

# 1. Problemstellung

Häufig steht man in der Physik vor dem Problem, dass man in kurzer Zeit einen Sachverhalt erarbeiten soll, der in einer oder mehreren Quellen auf einer größeren Zahl von Seiten beschrieben wird. Die nachfolgenden Hinweise sollen helfen, eine Strategie zu entwickeln, die den dafür benötigten Zeitaufwand reduziert und die Vorgehensweise optimiert.

## 1.1 Theoretische Grundlagen

Um ein gestelltes Thema sinnvoll bearbeiten zu können, ist eine entsprechende Literaturrecherche notwendig, um bereits vorhandene Kenntnisse aufzufrischen und ggf. weitere benötigte Inhalte selbstständig (autodidaktisch) zu erarbeiten. Eine mögliche Systematik dazu wird im Kapitel 2 vorgeschlagen.

## 1.2 Experimentelle Vorbereitung

Enthält das gestellte Thema die Durchführung eigener Experimente, sollten diese gewissenhaft und sorgfältig geplant werden, bevor man mit dem eigentlichen Aufbau beginnt. Auch hier ist mitunter eine entsprechende Literaturrecherche sinnvoll, um an Bekanntes anknüpfen zu können und einen Überblick über entsprechend geeignete Vorgehensweisen zu gewinnen. Damit beschäftigt sich das 3. Kapitel.

# 2. Systematik eines Literaturstudiums

Um in der Flut möglicher Informationen nicht unterzugehen, benötigt man eine gewisse Systematik, nach der man dann schrittweise vorgehen kann. Die nachfolgende Auflistung folgt dem „Top-Down-Prinzip“, das heißt, sie geht vom Allgemeinen zum Speziellen. Stellt sich bei der Verfolgung dieser Systematik heraus, dass entscheidende Informationen am Anfang nicht erfasst wurden, kann es mitunter notwendig sein, einen oder mehrere Schritte zurückzugehen und die Ausgangsbasis zu erweitern. Es bietet sich folgende Vorgehensweise an:

1. Präzisierung der Fragestellung (Was will ich erreichen?)
2. Auswahl geeigneter Informationsquellen (Wo finde ich die benötigten Informationen?)
3. Identifikation der relevanten Kapitel (Was kann ich davon verwenden?)
4. Selektion der benötigten Informationen (Was brauche ich davon für meine Fragestellung?)
5. Erarbeiten der Inhalte (Wie kann ich diese Inhalte einsetzen?)

Die Vorgehensweise wird im Folgenden auf ein konkretes Beispiel zurückgeführt, dass sich mit dem freien Fall eines Körpers beschäftigt.

## 2.1 Präzisierung der Fragestellung

Ohne eine klare Fragestellung ist es sehr schwer, sinnvoll Informationen zu beschaffen. Je präziser die Frage formuliert wird, desto eindeutiger sind die Selektionskriterien für die Materialauswahl. Ungünstig wäre hier zum Beispiel die Fragestellung

„Wie fällt ein Körper?“

da sie sehr umfassend ist und eine entsprechend umfangreiche Antwort erfordern würde, die alle möglichen viele Aspekte erfasst. Dagegen enthält die Fragestellung

„Wie groß ist die Beschleunigung eines frei fallenden Körpers?“

bereits eine Reihe von impliziten Einschränkungen, die die Kernfrage auf zwei wesentliche Teilfragen reduziert:

1. Welche Gesetzmäßigkeiten bestimmen den freien Fall eines Körpers?
2. Wie kann man mit einem Experiment die Beschleunigung experimentell bestimmen?

Bei allen weiteren Schritten ist immer zu prüfen, ob die damit verbundenen Informationen mit einer dieser beiden Teilfragen etwas zu tun haben und wie wichtig sie für die Beantwortung der Gesamtfrage sind. Damit erhalten Informationen eine Gewichtung, die letztendlich auch ein Maßstab dafür ist, wieviel Zeit für die Klärung evt. Teilprobleme aufgewendet werden soll: je höher die Gewichtung, desto vordringlicher ist die Beschäftigung mit eben diesem Problem. Besonders bei begrenztem Zeitvolumen ist diese Gewichtung notwendig für ein ökonomisches Arbeiten.

## **2.2 Auswahl geeigneter Informationsquellen**

Bei der Auswahl geeigneter Informationsquellen ist das eigene Vorwissen von entscheidender Bedeutung. Ein erster Zugang sollte deshalb immer über ein Buch (z.B. Physiklehrbuch) erfolgen, mit dem man bereits gearbeitet hat und dessen Anspruchsniveau den eigenen aktuellen Fähigkeiten entspricht. Wird der fragliche Sachverhalt in diesem Buch nicht erwähnt, sollte man zunächst versuchen, über ein Lexikon nach Begriffen zu suchen, die in der Fragestellung vorkommen, um Anhaltspunkte zu erlangen, unter welchen Stichwörtern man ggf. weitersuchen kann. Alternativ kann auf andere Literatur zurückgegriffen werden, von der man annimmt, das ihr Anspruchsniveau am ehesten den eigenen Fähigkeiten entspricht. Man beachte dabei, dass Lehrbücher durch ihr didaktisches Konzept generell so angelegt sind, dass der Suchende in seinem Bemühen um Information inhaltlich geleitet wird, deswegen sind sie für Autodidakten („Selbst Lernende“) besser geeignet als populärwissenschaftliche Bücher oder reine Nachschlagewerke.

Eine Informationsquelle ist dann geeignet, wenn sie zu der entsprechenden Fragestellung einen Bezug herstellt (was man in der Regel durch die Index-Einträge feststellen kann) und dazu mehr als ein paar Zeilen enthält, wie man durch Blättern auf die entsprechende Fundstelle schnell feststellen kann.

Internet-Quellen stellen zunehmend eine reichhaltige Informationsquelle zur Verfügung, allerdings sind sie in dieser Phase der Erarbeitung wenig hilfreich, da ohne genauere Selektion die Informationsfülle zu groß ist (je geringer die Selektion durch Suchbegriffe ist, desto mehr Fundstellen erhält man). In der Regel genügt für den ersten Einstieg ein einziges Buch, sofern es diesem Thema hinreichend Raum bietet; weitere Quellen kann man dann heranziehen, wenn die Informationsmöglichkeiten dieser primären Quelle ausgeschöpft sind.

## **2.3 Identifikation der relevanten Kapitel**

Die Identifikation relevanter Abschnitte einer Quelle ist erst möglich, wenn man ihren Inhalt grob erfasst hat, was bedeutet, dass man sie lesen muss. Allerdings gibt es verschiedene Stufen des Lesens, die im Folgenden benötigt werden. Man kann sie grob unterteilen in

- überfliegend lesen
- punktuell lesen
- erarbeitend lesen

Die einzelnen Lesearten werden jeweils bei den entsprechenden Schritten dieser Systematik näher erläutert.

Zur groben Erfassung des Inhaltes eines Abschnittes oder Kapitels genügt zunächst das „überfliegende Lesen“. Dabei ist die zentrale Frage: „Was steht hier eigentlich?“. Mit ein wenig Übung kann man ca. 100 Seiten in 1 - 2 Stunden so weit erfassen, dass man angeben kann, ob - und wenn ja: wo - in diesem Abschnitt für die Fragestellung relevante Informationen enthalten sind. Es ist sinnvoll, sich diese zu markieren (Zettel einlegen) und ggf. in einer Liste zu notieren. Dies soll erst einmal einen ersten allgemeinen Eindruck verschaffen, Formeln etc. überliest man einfach, dafür versucht man, die Bilder in einen Bezug zum Text zu setzen. Unbekannte Fachbegriffe werden ignoriert (bleiben aber erfahrungsgemäß im Gedächtnis haften). Es ist zulässig, einzelne Absätze (nach dem Anlesen einiger Zeilen) zu überspringen, wenn deutlich wird, dass sie nur wenig zur Klärung der Fragestellung beitragen. Vor allem versucht man die Stellen zu identifizieren, die einer näheren Betrachtung wert sind.

## 2.4 Selektion der benötigten Informationen

Um auswählen zu können, welche Abschnitte der zuvor ausgewählten Informationen für die Fragestellung von womöglich entscheidender Bedeutung sein können, muss der Text genauer gelesen werden. Hierfür bedient man sich der Methode des „punktuellen Lesens“ mit der zentralen Frage „Was ist für meine Fragestellung bedeutsam?“. Mit einem Zeitrahmen von etwa 10 Seiten in 1 - 2 Stunden wendet man sich den Stellen zu, die man einer näheren Betrachtung wert gefunden hat (s.o.), weil sie offensichtlich in einem engen Bezug zum gesuchten Thema stehen. Man versucht, Formeln und ggf. Graphiken inhaltlich zuzuordnen, unbekannte Fachbegriffe sucht und klärt man über den Index der Quelle oder ein gutes Lexikon. Hiermit verschafft man sich einen tieferen Einblick, muss aber noch nicht alles verstanden haben.

Bei dem fallenden Körper wird man z.B. auf Begriffe stoßen wie

träge Masse	schwere Masse	Ortsfaktor	<b>Fallbeschleunigung</b>
potenzielle Energie	kinetische Energie	<b>Luftreibung</b>	Newtonsches Gesetz
Bezugssystem	Gravitationsfeld	Potenzial	<b>Fallgesetz</b>
<b>Bewegungsgleichung</b>	Geschwindigkeit	Beschleunigung	...

Ausgehend von einem gewissen Grundverständnis wird man vermutlich die fett gedruckten Begriffe sofort als relevant einstufen können, während die anderen möglicherweise erst in einer späteren Phase der Erarbeitung von Bedeutung sein könnten. Die Fundstellen dieser Begriffe werden ebenso markiert und in die Liste aufgenommen wie schon in 2.3 beschrieben.

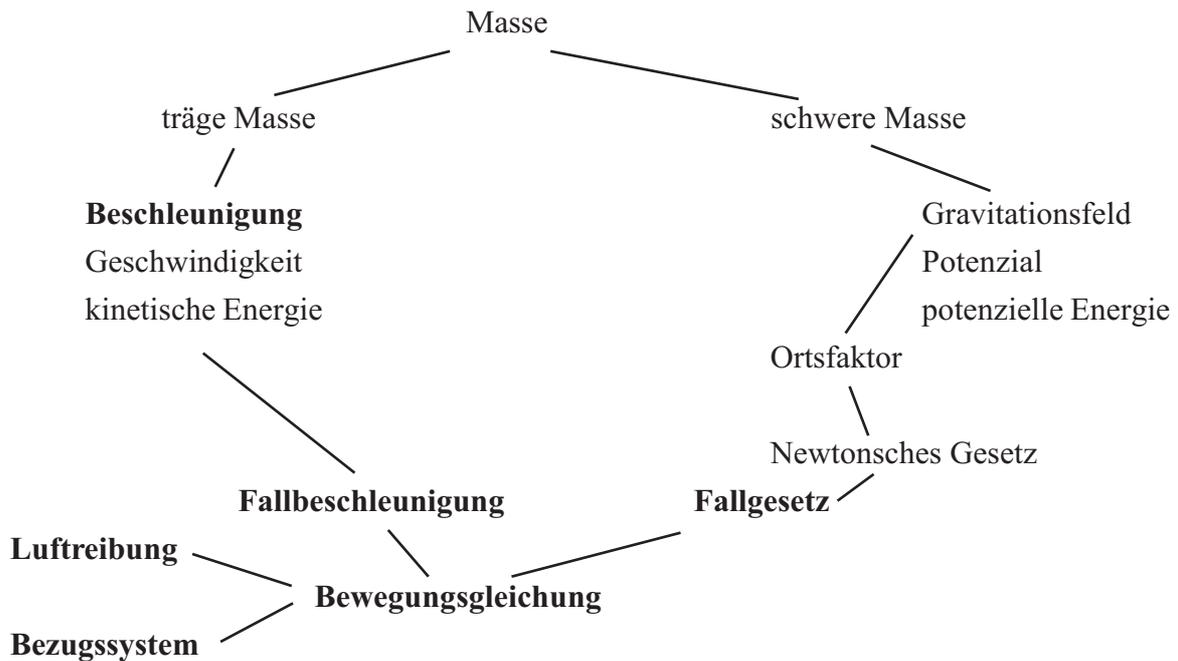
## 2.5 Erarbeiten der Inhalte

Nun konzentriert man sich auf die zuletzt identifizierten Begriffe und arbeitet die zugehörigen Passagen intensiv durch („erarbeitendes Lesen“. Hierbei steht im Vordergrund die zentrale Frage „Wie kann ich die Informationen für meine Zielsetzung einsetzen?“. Als Zeitrahmen sollte man hier für eine Seite etwa 1-2 Stunden ansetzen. Je nach Zielsetzung (Theorieverständnis oder experimentelle Ausgestaltung eines Versuches) reduziert man die Textstellen auf die wichtigsten und offensichtlich unverzichtbaren Punkte. Mit denen beschäftigt man sich so intensiv, dass möglichst wenige offene Fragen bleiben. Hier kann es sinnvoll sein, zusätzliche Literatur heranzuziehen, bei Grundlagenproblemen sollte diese niedriger angesiedelt sein als das Arbeitsbuch. Fachbegriffe sollten verstanden sein (Test: kann ich sie mit eigenen Worten erklären?), Formeln sollten einen konkreten Sinn ergeben (Test: kann ich damit bestimmte Dinge, die ich benötige, auch tatsächlich berechnen?)

## 2.6 Ergebnis der Recherche

Zeigen sich nach dieser Vorgehensweise beim erarbeitenden Lesen größere Probleme im Verständnis, muss man ggf. eine (punktuell lesen) oder sogar zwei (überfliegend lesen) Stufen zurückgehen, evt. müssen auch weitere Literatur oder andere Informationsquellen herangezogen werden. Hilfreich ist es, sich in allen Erarbeitungsphasen ein Schema anzulegen, das die Fundstellen und die zentralen Begriffe enthält und nach und nach in eine Hierarchie überführt werden kann (welche Begriffe sind Oberbegriffe, welche bilden eine Ausschärfung).

Die Hierarchie der in 2.4 angegebenen Begriffe könnte z.B folgende Form haben:



Am Ende sollte man in der Lage sein, die entsprechenden Begriffe eindeutig mit eigenen Worten zu erklären, z.B.:

Die **Bewegungsgleichung**  $s(t) = -g \cdot t^2 + s_0$  gibt an, an welchem Ort sich der Körper in Abhängigkeit von der Zeit befindet, wenn er aus der Höhe  $s_0$  frei fällt, wobei die **Luftreibung** vernachlässigt wird und die **Fallbeschleunigung**  $g$  als konstant angenommen wird. Im Laborsystem auf der Erde hat  $g$  den Wert  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Das negative Vorzeichen gibt an, dass der Vektor von  $g$  entgegengesetzt zum angenommenen Ortsvektor  $s_0$  gerichtet ist. Dieses **Fallgesetz** besagt also, dass sich der Ort des Körpers mit dem Quadrat der Zeit ändert. Zur Bestimmung der Fallbeschleunigung  $g$  muss also die Fallzeit  $t$  und die Fallstrecke  $s_0$  gemessen werden.

Stellt man bei der weiteren Bearbeitung des Themas nun fest, dass bestimmte Parameter nicht berücksichtigt wurden, kann man anhand der Hierarchie feststellen, auf welcher Ebene man wieder einsteigen muss, um die entsprechenden Fragen zu klären und welche nachfolgenden Abhängigkeiten berücksichtigt werden müssen.

Stellt sich z.B. heraus, dass die Messwerte einen systematischen Fehler aufweisen (z.B.: die gemessene Zeit ist grundsätzlich zu lang), kann man erkennen, dass vermutlich die Luftreibung eine Rolle spielen dürfte, da alle anderen vorgeschalteten Überlegungen (träge / schwere Masse) so grundsätzlicher Natur sind, dass sie vermutlich nicht ursächlich für die beobachteten Abweichungen sein können.

### 3. Planung des Experimentes

Analog zur Vorgehensweise bei der Erarbeitung der theoretischen Grundlagen geht man auch bei der Planung des Experimentes schrittweise vor. Hier empfiehlt es sich, zunächst vom einfachst denkbaren Aufbau auszugehen, bevor man Verfeinerungen einarbeitet, die lediglich der Erhöhung der Messgenauigkeit oder der vereinfachten Durchführung von Messreihen dienen.

#### 3.1 Formulierung des Versuchsziels

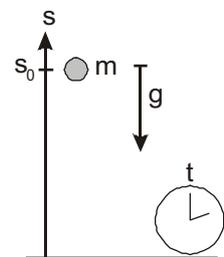
Ohne eine genaue Formulierung des Versuchszieles ist keine sinnvolle Planung möglich. Zu dessen Formulierung ist nicht nur die zentrale Frage „Was will ich mit meinem Experiment erreichen?“ zu klären, sondern auch festzustellen, welche Größen bekannt sind, welche gemessen werden müssen, welche zusätzlichen Parameter das Versuchsergebnis beeinflussen können und wie man aus den gemessenen Größen die gesuchte Antwort erhalten kann. Diese Fragen (und deren Antworten) ergeben sich aus der Problemstellung, der Literaturrecherche, dem eigenen Vorwissen und dem vorhandenen Experimentiermaterial.

Für das hier verwendete Fallbeispiel erhält man z.B.:

- Versuchsziel: Aus der Messung von Zeit und Fallhöhe eines frei fallenden Körpers soll die Beschleunigung bestimmt werden.
- Bekannt: Nach dem Fallgesetz ist der Weg proportional zum Quadrat der Zeit.
- Zu messen: Fallzeit  $t$ , Fallhöhe  $s_0$ , ggf. Masse  $m$  des Körpers
- Parameter: Masse  $m$  des Körpers, umgebendes Medium (Luft, Wasser, ...)
- Vorgehensweise: Zeit  $t$  und Höhe  $s_0$  messen, Gleichung nach  $g$  auflösen und  $g$  aus den Messwerten berechnen. Messung für verschiedene Fallhöhen durchführen, ggf. Mittelwert bilden. Messung für andere Massen  $m$  wiederholen. Evt. Messung in einem anderen Medium (Vakuum, Wasser) wiederholen, um Abweichungen festzustellen.

#### 3.2 Konzeption einer Versuchsanordnung

Zunächst listet man sich das mindestens benötigte Material und die zu messenden Größen mit den dazu geeigneten Messgeräten auf. Zur Dimensionierung des Versuches und der erforderlichen Genauigkeit der Messgeräte ist es dabei hilfreich, auf die theoretischen Grundlagen zurückzugreifen und eine fiktive Messung durchzurechnen. Anschließend skizziert man einen groben Aufbau, in dem man die zu messenden Größen markiert (die hier verwendeten Symbole und Bezeichnungen müssen unbedingt im weiteren Verlauf konsistent sein!). Eine erste Berechnung für eine Fallhöhe von 1 m ergibt hier zum Beispiel eine zu erwartende Fallzeit von 0,45 s. Mit einer Handstoppuhr kann man auf etwa 0,1 s genau messen, mit einer elektronischen Stoppuhr auf 1 ms. Die Fallhöhe lässt sich mit einem geeigneten Lineal auf 1 mm genau messen.



#### 3.3 Identifikation evt. auftretender Probleme

Anhand dieser Skizze versucht man sich den späteren Ablauf des Experimentes vorzustellen, um die erste Skizze durch Elemente zu ergänzen, die eine Messung der geforderten Größen auch tatsächlich erlauben. Da eine sinnvolle Messgenauigkeit für  $t$  nur auf elektronischem Wege zu erzielen ist, müssen weitere Komponenten eingefügt werden - diese zu identifizieren setzt allerdings voraus, dass man

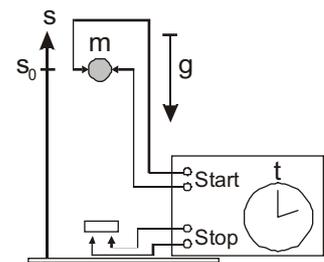
mit dem Vorhandensein und der Handhabung der entsprechenden Messgeräte vertraut ist. Hat man die Absicht, weitere Parameter zu verändern (wie hier z.B. das Experiment in verschiedenen Umgebungsmedien ablaufen zu lassen), sollte es von vornherein so konzipiert werden, dass es dazu nicht im wesentlichen Aufbau verändert werden muss. Dabei muss man damit rechnen, dass sich durch diese zusätzlichen äußeren Bedingungen weitere Einschränkungen hinsichtlich der zu erwartenden Messwerte ergeben können, die von den Messgeräten noch sinnvoll erfasst werden können müssen.

Im hier verwendeten Beispiel soll das Experiment sowohl im Vakuum als auch im Wasser ablaufen können, die Größe der Vakuumblocke beschränkt die Fallhöhe allerdings auf maximal 0,3 m, ein entsprechend großer Standzylinder (oder Eimer) für die Versuche im Wasser steht zur Verfügung. Die zu erwartende Fallzeit  $t$  reduziert sich dann allerdings in Luft auf 0,25 s, was durch die elektronische Zeitmessung aber noch hinreichend genau erfasst werden kann.

Die elektronische Zeitmessung erfordert in jedem Fall jeweils ein elektrisches Signal für den Start- und den Stopp-Eingang der Uhr. Vorhanden ist ein elektromechanischer Auslöser sowie ein dazu passender Stoppschalter, der beim Auftreffen des Körpers betätigt wird. Allerdings setzen beide voraus, dass als Fallkörper ein Metallgegenstand verwendet wird, was die Auswahl (Größe, Leitfähigkeit) möglicher Fallobjekte einschränkt.

Damit ergibt sich für die vermutlich endgültige Versuchsanordnung der Aufbau nach nebenstehender Skizze, aus der sich bereits weitere Probleme ablesen lassen:

- als Fallkörper bietet sich nur eine Metallkugel (Stahl, Aluminium) oder eine metallisierte Kunststoffkugel an
- die tatsächliche Fallstrecke reduziert sich um die Höhe des Endschalters
- Bezugspunkt für die Fallstrecke muss nicht der Massenmittelpunkt, sondern die Kugelunterseite sein
- ein möglicher Messfehler entsteht durch die Abbremsung der Kugel durch die Schaltplatte des Endschalters



Trotz dieser Einschränkungen kann das ursprüngliche Versuchsziel durchaus mit dieser Anordnung erreicht werden, wenn bei der Auswertung der Messergebnisse auf diese Probleme entsprechend Rücksicht genommen wird und die dadurch verursachten Messfehler eingegrenzt werden (z.B. durch Bestimmen des Schaltweges des Endschalters, genaue Entfernungsmessung mit einer Spiegelskala zur Vermeidung einer Ableseparallaxe an der Kugelunterseite).

### 3.4 Testen und Verwenden der Versuchsanordnung

Bevor man mit der Versuchsanordnung langwierige Testreihen anstellt, sollte die Anordnung auf ihre generelle Funktionsfähigkeit geprüft werden. Dazu gehört die Aufnahme einiger Einzelmessungen innerhalb der beabsichtigten Grenzen der einzustellenden Parameter und die Überprüfung der erhaltenen Messwerte mit den theoretischen Voraussagen. Die Verwendung der Apparatur für die eigentlichen Messreihen sollte erst erfolgen, wenn man in der Lage ist, ein einzelnes Experiment reproduzierbar durchzuführen. Bei den eigentlichen Messungen ist es selbstverständlich, dass jeweils mehrere unabhängige Messreihen aufgenommen werden, um Messfehler und zufällige Störgrößen in ihren Auswirkungen zu minimieren. Ein wesentlicher Bestandteil der Auswertung ist hierbei auch eine angemessene Fehlerrechnung.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Problemstellung</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Theoretische Grundlagen</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Experimentelle Vorbereitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Systematik eines Literaturstudiums</b>	<b>1</b>
<b>2.1 Präzisierung der Fragestellung</b>	<b>1</b>
<b>2.2 Auswahl geeigneter Informationsquellen</b>	<b>2</b>
<b>2.3 Identifikation der relevanten Kapitel</b>	<b>2</b>
<b>2.4 Selektion der benötigten Informationen</b>	<b>3</b>
<b>2.5 Erarbeiten der Inhalte</b>	<b>3</b>
<b>2.6 Ergebnis der Recherche</b>	<b>4</b>
<b>3. Planung des Experimentes</b>	<b>5</b>
<b>3.1 Formulierung des Versuchsziels</b>	<b>5</b>
<b>3.2 Konzeption einer Versuchsanordnung</b>	<b>5</b>
<b>3.3 Identifikation evt. auftretender Probleme</b>	<b>5</b>
<b>3.4 Testen und Verwenden der Versuchsanordnung</b>	<b>6</b>