

Das klassische Experiment zur Verifikation einer Theorie

Viktor Marinov

Tilo Schulz



Übersicht:

1. Theorie
 1. Definition
 2. Arten
 3. Anforderungen
 4. Anordnung
2. Von Realität zu Theorie
3. Geschichte und Beispiele
4. Quellen



Ein Experiment ist:

→ Gemäß der lateinischen Bedeutung von experimentum, nämlich Versuch, Probe, Beweis, handelt es sich beim Experiment um eine Untersuchung, bei der gezielt eine bestimmte Annahme oder Vermutung geprüft und entweder bewiesen oder widerlegt werden soll.

→ Das Experiment ist ein Verfahren zur Datenerhebung, das hauptsächlich in den Naturwissenschaften und Sozialwissenschaften wie der Psychologie und Soziologie angewendet wird.

→ Als erfahrungswissenschaftliche Methode überprüft das Experiment angenommene Gesetzmäßigkeiten (Hypothesen) in der Umwelt durch Beobachtung.



Bei der Untersuchung manipuliert oder variiert der Experimentator systematisch eine oder mehrere *unabhängige Variablen (UV)*. Als Resultat sind eine oder mehrere *abhängige Variablen (AV)* beobachtet (gemessen) und dokumentiert.

Unabhängige Variable
(UV; englisch: independent variable)

wird vom Experimentator aktiv variiert und ist somit unabhängig von der Versuchsubjekten.

Die Stufen der unabhängigen Variablen bzw. die Kombination der Stufen mehrerer unabhängiger Variablen werden auch Bedingungen oder experimentelle Bedingungen genannt.



Abhängige Variable
(AV; englisch: dependent variable)

wird der Effekt der unabhängigen Variable(n) gemessen.

abhängig von der Reaktion der untersuchten Subjekte und ist ideal das Ereignis, dass vorhergesagt wird.

Andere relevante Variablen (*Störvariablen*) sind kontrolliert oder konstant gehalten.

Störvariable (Drittvariable)

- Beeinflusst (zumindest vermutlich) die abhängige Variable, sie stört also den Effekt der unabhängigen Variablen.
- Besonders wichtig, diese Variable auszuschalten oder zu kontrollieren. Oft sind die Störvariablen nicht bekannt.
- Es gibt Techniken, mit deren Hilfe der Einfluss von Störvariablen minimiert werden kann. Trotz aller Kontrolltechniken kann es passieren, dass eine Störvariable systematisch mit der unabhängigen Variablen variiert, d.h. dass der beobachtete Effekt nicht nur von der unabhängigen, sondern auch von der Störvariablen verursacht wird. Diesen Sachverhalt nennt man *Konfundierung*.



Ziel

Prüfexperimente
Erkundungsexperimente
Demonstrationsexperimente

Künstlichkeit

Laborexperimente
Feldexperimente

Experimenttypen nach

input Variable

Unifaktorielle
Multifaktorielle

Output Variable

Univariat
Multivariat

Kontrolle der Störvariablen

Echte Experimente
Quasi Experimente



Experimentarten nach beobachtete Variablen

Input Variable

Unifaktoriell (einfaktoriell)
Experimente, die nur eine UV als Input haben

Multifaktoriell (mehrfaktoriell)
Experimente die mehr als eine UV untersuchen

Output Variable

Univariat Experimente interessieren sich nur von 1 AV und sind "einfacher". Die Entscheidung für univariat trifft zu, wenn der Versuch nicht hypothesenfindend ist.

Multivariat Experimente evaluieren mehr als 1 AV und dementsprechend besser zur Hypothesenfindung, da komplexe Einflüsse sich entdeckbar machen.



Experimentarten nach Zweck

Ziel

Prüfexperiment ("klassische" Experiment)

Kausal orientierte Experimente untersuchen die Beziehung zwischen Ursache und Wirkung und gehören in den Bereich der Natur-, heute auch der Biowissenschaften.

Final orientierte Experimente hingegen untersuchen die Beziehung zwischen Zweck und Mittel und gehören in den Bereich der Technik.

Erkundungsexperiment (exploratives Experiment)

Zielt auf die Verbreiterung der Hypothesenbasis oder auf einen Zugewinn an allgemeiner Erfahrung, welche die Bildung einer neuen Hypothese gestatten, die durch weitere Experimente untermauert werden sollen.

Demonstrationsexperiment

Die Vorführung soll nicht zu neuen Erkenntnissen führen, sondern eine wohlbekannte Erscheinung in experimenteller Vorführung nahebringen.

Dient als Erprobung und Verbesserung der Durchführung des Experimentes.

Experimentarten nach der Künstlichkeit der Untersuchungssituation

Künstlichkeit

Laborexperiment (spezieller Untersuchungsraum)

Klassische Laborexperimente führt man üblicherweise in einem speziellen Raum in einem Institut durch. Dies ermöglicht bessere Kontrolle der Störvariablen, resultiert aber in problematische Generalisierbarkeit auf natürliche Situationen.

Feldexperiment (natürliches Umfeld)

Dieses wird in natürlicher Umgebung (z. B. in einem Kaufhaus, Schule, Betrieb) durchgeführt, wobei es besonders schwierig ist, "konfundierende" (nebenwirkende) Variablen auszuschalten. Dafür aber ist besser generalisierbar.



Experimentarten nach Kontrolle der Störvariablen

Kontrolle der Störvariablen

Echte Experimente

ein aktives Variieren der unabhängigen Variable und Kontrolle der Störvariablen stattfindet.
In der Regel nur im Labor in einer künstlichen Situation möglich.

Quasi Experimente

keine Kontrolle der Störvariablen.
Versuchssituation mit der natürlich vorgefundenen Variiertheit .



Anforderungen

Damit ein Experiment seine Aufgabe erfüllt und den gewünschten Erkenntnisgewinn verschafft, muss es stets zum selben Ergebnis führen, unabhängig von Ort, Zeit und Personen.

Es liefert jedoch keine absoluten Wahrheiten. Sie sind nur so lange gültig, bis sie von einem neuen, mit präziseren Instrumenten und höherem Wissensstand durchgeführten Experiment falsifiziert werden.

Planmäßigkeit

Wiederholbarkeit

Variierbarkeit

Messbarkeit



Planmäßigkeit

→Die Konzeption oder der Grundgedanke des Experimentes muss professionell richtig sein.

→Das Ziel, die Hintergründe und die Voraussetzungen müssen bekannt und formuliert sein.

→Der Vorgang (bzw. das Experiment) kann zu einem beliebigen und passenden Zeitpunkt hervorgerufen werden unter genau kontrollierten Verhältnissen.

→Die fachmännisch korrekte Ausführung muss gewährleistet sein. Das heisst, man sollte nur mit gutem manuellen Können selber ein Experiment ausführen. Wo diese Fertigkeiten fehlen, suche man unbedingt die Zusammenarbeit mit interessierten und erfahrenen Fachleuten.

→Über den Nutzen oder die Verwendung des Ergebnisses soll Klarheit herrschen.



Wiederholbarkeit

→ Nur wenn die Experimente prinzipiell von jedem reproduziert werden können, lassen sie sich intersubjektiv überprüfen, und diese intersubjektive Überprüfbarkeit ist ein wesentlicher Bestandteil der „Objektivität“ naturwissenschaftlicher Erkenntnis.

→ Das Experiment liefert bei Wiederholung dasselbe Ergebnis. Dies ermöglicht die Ausschaltung von Zufallsergebnissen (Fehlern) und die Nachprüfung durch andere Beobachter und damit nur dann verifizierbar.

→ Mehrfach gemessene Resultate gelten als "gesichert" und liefern dazu noch interessante Informationen über die Streuung der Ergebnisse. Nur bei wiederholbaren Anordnungen kann der beim ersten Experiment eben durchgemachte Lernprozess sogleich in den weiteren Ablauf der Arbeiten eingebaut werden.



Variierbarkeit

Bei einer Veränderung der Versuchsanordnung muß das Experiment anders verlaufen. Genau das wird beim Experimentieren ebenfalls ausdrücklich nachgeprüft. Die Experimentatoren versuchen nämlich nicht nur, ein Experiment mit gleicher Versuchsanordnung zu wiederholen, vielmehr variieren sie bestimmte Eigenschaften der anfänglichen Versuchsanordnung systematisch, um zu prüfen, ob das Experiment dann jeweils einen anderen Verlauf nimmt.

Eigenschaften einer Versuchsanordnung, die bei Veränderung zu einem veränderten Ablauf des Experiments führen, heißen *kausal relevante Umstände*. Die Eigenschaften einer Versuchsanordnung, die von den Experimentatoren mit dem Ziel verändert werden, sie auf ihre kausale Relevanz für den Ausgang der Experimente zu testen, unterscheiden wir als Anfangsbedingungen einer Versuchsanordnung. Ein elementares Beispiel ist die Neigung der Ebene.



Messbarkeit

“zu messen was meßbar ist und meßbar machen, was nicht meßbar ist“ G. Galilei

“Das Buch der Natur ist in der Sprache der Mathematik geschrieben.“ I. Newton

Das Messen ist die Zuordnung von Zahlen zu Messobjekten.

Die Fragestellung muss messbar sein. Damit wird alles objektiv und erklärbar.

Um gültig zu messen, muss im Experiment das richtige **Werkzeug**, der richtige **Masstab** und das richtige **Material** eingesetzt werden.

Die entsprechenden Umwandlungsregeln seien bekannt und können angewendet werden .

Der Meßvorgang darf zu messende System nicht beeinflussen.



Ablaufplan

Fragestellung

unbeantwortete Frage, die am Anfang vage formuliert ist, und weiter präzisiert. Wenn die Fragestellung ungenau ist, wird das Ergebnis beliebig ausfallen, wenn die unpassende Methode gewählt wird, ist das Experiment unfruchtbar.

Hypothesenbildung

Grundlage für die Formulierung von Hypothesen sind die bisherigen Theorien bzw. empirischen Forschungsergebnisse aus der Fachliteratur. Eine weitere Voraussetzung für einen hohen Effizienzgrad des Experiments ist die Genauigkeit der vom Beobachter zu leistenden Vorgaben – der Hypothesen und Methoden. Das Vorhandensein einer Hypothese, die bewiesen werden soll, unterscheidet das Experiment von einer bloßen Naturbeobachtung.

Operationalisierung

ordnet beobachtbare Phänomene Begriffen zu, d.h., man findet einen empirischen, beobachtbaren Indikator für den Begriff. (Messen)

Versuchsplan

Ein Versuchsplan ist der logische Aufbau der Untersuchung im Hinblick auf die Hypothesenprüfung.

Kontrolle der Störvariablen

der Objekten: **Parallelisieren**: nach Variable die am ehesten einen Einfluß auf die AV ausübt. **Randomisieren**: effektivste und wichtigste Kontrolltechnik in der Versuchsplanung.

der Untersuchungssituation: Elimination, Konstanthalten, Zufallsvariation

empirische Vorhersage

Auf dem Hintergrund der Operationalisierung, des Versuchsplanes, der Kontrolle der Störvariablen wird aus der Sachhypothese die konkrete empirische Vorhersage für das Experiment abgeleitet.



Ablaufplan

Durchführung

Der Ablauf der Untersuchung muss im Detail festgelegt werden: Hilfsmittel, Geräte/Instrumente, Beobachtungsobjekte, Beobachter, Standardisierung der Untersuchungsbedingungen etc. Probelauf!

Auswertung der Daten

dient der Prüfung der statistischen Hypothese. Mit den Daten der empirischen Untersuchung wird ein passendes Auswertungsverfahren durchgeführt. Das Ergebnis dieser Prüfung ist die Annahme oder Verwerfung der statistischen Hypothesen.

Schluss auf die Hypothese

Von der statistischen Hypothese muss auf die Bewährung oder Falsifizierung der Sachhypothese geschlossen werden, da man als Forscher letztendlich an der Sachhypothese interessiert ist.

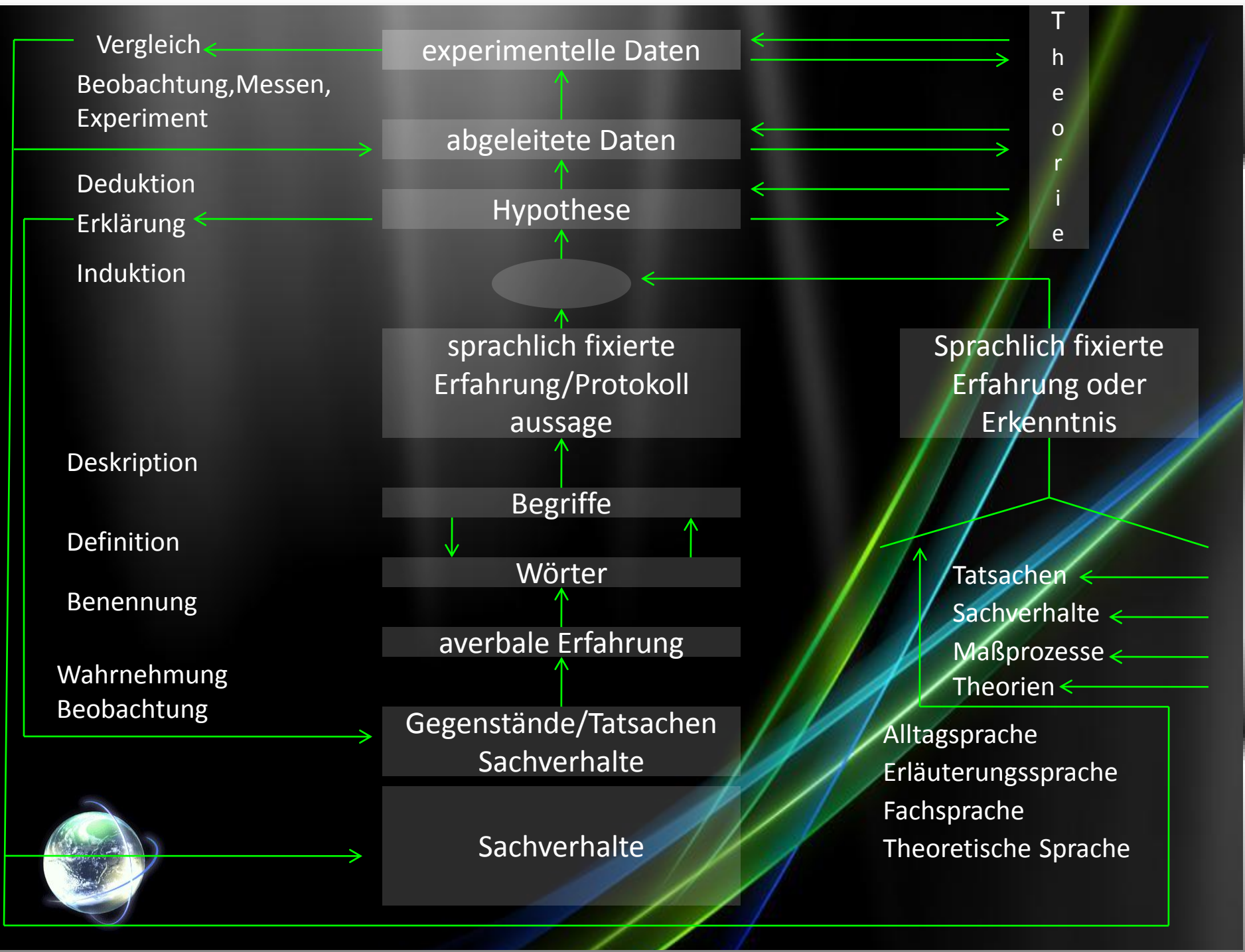
Diskussion

des Ergebnisses für Theorie und Praxis bildet den Abschluss eines Experiments, insbesondere dann, wenn das Ergebnis vom Erwarteten abweicht. Sowohl über die Vorzüge des abgeschlossenen Experiments als auch über etwaige Fehler und Möglichkeiten einer Verbesserung soll nachgedacht werden.

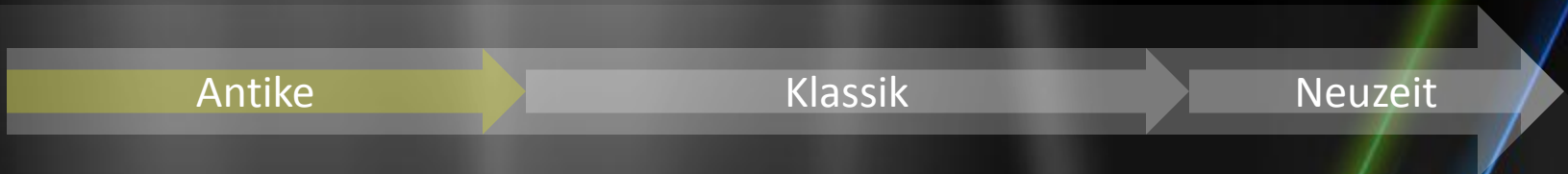
Bericht

Das Experiment und sein Ergebnis sollte anderen Wissenschaftlern zugänglich gemacht werden. Dazu muss ein Bericht verfasst und publiziert werden.





Geschichte:

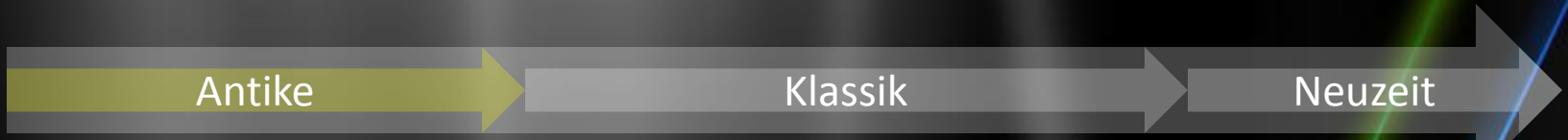


Physik der Antike – Vom Mythos zum Logos

- Entmystifizierung der Welt
- als Fakt gilt, was empirisch erfasst werden kann
- das Experiment dient als rationaler Grundbaustein der Beschreibung der Welt
- Philosophen und Erfinder sind die Physiker der Antike
- Physik war eher Metaphysik und Naturkunde

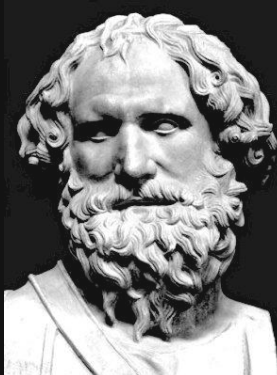


Geschichte:



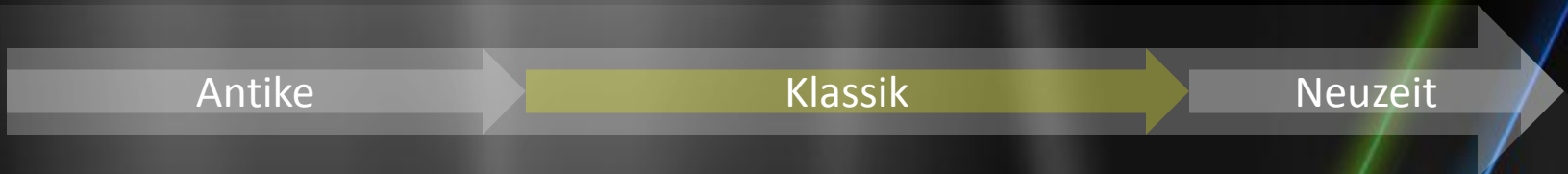
Physik der Antike – Vom Mythos zum Logos

- Entmystifizierung der Welt
- als Fakt gilt, was empirisch erfasst werden kann
- das Experiment dient als rationaler Grundbaustein der Beschreibung der Welt
- Philosophen und Erfinder sind die Physiker der Antike
- Physik war eher Metaphysik und Naturkunde



„HEUREKA!“ - Archimedes (287-213 v.Chr.)
- entdeckte Hebel- und Hydrostatikgesetze
- erfand erste Integralrechnung
- legte die Kreiszahl π fest

Geschichte:



Klassische Physik – Empirismus und Rationalismus

- Experiment und Theorie sind fest verbunden
- das Experiment verifiziert oder falsifiziert die Theorie
- seltener: ohne Theorie Gesetze durch Experimente finden (meistens Zufall)
- als Fakt gilt was theoretisch beschrieben, experimentell beliebig oft wiederholt und von jedem Experimentator überall auf der Welt auf gleiche Weise erfasst werden kann



Geschichte:



Klassische Physik – Empirismus und Rationalismus

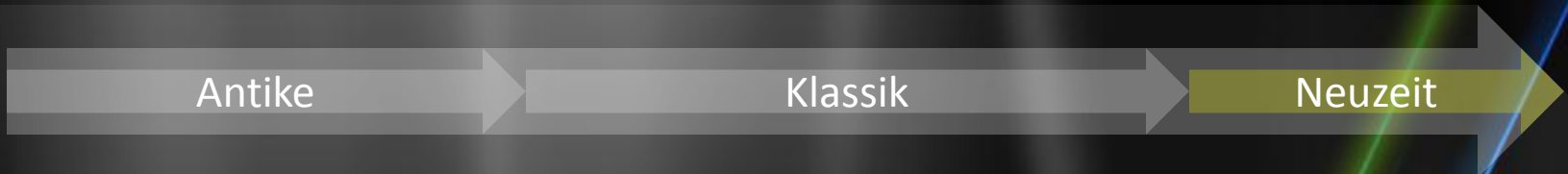
- Experiment und Theorie sind fest verbunden
- das Experiment verifiziert oder falsifiziert die Theorie
- seltener: ohne Theorie Gesetze durch Experimente finden (meistens Zufall)
- als Fakt gilt was theoretisch beschrieben, experimentell beliebig oft wiederholt und von jedem Experimentator überall auf der Welt auf gleiche Weise erfasst werden kann



„Und sie bewegt sich doch!“ Galileo Galilei (1564-1642)
- revolutionierte die Auffassung & Bedeutung des Experimentes durch Strukturierung
- entdeckte Fall- und Bewegungsgesetze
- bedeutender Astronom



Geschichte:

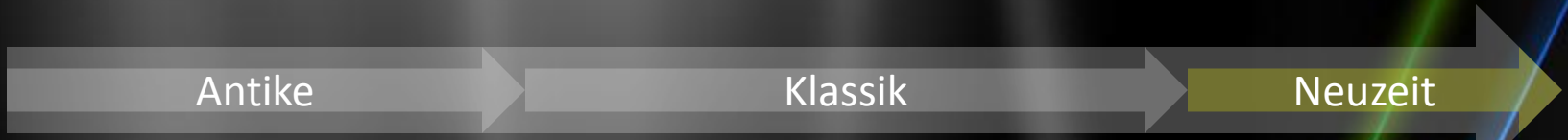


Neuzeitliche Physik – vom Mikro- und Nanokosmos

- Mannigfaltigkeit & Varianz der Theorien zu einem Aspekt der Welt
- Theorien lassen sich nur durch riesige Datenerhebungen entscheiden
- Theorien beschreiben nicht mehr fassbare Tatsachen, Experimente werden aufwendig und teils „unglaublich“

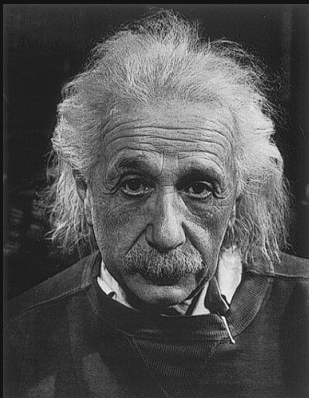


Geschichte:



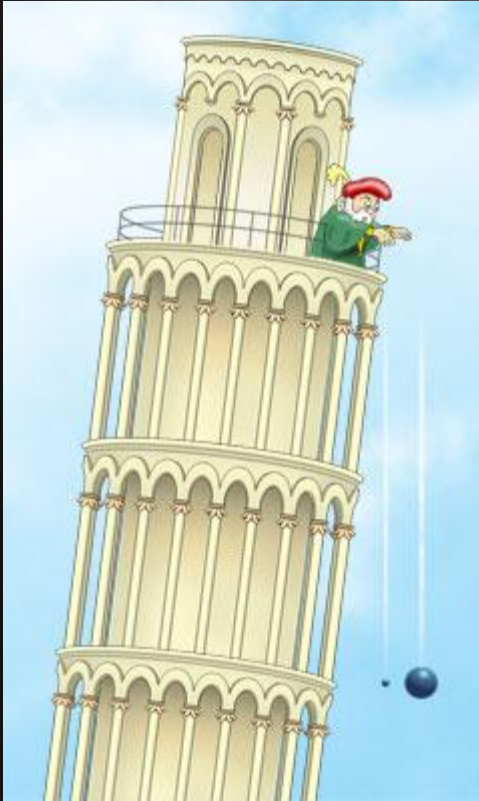
Neuzeitliche Physik – vom Mikro- und Nanokosmos

- Mannigfaltigkeit & Varianz der Theorien zu einem Aspekt der Welt
- Theorien lassen sich nur durch riesige Datenerhebungen entscheiden
- Theorien beschreiben nicht mehr fassbare Tatsachen, Experimente werden aufwendig und teils „unglaublich“



„Gott würfelt nicht“ - Albert Einstein (1879-1955)
- vereinigte fundamentale Größen Raum und Zeit zur Raumzeit
- Gegner der Quantenphysik
- lieferte theoretisches Fundament zur Kernspaltung

Beispiele: Galileo



Versuche zum freien Fall

Frage: Ist die Masse eines Körpers entscheidend für seine Fallzeit?

- Experiment ohne Theorie, dennoch aufgrund von Spekulation
- Problem der Messungenauigkeiten
- einige dutzend Versuche genügten Galileo
- Galileo verallgemeinerte seine gefundene Theorie nach von ihm neu gesetzten Kriterien der wissenschaftlichen Arbeit
- medienwirksamer empirischer Beweis der Theorie durch Mondmission erbracht

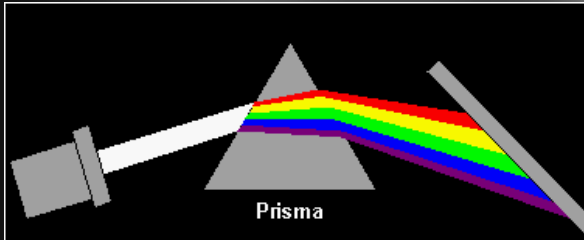


Beispiele: Newton

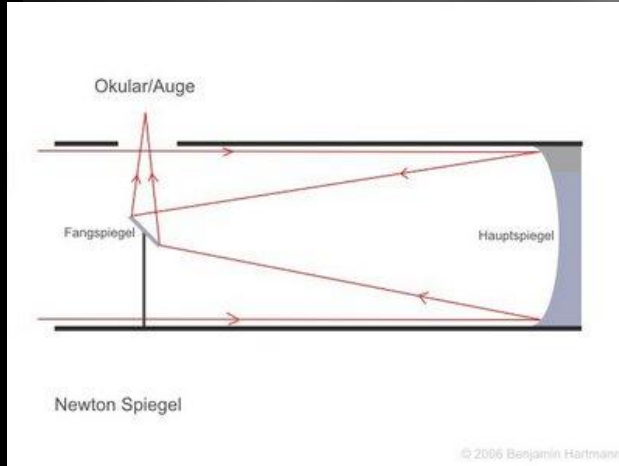
Versuche zum Prisma

Frage: Sind Farben dem weißen Licht inne oder Eigenschaften der farbigen Objekte?

- komplexe Experimente von Reflexion und Brechung am Glasprisma
- Newton widersprach der gängigen Theorie, vertrat eigene Korpuskeltheorie des Lichts
- Resultate waren eindeutig und interpretationsfrei
- konkrete mathematische Beschreibung gelang erst Maxwell mit Wellentheorie des Lichts
- trotz falscher Theorie wurden Ergebnisse als authentisch anerkannt



Beispiele: Newton



Versuche zum Teleskop

Frage: Lässt sich die Dispersion des Lichtes am Teleskop vermeiden?

- aus der seiner Korpuskeltheorie folgt das jedes Linsenteleskop unter Dispersion leidet
- Newton erfand das Spiegelteleskop
- revolutionierte die Wissenschaft damit
- Erfindung nach Theorie, um die Welt besser & genauer („richtiger“) zu erfassen
- Nachteil: Newtons Teleskop litt an sphärischer Abberation (systematische Fehler, Verzerrung der Wirklichkeit), dennoch ein anerkanntes Instrument

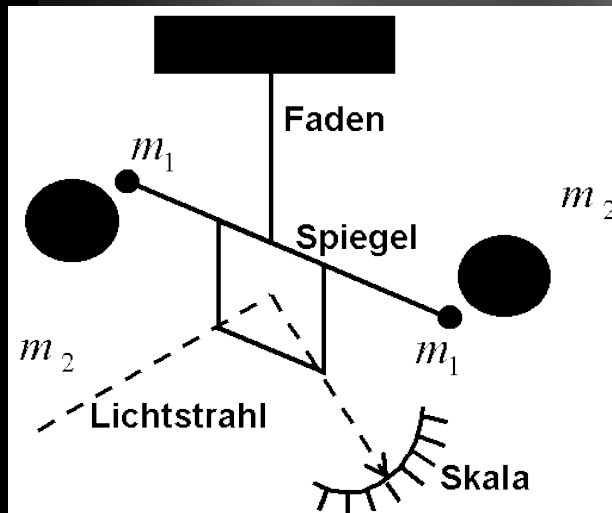


Beispiele: Cavendish

Versuche zur Gravitationskonstante

Frage: Wie groß ist die Gravitationskonstante G ?

- Cavendish benutzte Michells Drehwaage und Theorien von Kepler, Galilei, Newton und Hooke für Experiment
- erste Messung von G geglückt, ohne Theorien war dieses Experiment undenkbar
- führte zur Bestimmung der Massen der Himmelskörper
- G ist bis heute die Naturkonstante mit der geringsten Messgenauigkeit, dennoch wurde die revolutionäre Messung anerkannt
- letzte Welle von G -Messungen 1998, noch heute höchste Brisanz



Quellen:

Experimentelle Erfahrung
Hypothese Experiment Theorie
Klassische Experimente der Physik
Historische physikalische Versuche
Historische Versuche der Physik

Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaften
Die Philosophie der Physiker

Holm Tetens
Hansjörg Schneider
Hans-Jürgen Bersch
Hans-Joachim Wilke
Manfred Achilles

Ian Hacking
Erhard Scheibe

http://leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph11/versuche/10_gravi_waage/index.htm

<http://www.katharinen.ingolstadt.de/physiker/newton.htm>

<http://www.paehler.org/tim/archiv/physdid/>

http://www.fredsakademiet.dk/library/science/_gifs

http://4.bp.blogspot.com/_9FMPChWZCZE/Sc6p8n099NI/AAAAAAAAABIE/p2Fpmti66MI/s400/

<http://www.physik.uni-wuerzburg.de/video/Vorlesung1/Kapitel3/drehbew/Vor38.htm>

