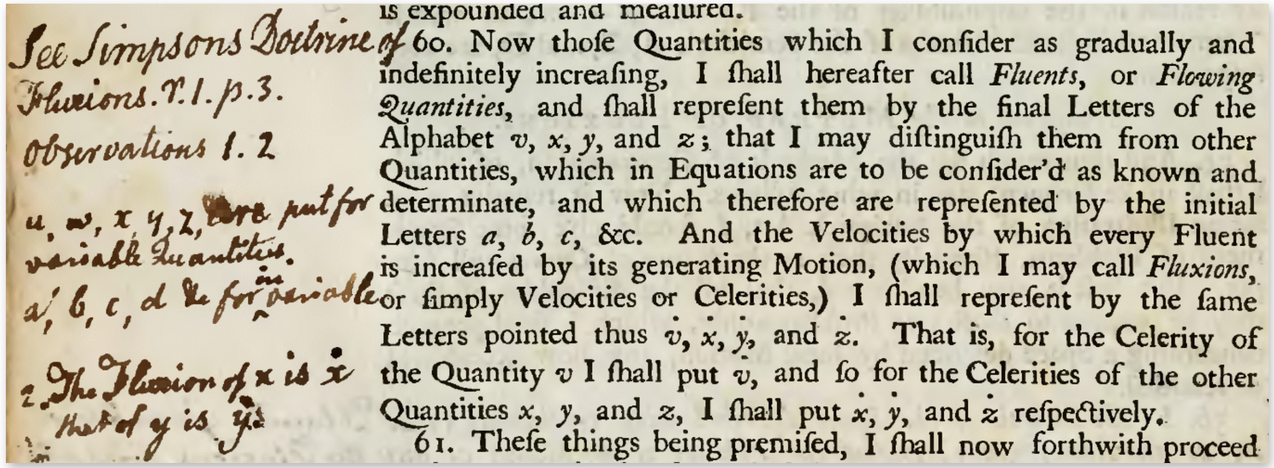
„Panta Rhei.“ - „Alles fließt.“

Heute: „Alles verändert sich.“

⟹

Für die meisten Systeme gilt:

Das Verhalten des Systems wird durch die Angabe der *Veränderungsraten* bestimmt.



See Simpsons Doctrine of Fluxions. V. I. p. 3. Observations 1. 2

u, w, x, y, z, are put for variable Quantities.

a, b, c, d &c. for constant

2. The Fluxion of x is ẋ that of y is ẏ

is expounded and measured.

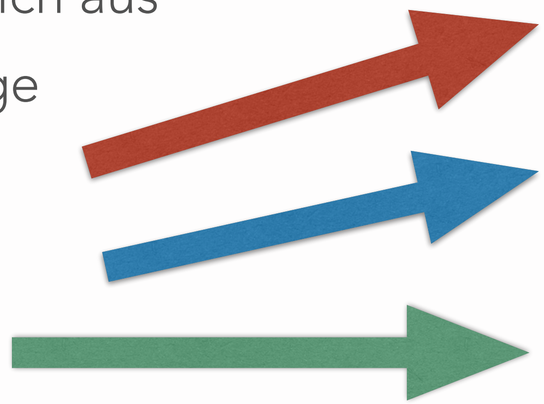
60. Now those Quantities which I consider as gradually and indefinitely increasing, I shall hereafter call *Fluents*, or *Flowing Quantities*, and shall represent them by the final Letters of the Alphabet *v*, *x*, *y*, and *z*; that I may distinguish them from other Quantities, which in Equations are to be consider'd as known and determinate, and which therefore are represented by the initial Letters *a*, *b*, *c*, &c. And the Velocities by which every Fluent is increased by its generating Motion, (which I may call *Fluxions*, or simply Velocities or Celerities,) I shall represent by the same Letters pointed thus $\dot{v}$, $\dot{x}$, $\dot{y}$, and $\dot{z}$. That is, for the Celerity of the Quantity *v* I shall put $\dot{v}$, and so for the Celerities of the other Quantities *x*, *y*, and *z*, I shall put $\dot{x}$, $\dot{y}$, and $\dot{z}$ respectively.

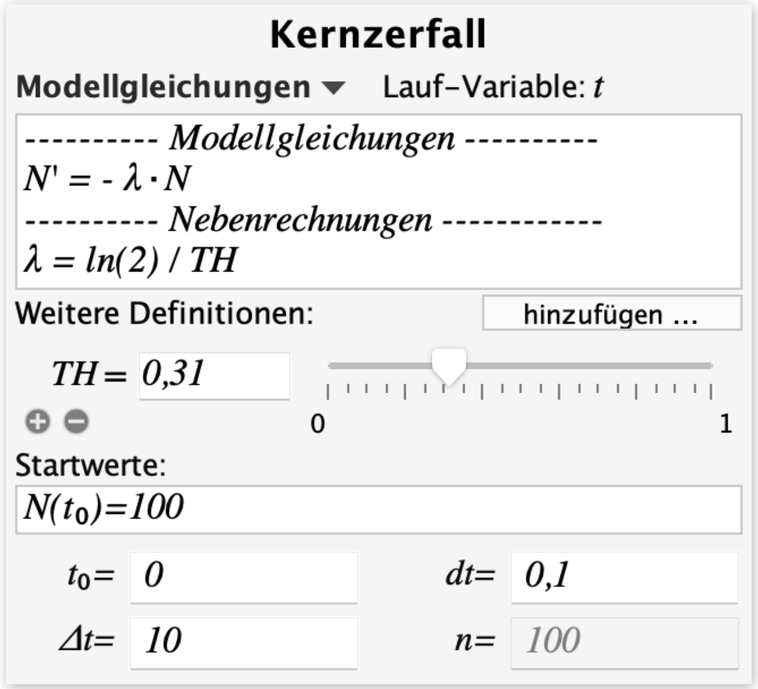
61. These things being premised, I shall now forthwith proceed

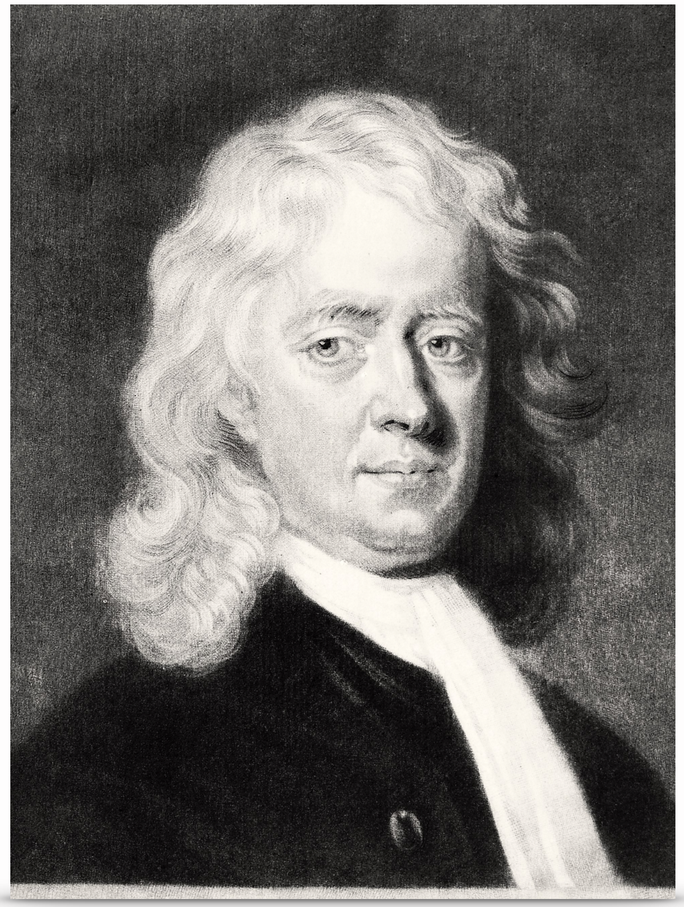
Einführung des Begriffs "*Fluxion*" durch NEWTON (1665) um Änderungsraten zu beschreiben.

Programm für die allgemeine Modellierung physikalischer und nichtphysikalischer Systeme, die mit *Änderungsraten* beschrieben werden.

Die Modellierung besteht lediglich aus der Angabe der Zusammenhänge für die Änderungsraten inkl. der nötigen Definitionen und der Berechnungsvorgaben.







Sir Isaac Newton 1643-1727

Die Newton'schen Axiome der Bewegung:

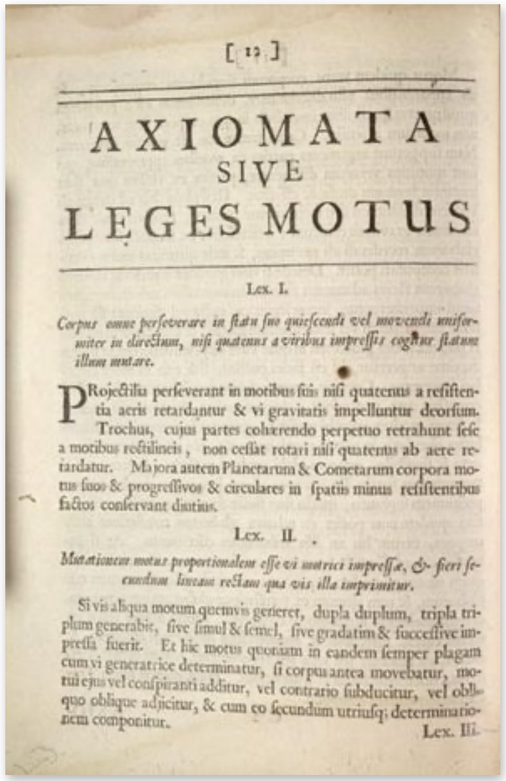
1. Ein kräftefreier Körper bleibt in Ruhe oder bewegt sich geradlinig mit konstanter Geschwindigkeit.

2. Kraft gleich Masse mal Beschleunigung:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

3. Kraft gleich Gegenkraft:

$$\vec{F}_{A \to B} = -\vec{F}_{B \to A}$$



[13]

AXIOMATA
SIVE
LEGES MOTUS

Lex. I.

Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.

Projectilia perseverant in motibus suis nisi quatenus a resistentia aeris retardantur & vi gravitatis impelluntur deorsum. Trochus, cujus partes cohærendo perpetuo retrahunt sese a motibus rectilineis, non cessat rotari nisi quatenus ab aere retardatur. Majora autem Planetarum & Cometarum corpora motus suos & progressivos & circulares in spatiis minus resistentibus factos conservant diutius.

Lex. II.

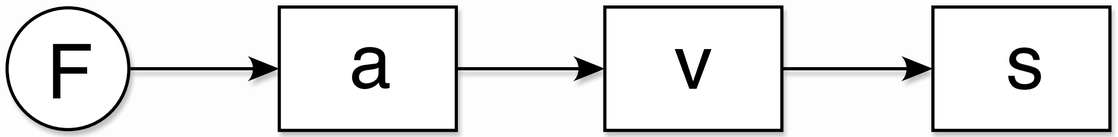
Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressæ, & fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.

Si vis aliqua motum quemvis generet, dupla duplum, tripla triplum generabit, sive simul & semel, sive gradatim & successive impressa fuerit. Et hic motus quoniam in eandem semper plagam cum vi generatrice determinatur, si corpus antea movebatur, motui ejus vel conspiranti additur, vel contrario subducitur, vel obliquo obliquæ adjicitur, & cum eo secundum utriusq; determinationem componitur.

Lex. III.

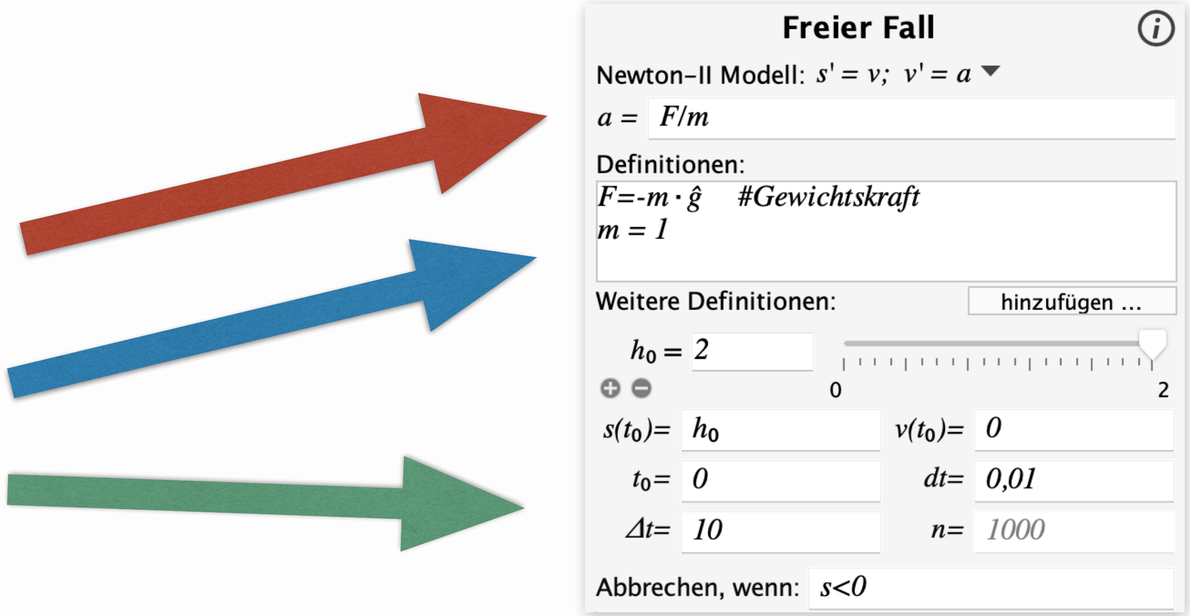
1687

Implementiert die sog. „Newton-Maschine“ (Mechanik)



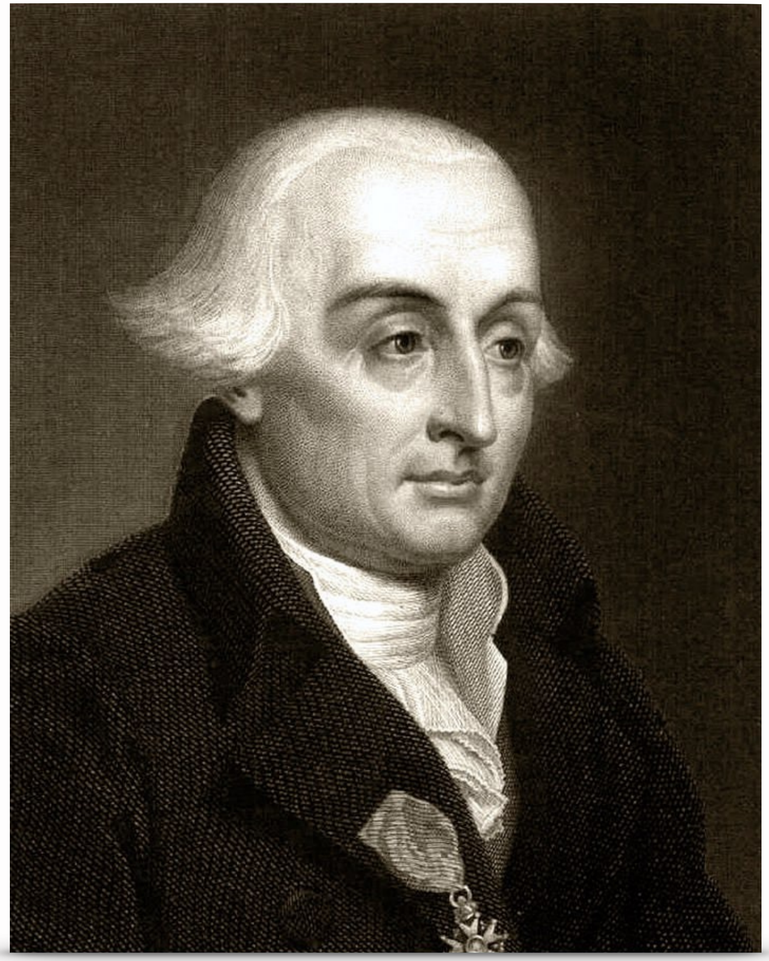
Geeignet für die Modellierung von Bewegungen einer Punktmasse.

Die Modellierung erfolgt allein durch die Eingabe der Summe des Beschleunigungsterms und der dazu nötigen Definitionen sowie der Berechnungsparameter.



Das Programm Newton-II ist also eine Spezialversion von Fluxion.

LAGRANGE



Joseph-Louis de Lagrange 1736-1813

Quintessenz:

In konservativen Systemen ist die Bewegung eines Massepunktes ebenfalls durch die Angabe der *kinetischen* sowie der *potentiellen Energie* eindeutig festgelegt.

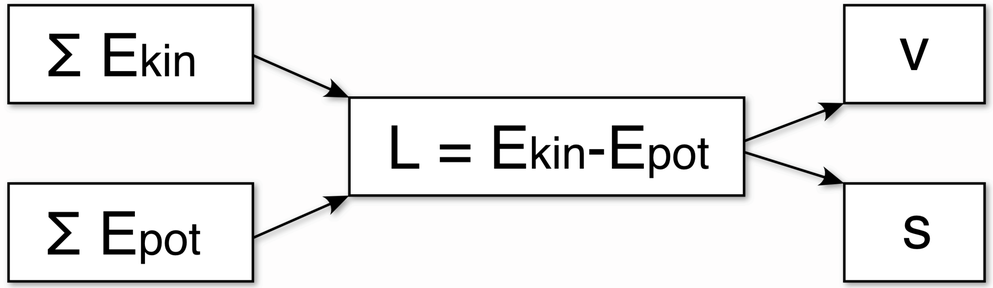


1788

LAGRANGE

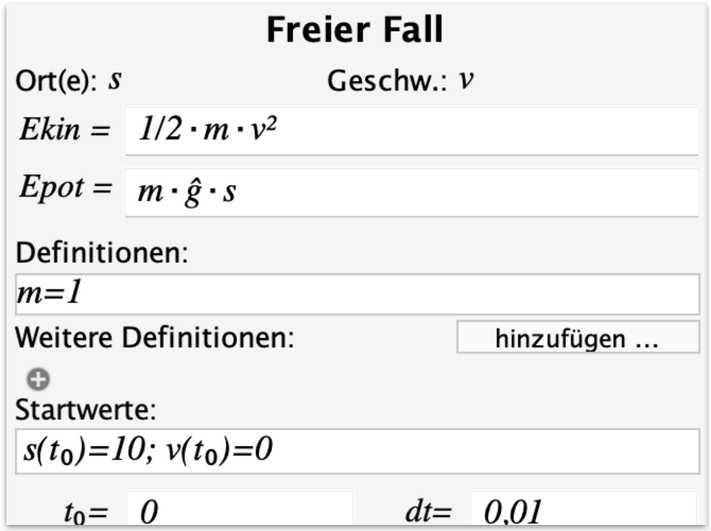
Bruder von Newton-II für konservative mechanische Systeme durch die Spezifizierung der Energien.

Implementiert die sog.
„Lagrange-Maschine“



Die Modellierung erfolgt durch die Eingabe der Koordinaten, der Summe der kinetischen und potentiellen Energien sowie der nötigen Definitionen und Berechnungsvorgaben.





Verschiedene Einsatzmöglichkeiten

Alle Programme der Num-Apps Suite sind auch als reine Simulations-programme einsetzbar (bei Bedarf kann das Modell gesperrt werden).

Lernaspekte hier können (bei Bedarf kann das Modell gesperrt werden).

- Diagramm-Verständnis aus Auswertung trainieren
- Einfluss von Abhängigkeiten (Parametern) aus das System erkunden
  z.B. Was bewirkt die Veränderung von … auf das Ergebnis?
- Vergleich mit Vorhersage (Vermutung) durchführen
- Vergleich mit Experiment durchführen

Verschiedene Einsatzmöglichkeiten

Die GUI der Programme ist für verschiedene Einsatz-Szenarien designed

Einsatz als
Tool für Erläuterungen



Geeignet für die selbstständige
Verwendung durch SuS



Zu den Bildungsstandards Physik

- Das Basiskonzept System beinhaltet u.a. das vertiefte Verständnis der inneren Zusammenhänge eines physikalischen Systems. Dieses wird durch das Training mit allen vorgestellen Programmen - besonders jedoch mit Fluxion - sehr stark gefördert.

- Das Basiskonzept Wechselwirkung findet beispielsweise im Programm Newton-II viele Anwendungen.

- Die Bedeutung der Energie wird unterstrichen (eigenes Basiskonzept!). Mit Lagrange bietet sich die Möglichkeit konzeptionell die verschiedenen Energieformen der Mechanik besser zu verstehen.

Aus dem Lehrplan NRW Sek. I (2019)

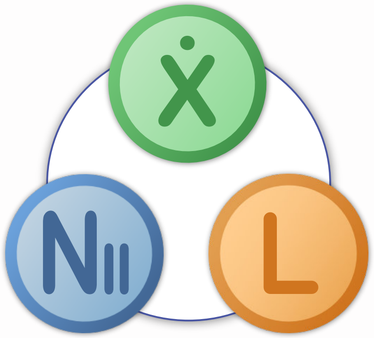
- „…Dazu ist es notwendig, Wirkungszusammenhänge in natürlichen und technischen Phänomenen präzise zu modellieren, um auf dieser Basis Vorhersagen zu treffen…“
- „…Empirische Überprüfungen der Modelle und ihrer Vorhersagen durch Experimente und Messungen sind charakteristische Bestandteile einer spezifisch physikalischen Erkenntnismethode…“
- „…eigenständigen Nutzung wesentlicher physikalischer Denk- und Arbeitsweisen…“
- „…auf der Basis physikalischer Modelle Erklärungen zu erarbeiten. Sie erwerben ein vertieftes und reflektiertes Wissen und Können bezüglich physikalischer Konzepte…“
- „…reale Situationen mit authentischen Problemen…“
- „…für die Physik wichtige Darstellungsformen wie Tabellen, Grafiken und Diagramme variabel einzusetzen…“

Aus dem Lehrplan NRW Sek. II (2019)

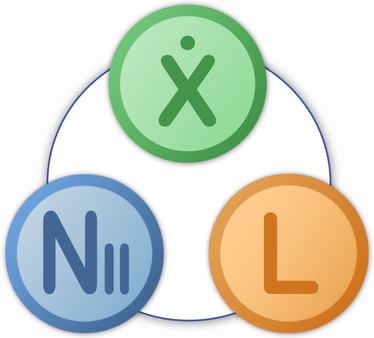
- „…übergreifende Theorien sowie Modelle zur Vorhersage der Ergebnisse von Wirkungszusammenhängen…“
- „…Kennzeichnend sind dabei das Formalisieren und Mathematisieren physikalischer Sachverhalte als auch das ordnende Strukturieren…“
- „…und thematisieren Modellbildungsprozesse, die auch zu einer umfangreicheren Theoriebildung führen…“
- „…die Analyse und Beschreibung von Bewegungen und von Kräften und deren Einfluss auf Bewegungsänderungen…“
- „…analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht …“
- „…elektromagnetische Induktion spielt hier eine wesentliche Rolle… elektromagnetischen Schwingungen…“

u.V.m.

GESCHAFFT …



Vielen herzlichen Dank



für Ihre Aufmerksamkeit!!!

Gibt es (weitere) Fragen?

