

Überblick

- **Jahrgangsstufe:** Ab Klassenstufe 7
- **Experimentelle Kompetenz:** Hypothese formulieren und überprüfen
- **Thematik:** Druck und Auftrieb

Lernziele (Moduldurchführung + ausgelagerte Sicherung)

Die Schülerinnen und Schüler...

... stellen auf Grundlage von Erfahrungen oder Theorien Hypothesen auf.

... interpretieren das Ergebnis eines Experiments in Bezug auf die zuvor gestellte(n) Hypothese(n).

... beschreiben das Verwerfen einer Hypothese als mögliche Folge von experimentellen Ergebnissen.

Verortung im Kernlehrplan Physik (methodische Kompetenz)¹

Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (bis Ende Jgst. 9)

Die Schülerinnen und Schüler...

... können zur Klärung physikalischer Fragestellungen überprüfbare Hypothesen formulieren und Möglichkeiten zur Überprüfung von Hypothesen angeben (E3).

... können Beobachtungs- und Messdaten mit Bezug auf zugrundeliegende Fragestellungen und Hypothesen darstellen, interpretieren und daraus qualitative und einfache quantitative Zusammenhänge bzw. funktionale Beziehungen zwischen Größen ableiten und mögliche Fehler reflektieren (E5).

Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (bis Ende Einführungsphase)

Die Schülerinnen und Schüler ...

... können naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen, diese mit Experimenten und anderen Methoden hypothesengeleitet untersuchen und Ergebnisse gewinnen und verallgemeinern (Erkenntnisgewinnung).

... mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten (E3 Hypothesen).

¹ Die Einordnung erfolgt in den Kernlehrplan NRW Physik für die Sekundarstufe I (1. Auflage 2019) und in den Kernlehrplan NRW Physik für die Sekundarstufe II (1. Auflage 2014).

Lehrerhandreichung zum Modul: „Hypothese formulieren und überprüfen“

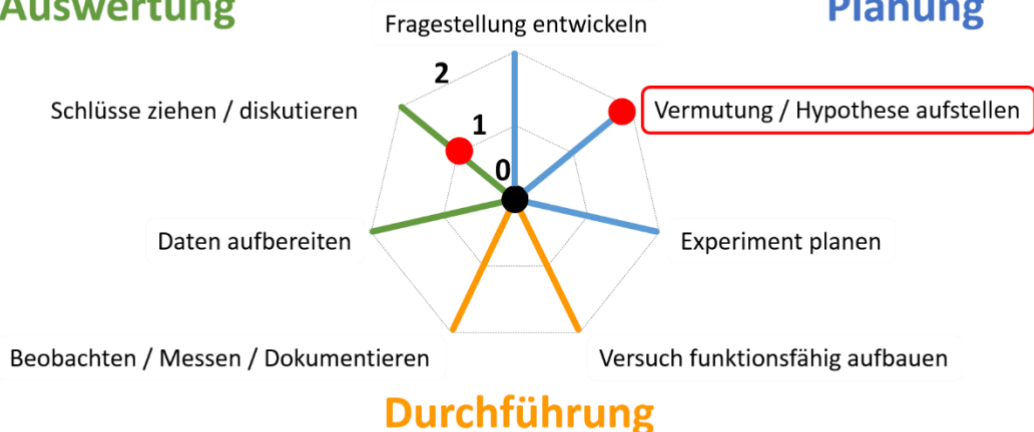
Kurze Beschreibung des Moduls

Ziel dieses Moduls ist sowohl, dass die SuS die physikalischen Grundlagen zum Auftrieb und zu Aggregatzuständen verinnerlichen, als auch, dass typische Fehlvorstellungen in diesem Bereich ausgeräumt werden. Vor allem aber sollen die SuS experimentelle Kompetenzen im Bereich der Hypothesenbildung gewinnen. Dafür wird ihnen vorgestellt, wodurch sich eine gelungene Hypothese auszeichnet und die Möglichkeit gegeben, eigene Hypothesen anhand der Definition zu formulieren.

Abgedeckte Kompetenzen

Auswertung

Planung



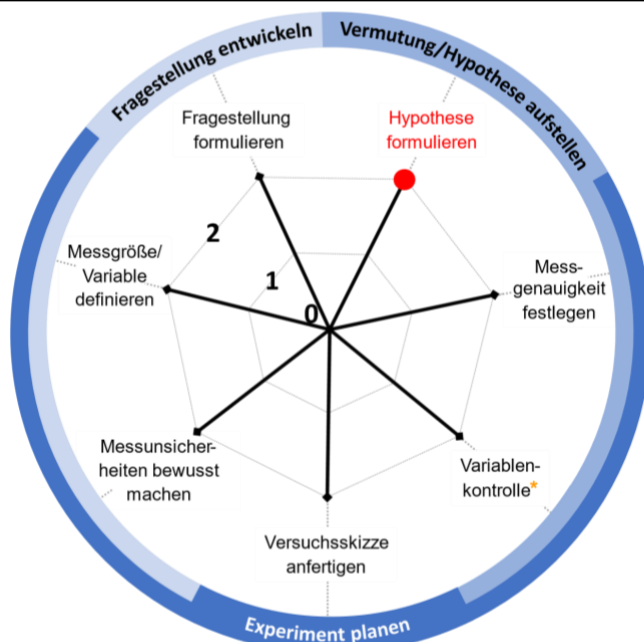
Angelehnt an das Modell des Hamburger Schulversuchs

Beschreibung übergeordneter experimenteller Kompetenzen

Farbliche Zuordnung zu den Experimentierphasen
Planung, Durchführung, Auswertung

Relevanz in der jeweiligen Station
2: Schwerpunkt 1: bedeutsam 0: nicht thematisiert

Kompetenzspinne „FLexKom“ (detaillierte Ansicht)



FLexKom-Spinne zur Planung

Innerer Bereich

- Ausdifferenzierte Teilkompetenzen
- Relevanz in dem jeweiligen Modul
2: Schwerpunkt (zusätzlich rote Schrift)
1: bedeutsam
0: nicht thematisiert
- Teilkompetenz ist zusätzlich der Experimentierphase Durchführung zugeordnet

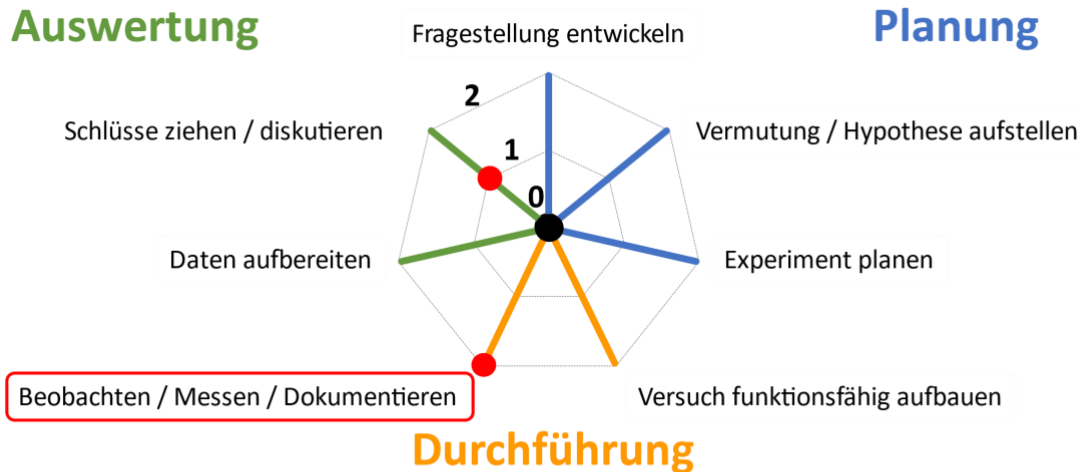
Äußerer Ring

- Kompetenzen aus dem Modell des Hamburger Schulversuchs (Titel der Ringsegmente), denen die ausdifferenzierten Teilkompetenzen zugeordnet sind
- Bereiche, in denen eine doppelte Zuordnung der Teilkompetenzen erfolgt

Lehrerhandreichung zum Modul: „Hypothese formulieren und überprüfen“

Erklärung der Kompetenzspinnen an einem Beispiel:

In diesem Beispielmodul wird schwerpunktmäßig der Kompetenzbereich „Beobachten / Messen / Dokumentieren“ (roter Punkt, Stufe 2) behandelt, der der Experimentierphase „Durchführung“ zugeordnet ist. Bedeutsam ist ebenfalls der Bereich „Schlüsse ziehen/ diskutieren“ (roter Punkt, Stufe 1).

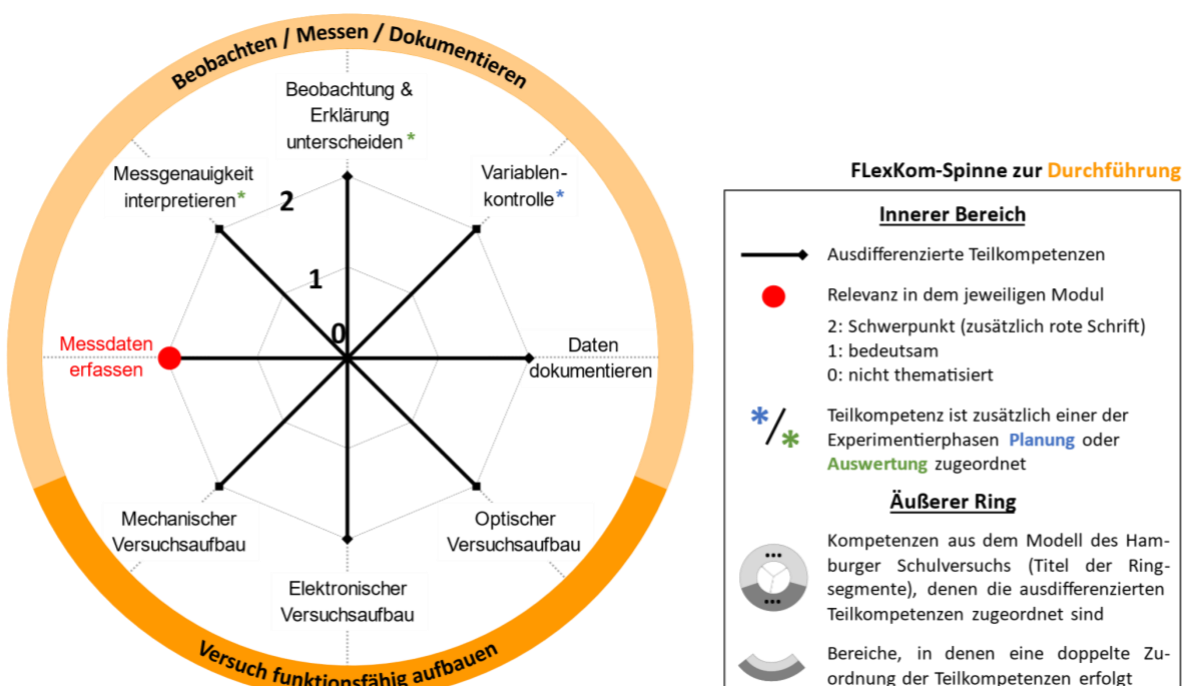


Angelehnt an das Modell des Hamburger Schulversuchs

Beschreibung übergeordneter experimenteller Kompetenzen

- Farbliche Zuordnung zu den Experimentierphasen
Planung, Durchführung, Auswertung
- Relevanz in der jeweiligen Station
2: Schwerpunkt 1: bedeutsam 0: nicht thematisiert

Betrachtet man die ausdifferenzierte Kompetenzspinne (für die Durchführung), so erkennt man, dass ausgehend von dem übergeordneten Kompetenzbereich „Beobachten / Messen / Dokumentieren“ in diesem Beispielmodul die Kompetenz „Messdaten festlegen“ gefördert werden soll (roter Punkt, Stufe 2).



Lehrerhandreichung zum Modul: „Hypothese formulieren und überprüfen“

Zugehörige Dateien:

- AB zum Modul als pdf- und Word-Datei
- Lehrerhandreichung zum Modul als pdf- und Word-Datei
- Hilfekarten als pdf- und Word-Datei
- Lösungskarte als pdf- und Word-Datei

Material:

- Glas mit lauwarmem Wasser
- Eiswürfel
- Folienstift
- Tuch

Aufbau:

Abbildung 1 zeigt den Versuchsaufbau zu dieses Moduls.

Den SuS liegt ein Glas mit lauwarmem Wasser, ein Eiswürfel sowie ein Handtuch und ein Folienstift bereit. Anfangs befindet sich der Eiswürfel noch nicht im Wasserglas.

Um zu verhindern, dass die Eiswürfel schmelzen, sollten diese in einer Kühlbox aufbewahrt werden und kurz vor der Durchführung aus dieser entfernt werden.

Außerdem muss das Wasser nach 1-2 Durchgängen mit wärmerem Wasser ausgetauscht werden, da dieses abkühlt.



Abbildung 2: Versuchsaufbau mit Materialien: ein Glas mit lauwarmem Wasser, ein Eiswürfel sowie ein Handtuch zum Abdecken und ein Stift zum Markieren des Wasserstandes.

Lehrerhandreichung zum Modul: „Hypothese formulieren und überprüfen“

Durchführung:

Die konkrete Durchführung richtet sich nach den Aufträgen auf dem AB des Moduls:

Das Arbeitsblatt zu diesem Modul erläutert nach der inhaltlichen Orientierung den Ausgangspunkt dieses Moduls im Experimentierprozess.

Im ersten Arbeitsauftrag werden die SuS dazu aufgefordert, den Eiswürfel in das Wasserglas zu geben und den neuen Wasserstand zu markieren. Anschließend soll das Experiment mit einem Tuch abgedeckt werden, damit das Resultat erst nach Bearbeitung der nächsten beiden Arbeitsaufträge sichtbar wird. Beim Ablesen ist es wichtig, dass die SuS ihren Kopf auf Höhe des Wasserstandes im Glas bringen, um den systematischen Fehler der Parallaxe zu vermeiden.

In der zweiten Aufgabe sollen die SuS ihre Vermutungen dazu notieren, was mit dem Wasserstand passieren wird, wenn der Eiswürfel schmilzt. Um sicherzugehen, dass der Eiswürfel innerhalb der Bearbeitungszeit vollständig schmilzt, sollte lauwarmes Wasser verwendet werden. Im dritten Arbeitsschritt wird den SuS in einem hervorgehobenen Kasten nun die Definition einer Hypothese vorgestellt.

Anhand dieser sollen sie gegenseitig überprüfen, ob es sich bei ihren Vermutungen um Hypothesen handelt, ihre Entscheidung begründen und ggf. die Vermutungen in Hypothesen umformulieren.

Im letzten Arbeitsauftrag wird das Tuch von dem Glas genommen und der Ausgang des Experiments betrachtet. Beim Ablesen ist es erneut wichtig, dass die SuS, wie in Arbeitsschritt 1, den Kopf auf die Höhe des Wasserstandes im Glas bringen, um das Ergebnis nicht zu verfälschen.

Die SuS sollen ihre Beobachtungen notieren und überprüfen, ob ihre Hypothesen verifiziert oder falsifiziert wurden.

Während der Bearbeitung des Moduls lernen die SuS somit im Gebiet der Hypothesenbildung die Definition einer wissenschaftlichen Hypothese kennen und lernen, wie man solche Hypothesen aufstellt bzw. überprüft. Zeitgleich soll den SuS auch vor Augen geführt werden, dass auch die Falsifizierung von Hypothesen einen wesentlichen Teil wissenschaftlichen Arbeitens darstellt, aus dem wichtige Schlüsse gezogen werden können.

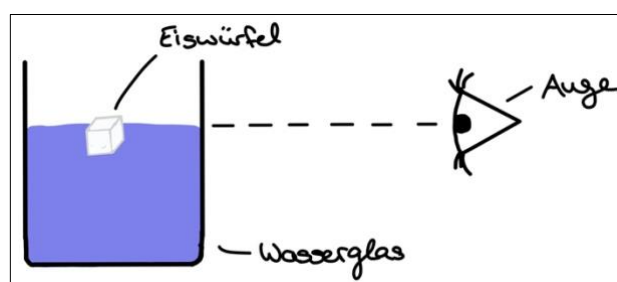


Abbildung 2: Erläuterung des korrekten Ablesens des Wasserstands. Die SuS müssen beim Ablesen beachten ihr Auge immer auf die Höhe des Wasserstandes zu bringen, um den Fehler der Parallaxe zu vermeiden.

Zur Vertiefung der Thematik zum inhaltlichen Schwerpunkt des Arbeitsblattes wurden noch zwei Zusatzaufgaben erstellt. Die erste fordert die SuS auf, ihre Beobachtungen zu erklären.

In der zweiten Zusatzaufgabe wird ein Rückbezug zum Einleitungstext des Arbeitsblattes hergestellt. Die SuS sollen die bisherigen Ergebnisse des Versuches auf eine neue Situation übertragen und daraus Schlüsse ziehen.

Erwartete Ergebnisse

Bei richtiger Interpretation sollten sie die Schlussfolgerung ziehen, dass der Wasserstand unverändert geblieben ist. Die Aufgabe ist so gewählt, dass der Großteil der SuS voraussichtlich nicht in der Lage ist, den Ausgang des Versuchs vorherzusehen, damit die Hypothese nicht bereits vor Beendigung des Experiments bewertet werden kann.

Physikalische Hintergrundinformationen

Ein Körper, der sich ganz oder teilweise in einem Fluid befindet, wiegt darin weniger als in Luft gemessen. Grund dafür ist eine nach oben gerichtete Kraft, welche der Gewichtskraft entgegenwirkt und als Auftriebskraft bezeichnet wird (vgl. Tipler et al., 2015, S. 380).

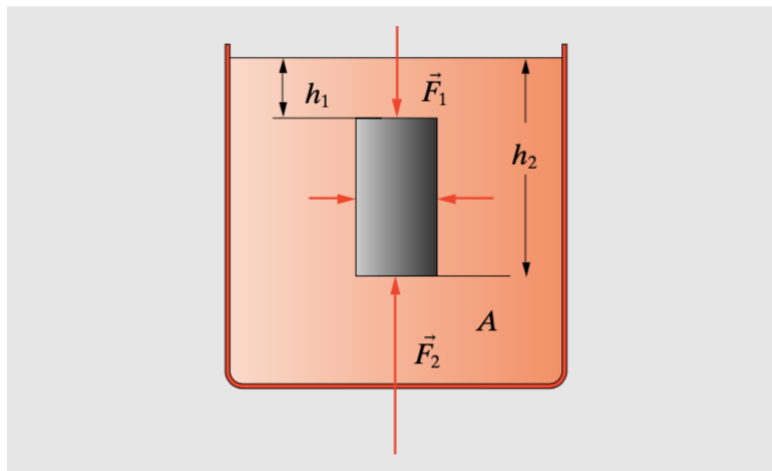


Abbildung 3: Wirkende Kräfte auf ein Prisma in einem Fluid. Die Oberseite hat den Abstand h_1 und die Unterseite den Abstand h_2 zur Wasseroberfläche. Die Kräfte F_1 und F_2 , die an der Oberseite bzw. Unterseite des Prismas angreifen, addieren sich zur Auftriebskraft. (vgl. Meschede, 2015, S. 104).

Die Auftriebskraft eines Prismas, welches ganz in eine Flüssigkeit getaucht wurde, ergibt sich durch die Differenz der Kraft F_1 , welche auf die obere Deckfläche des Körpers wirkt und der Kraft F_2 , die an der Grundfläche angreift. Der Druck nimmt in der Flüssigkeit und damit auch in Wasser mit der Tiefe zu, weshalb die wirkende Kraft auf die Grundfläche größer ist als die auf die Deckfläche. Berechnen lässt sich die Kraftdifferenz, wie in Abbildung 3 zu erkennen ist, durch Vektoraddition aus \vec{F}_1 und \vec{F}_2 . Da \vec{F}_1 nach unten gerichtet ist, ergibt sich die Auftriebskraft in skalarer Schreibweise zu:

$$F_A = F_1 - F_2$$

Aus der Dichte des Fluids ρ_F , der Fläche A , den Höhen h_1, h_2 und dem Ortsfaktor g folgt damit (vgl. Meschede, 2015, S. 103):

$$\begin{aligned} F_A &= F_1 - F_2 = g\rho_F h_2 A - g\rho_F h_1 A = g\rho_F (h_2 - h_1) A \\ F_A &= g\rho_F V \end{aligned}$$

Lehrerhandreichung zum Modul: „Hypothese formulieren und überprüfen“

Die Auftriebskraft entspricht somit gerade der Gewichtskraft des verdrängten Fluids. Dieses Prinzip wurde als erstes von dem griechischen Gelehrten Archimedes formuliert:

„Ein Körper, der ganz oder teilweise in ein Fluid eintaucht, erfährt eine Auftriebskraft, deren Betrag gleich der Gewichtskraft der durch den Körper verdrängten Fluidmenge ist.“

Archimedisches Prinzip (Tipler et al., 2015, S. 380)

Wie in Abbildung 4 zu erkennen ist, lässt sich die in der Flüssigkeit gemessene Gewichtskraft F_F des Körpers nun als Summe der entgegengerichteten Kräfte F_G und F_A berechnen. Ist dabei die Auftriebskraft betragsmäßig kleiner als die Gewichtskraft, sinkt der Gegenstand zu Boden. Ist sie größer, steigt er zur Oberfläche und taucht soweit auf, bis die beiden Kräfte im Gleichgewicht sind. Ist die Auftriebskraft unter Wasser so groß wie die Gewichtskraft des Körpers, schwebt er unter Wasser und bewegt sich nicht.

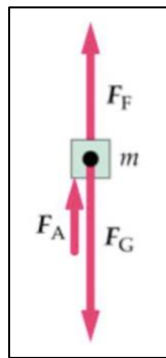


Abbildung 4: Wirkende Kräfte auf einen Körper, der in einem Fluid an einem Kraftmesser befestigt ist. Die Kraft F_F des Kraftmessers und die Auftriebskraft F_A sind nach oben gerichtet, die Gewichtskraft F_G dagegen nach unten. (Quelle: Tipler et al., 2015, S.381).

Anwendung auf das Modul

In diesem Modul handelt es sich bei dem in Wasser eingetauchten Körper um einen Eiswürfel, der im Sachzusammenhang für einen Eisberg stehen soll.

Die Dichte von Wasser bei 4 °C liegt bei $\rho_W = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, die von Eis bei $\rho_E = 920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ (vgl.

Tipler et al., 2015, S. 372). Da ein Eisberg weder aufsteigt noch sinkt, muss die Gewichtskraft des Berges genau so groß sein wie die Auftriebskraft des Bereiches unter Wasser mit dem Volumen V_U . Daraus folgt:

$$\begin{aligned} F_G &= F_A \Leftrightarrow \rho_E \cdot V \cdot g = \rho_W \cdot V_U \cdot g \\ \Leftrightarrow \frac{V_U}{V} &= \frac{\rho_E}{\rho_W} = \frac{920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,92 \end{aligned}$$

Lehrerhandreichung zum Modul: „Hypothese formulieren und überprüfen“

Es befinden sich also ca. 92 % unter Wasser. Die restlichen ca. 8 % des Eisberges/Eiswürfels ragen hingegen aus dem Wasser heraus (vgl. Tipler et al., 2015, S. 386).

Wird, wie in dem Experiment des Moduls, ein Eiswürfel in ein Wasserglas gegeben, verdrängt er sein eigenes Gewicht an Wasser, wodurch der Wasserstand steigt. Beim Schmelzen des Würfels erhöht sich seine Dichte, während sein Volumen abnimmt. Durch diese Volumenverringerung müsste der Wasserstand sinken. Allerdings ist zu beachten, dass das Volumen des Eiswürfels, das bisher aus dem Wasser herausragte, ebenfalls schmilzt und zur Wassermenge hinzukommt. Dieses zusätzliche Schmelzwasser müsste zu einem Anstieg des Wasserstandes führen. Die beiden Effekte heben sich jedoch genau auf, wodurch der Wasserstand beim Schmelzen des Eiswürfels unverändert bleibt.

Literatur:

Meschede, D. (2015). *Gerthsen Physik*. 25. Auflage. Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Tipler, P. A. und G. Mosca (2015). *Physik - für Wissenschaftler und Ingenieure*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.