



Andreas
Hüttner

Technik unterrichten

Bibliothek
der
Schulpraxis

Danksagung

Ich habe vielen Menschen, die mir bei der Entstehung dieses Buches geholfen haben, zu danken.

Besonderen Dank sagen möchte ich:

meiner Frau und meinem Sohn für ihr Verständnis,
meinen Fachkollegen für ihre Anteilnahme an der Entstehung,
meinen Studenten für die Erprobung der Unterrichtsmethoden,
meiner Lektorin für die Betreuung des Buches,
meiner Mutter für die unermüdliche Schreibarbeit und
meinem Vater für die fachlich-kompetente, sachlich-kritische und
stets geduldige Begleitung der Arbeit.

Impressum

Verfasser:

Dr. Andreas Hüttner

Professor an der Pädagogischen
Hochschule Schwäbisch Gmünd

39114 Magdeburg/Randau

Verlagslektorat:

Dr. Astrid Grote-Wolff

Das vorliegende Buch wurde auf der Grundlage der neuen amtlichen Rechtschreibregeln erstellt.

3. Auflage 2009

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-7378-5

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag genehmigt werden.

© 2009 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Umschlaggestaltung: Michael M. Kappenstein, 60385 Frankfurt

Layout und Satz: rkt, 42799 Leichlingen

Druck: Media-Print Informationstechnologie, 33100 Paderborn

5.4 Unterrichtsverfahren »Experiment«

5.4.1 Experimente in Forschung und Lehre

In nahezu allen Wissenschaften, in der Forschung, aber auch in der Praxis werden Experimente durchgeführt. Sie sind auf **Erkenntnisgewinn** und auf **Erkenntnisanwendung** gerichtet. Differenziert man diese grundlegende Zwecksetzung des Experimentierens weiter, so stehen folgende Ziele im Vordergrund:

- Bestimmen von Forschungsthemen,
- Aufdecken gesetzmäßiger Zusammenhänge,
- Bestätigen oder Ablehnen von Hypothesen,
- Finden von Wirkprinzipien,
- Prüfen neuer Erkenntnisse auf ihre Anwendbarkeit in der Praxis,
- Lösen von Problemen.

Diese Einzelziele können nach entsprechender didaktischer Vereinfachung auch den Unterrichtsexperimenten zugrunde liegen. Für den Technikunterricht sind neben den technischen auch naturwissenschaftliche Experimente von Bedeutung.

Naturwissenschaftliche Experimente ergründen die Natur und ihre Veränderungen. Sie untersuchen den Mikro- und Makrokosmos. Experimente in den Naturwissenschaften beschäftigen sich vorrangig mit kausal determinierten Fragestellungen. Hier geht es beim Experimentieren um die Beantwortung der Frage nach dem WARUM, um die Klärung des Ursache-Wirkungsprinzips. Dabei werden zumeist idealisierte Bedingungen vorausgesetzt, um Störgrößen zu eliminieren und so zu allgemeingültigen Aussagen zu gelangen.

Bei **technischen Experimenten** steht das WIE, die Klärung der Verwendbarkeit bzw. der Anwendung einer Problemlösung unter realen Praxisbedingungen im Vordergrund. Dabei werden die Übereinstimmung, »der Widerspruch oder die Differenz zwischen den geforderten Parametern und dem Ist-Zustand des technischen Systems aufgedeckt«.¹ Sie werden im Labor, in technischen Versuchsfeldern und unter realen Praxisbedingungen durchgeführt.

Mögliche Ziele technischer Experimente sind:

- Bestimmung von Leistungsparametern technischer Systeme,
- Aufdeckung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen,
- Prüfung von Werkstoffen unter wechselnden Bedingungen,
- Erprobung neuer technischer Lösungen.

Damit sind wesentliche lerninhaltliche Schwerpunkte für das Experimentieren im Technikunterricht vorgegeben. Experimente lassen sich nach ihrer Zielsetzung differenzieren. So ist, bezogen auf naturwissenschaftliche und technische Experimente, zu unterscheiden zwischen:

- Erkundungsexperimenten,
- Forschungsexperimenten,
- Erprobungsexperimenten und
- Überführungsexperimenten.

¹ Vgl. Blandow, D./Bösenberg, A./Sachs, C.: Experimente im polytechnischen Unterricht. Berlin/Ost (Volk und Wissen) 1981, S. 13.

Erkundungsexperimente sollen »Lücken« in wissenschaftlichen Erkenntnissystemen aufdecken und Forschungsthemen finden helfen.

Forschungsexperimente werden durchgeführt, um diese »Lücken« zu schließen. Im Vordergrund steht der Gewinn neuer Erkenntnisse. Wissenschaftliche Theorien werden dadurch hervorgebracht, bekannte Theorien überprüft, bestätigt oder erweitert. Forschungsexperimente decken oftmals neue Probleme auf und orientieren damit die nachfolgende Forschung.

Erprobungsexperimente sind darauf gerichtet, Erkenntnisse, die im Labor oder im Versuchsfeld ermittelt wurden, in kleinen Pilotanlagen anzuwenden. Dabei wird zugleich die Überführung der Neuerungen, z.B. neuer Werkstoffe, Verfahren oder technischer Systemlösungen in die großtechnische Praxis vorbereitet.

Überführungsexperimente finden meist direkt in der Anwendungspraxis statt. Bevor beispielsweise ein neues Erzeugnis, das im Laborexperiment hervorgebracht wurde, Produktionsreife erreicht, muss es in kleinen technischen Anlagen, den Pilotanlagen, geprüft werden. Pilotanlagen gehören in ihrer technisch-technologischen Ausstattung zugleich zu den Forschungs- und zu den Produktionsanlagen. Kleinere Mengen des technischen Artefakts werden mit jeweils wechselnden Parametern und unter unterschiedlichen Bedingungen hergestellt. Erst nach der Auswertung dieser Experimente sind Entscheidungen für oder gegen eine großtechnische Nutzung möglich.

Die beschriebenen Zielsetzungen für Experimente unterscheiden sich in ihrem experimentellen Grundansatz und in den jeweils differenzierten experimentellen Bedingungen, die zu ihrer Durchführung notwendig sind. Sie werden in Abb. 5.5 schematisch zusammengefasst.

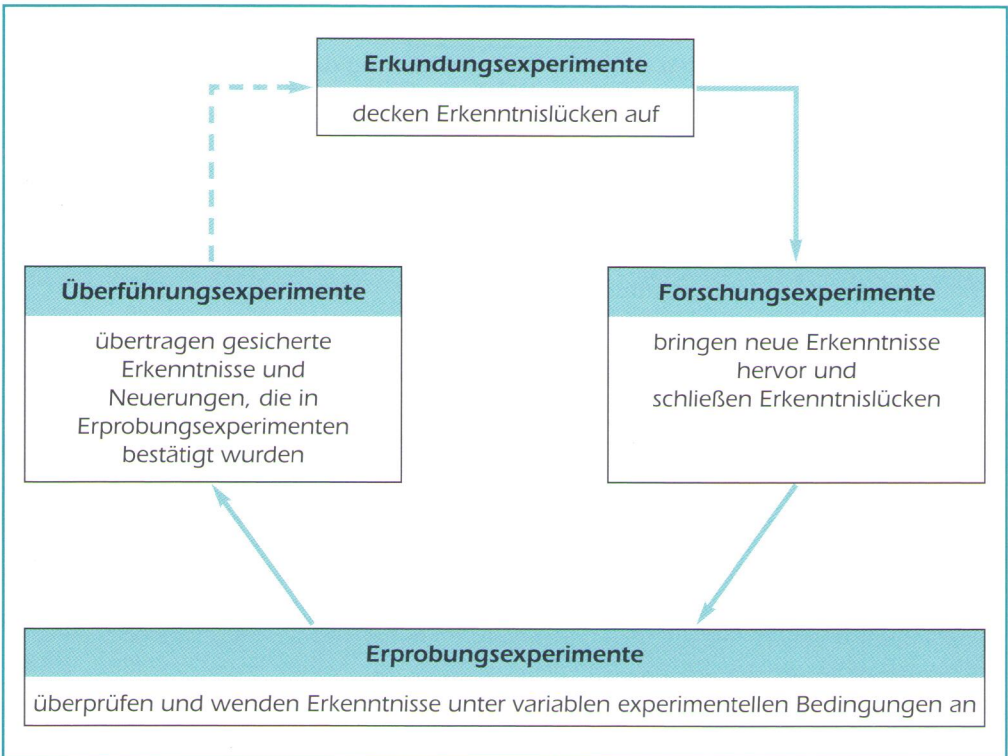


Abb. 5.5: Zielstellungen für technikwissenschaftliche Experimente

5.4.2 Arten von Unterrichtsexperimenten, ihre Vorbereitung und Durchführung

Bei der Bestimmung technischer Unterrichtsexperimente, die Bildungszwecken dienen, müssen die allgemeinen Experimentiervorschriften in pädagogisch-didaktischer Sicht erschlossen werden. Der Experimentiergegenstand ist Lerninhalt. Die Lernziele sind auf Erweiterung technischer Bildung und Kompetenzentwicklung der Lernenden gerichtet.

Experimentierbedingungen einschließlich der Experimentiermittel werden durch mögliche Lernorte (Klassenraum, Technikraum) bestimmt. Hieraus erwächst das Erfordernis, die genannten technikwissenschaftlichen Ziele mit Bildungszielen im Zusammenhang zu sehen.

Experimente, die im Unterricht eingesetzt werden, sollen Lernen initiieren und die Schüler aktivieren. Es handelt sich um fachdidaktisch gestaltete Experimente. Die gestellten Experimentieraufgaben müssen für die Schüler lösbar sein und somit ihr derzeitiges Leistungsvermögen berücksichtigen.

In der Schulpraxis haben sich zwei unterschiedliche Arten von Unterrichtsexperimenten bewährt. Das sind Demonstrationsexperimente und Schülerexperimente. Die **Demonstrationsexperimente** können im Frontalunterricht vom Lehrer allein, vom Lehrer mit Unterstützung einzelner Schüler oder von einem oder mehreren Schülern durchgeführt werden. Vor dem Experimentieren sind die Experimentieraufgabe und der Aufbau des Experimentes zu erklären. Vorteilhaft ist es, wenn die am Experiment beteiligten Schüler diese Aufgabe übernehmen. Der Lehrer muss sie dabei unterstützen. Die anderen Lernenden werden aufgefordert, den Ablauf des Experimentes zu beobachten und die Beobachtungsergebnisse zu notieren.

Dabei ist zu beachten:

- Beim Experimentieren kommt es besonders auf Exaktheit, Ausdauer, Zuverlässigkeit, Ehrlichkeit und Kreativität an. Der Lehrer muss diesen Ansprüchen durch sein Lehrhandeln gerecht werden.
- Wenn der Lerninhalt die Durchführung mehrerer Experimente ermöglicht, sollte das einfache den Vorzug erhalten. Eine inhaltliche »Überfrachtung« erschwert das Lehrhandeln der Schüler.
- Die Durchführung jedes Experimentes erfordert sichere Experimentierbedingungen. Sie besitzen hohe Priorität. Es ist besser auf ein Experiment zu verzichten, als die Schüler in Gefahr zu bringen.
- Nicht jedes Experiment gelingt. Trotz sorgfältiger Vorbereitung können Experimente auch fehlschlagen. In solchen Fällen sind die Ursachen für das Versagen zu ergründen, Fehler müssen korrigiert und das Experiment muss wiederholt werden.
- Die Vorbereitung von Experimenten ist oft sehr aufwendig. Der Lehrer muss die Geräte bereitstellen und vor allem das Experiment im Vorfeld des Unterrichts erproben. Wenn es möglich ist, sollten interessierte Schüler in die Vorbereitungsarbeiten einbezogen werden. Während der Durchführung des Experimentes können sie Teilaufgaben, wie Montage der Experimentiergeräte, Inbetriebnahme des Experimentes oder Ablesen von Messwerten übernehmen.

Schülerexperimente können durch selbstständiges Experimentieren der einzelnen Schüler, in Kleinstgruppen oder in Kleingruppen durchgeführt werden. Für diese Varianten von Schülerexperimenten müssen die erforderlichen Experimentierarbeitsplätze und Experimentiergeräte in ausreichender Anzahl zur Verfügung stehen. Es ist zweckmäßig, zunächst eine einfache Experimentieraufgabe zu stellen, die durch eine hohe Erfolgsaussicht motivierend auf die Schüler wirkt. Später sind die Anforderungen zu steigern. Trotz gründlicher Vorbereitung können auch bei der Durchführung von Schülerexperimenten Schwierigkeiten auftreten. Meist handelt es sich um einzelne Schüler, die fehlerhaft experimentieren. Der Lehrer oder andere Schüler müssen dann helfen.

Bei der Durchführung von Schülerexperimenten ist zu beachten:

- Schülerexperimente müssen lerninhaltsbezogen ausgewählt und sorgfältig vorbereitet werden. Die Schüler sind umfassend zu informieren, zu motivieren und mit den experimentellen Methoden vertraut zu machen.
- Wichtig ist, dass die Schüler den Verlauf des Experimentes kontrollieren und die Experimentierergebnisse im Versuchsprotokoll notieren.

Beim Experimentieren werden neue Leistungs- und Verhaltensdispositionen entwickelt und bereits vorhandene weiter ausgeprägt. Untersuchungen zum Experimentieren im Unterricht beweisen die Vorteile dieses Unterrichtsverfahrens, die in besseren Lernleistungen, größeren Behaltenseffekten und höherer Aktivität der Lernenden bestehen. Unterrichtsexperimente sind generell lerninhaltsbezogen und bereits im Prozess der Lehrplanaufbereitung auszuwählen. Ihr späterer Einsatz ist langfristig zu planen. Rechtzeitig müssen durch den Lehrer die Experimentiergeräte bereitgestellt, das Experiment erprobt und das Unterrichtskonzept für den Experimentalunterricht erarbeitet werden. Die Experimente können eine Unterrichtsstunde bzw. eine Doppelstunde ausfüllen oder speziell auf die Artikulation des Unterrichts bezogen zum Einsatz kommen.

Beim Artikulationsbezug ist zu unterscheiden zwischen:

- Experimenten zur **Einführung** in die Unterrichtsstunde oder in eine Stoffeinheit (Einführungsexperimente),
- Experimenten zur **Erarbeitung** neuer Lerninhalte (Erarbeitungsexperimente),
- Experimenten zur **Übung** (Übungsexperimente),
- Experimenten zur **Wiederholung** (Wiederholungsexperimente),
- Experimenten zur **Kontrolle** und **Prüfung** (Kontroll- bzw. Prüfungsexperimente).

Damit wird die konkrete Einordnung des Experimentes in die Ablaufstruktur des Unterrichts erkennbar. Unterrichtsexperimente können aber auch nach ihren Wirkungen, die sie hervorbringen sollen, unterschieden werden. Gemeint sind:

- Überraschungsexperimente,
- Nachweisexperimente,
- Mess- und Prüfexperimente,
- Erkundungsexperimente.

Experimentieren im Unterricht ist ein dreistufiger Prozess:

1 Vorbereitung des Unterrichtsexperimentes und Schaffung der Voraussetzung für sicheres Experimentieren

Bereits im Ergebnis von Lehrplananalysen sind Unterrichtsexperimente zu planen.

Dadurch gelingt es:

- das jeweils zweckmäßige Unterrichtsexperiment auszuwählen,
- die Einsatzvoraussetzungen, bezogen auf Lernende und räumliche Bedingungen, rechtzeitig festzulegen und zu sichern,
- über den Personenbezug bei der Durchführung des Experimentes im Unterricht zu entscheiden.

In jedem Fall müssen in personeller, räumlicher und materieller Hinsicht zweckmäßige Einsatzvoraussetzungen gegeben sein oder jeweils geschaffen werden.

Zur **personellen Seite der Einsatzvoraussetzungen** gehören die am Experiment direkt oder indirekt beteiligten Personen. Direkt beteiligt können der Lehrer und ausgewählte Schüler oder – wie beim Schülerexperiment – alle Lernenden sein. DieEinstimmung der Lernenden, ihre Motivierung, ist eine wichtige vorbereitende Aufgabe des Lehrers. Er selbst muss im Experimentieren geübt sein, damit er eventuell auftretende Störungen einschätzen und angemessen darauf reagieren kann.

Zur **räumlich-materiellen Seite der Einsatzvoraussetzungen** gehören:

- die Experimentierarbeitsplätze,
- die Experimentiergeräte, Werkzeuge, Werkstoffe,
- die Experimentieranleitungen einschließlich der notwendigen Sicherheitsbestimmungen.

Die Schaffung der räumlich-materiellen Voraussetzungen ist meist aufwendig. Experimentierarbeitsplätze müssen in speziellen Fachräumen für die Schüler bereitgestellt werden. Sie ermöglichen einen schnellen Zugriff auf die Experimentiergeräte. Für bewährte Experimente, die häufig zum Einsatz kommen, bietet sich eine zusammenhängende Aufbewahrung der Einzelgeräte an.

2 Durchführung des Unterrichtsexperimentes

Die Durchführung von Unterrichtsexperimenten ist die entscheidende Phase des experimentellen Arbeitens. Dabei ist auf die richtigen Handlungen zum richtigen Zeitpunkt zu achten. Der Gesamtverlauf des Experimentes muss durch die Schüler beobachtet und protokolliert werden; das gilt für alle Varianten des Experimentes gleichermaßen.

Lernende sollen zur exakten Durchführung eines geplanten Experimentes befähigt werden. Deshalb sind sie schrittweise an das Experimentieren heranzuführen. Sie müssen **theoretische Grundlagen** und **methodisch zweckmäßiges experimentelles Arbeiten** kennenlernen.

Zu den theoretischen Grundlagen gehören:

- Sachkenntnisse, bezogen auf den experimentell-inhaltlichen Gegenstand,
- Fragestellungen, die durch das Experiment beantwortet werden sollen,
- Postulate (Hypothesen), die zu prüfen sind,
- Praxisbezüge, auf die das Experimentieren ausgerichtet ist.

Damit sind erste Voraussetzungen für den erfolgreichen Ablauf des Experimentes geschaffen.

Das Bekanntmachen der Schüler mit **Methoden des experimentellen Arbeitens** umfasst folgende Schritte:

- das Vermitteln der Lernziele, die dem Experiment zugrunde liegen,
- das Vertrautmachen der Schüler mit den Experimentiergeräten,
- die schriftliche oder mündliche Vorgabe der Abfolge des experimentellen Handelns,
- das Vorführen schwieriger experimenteller Operationen entsprechend der Vierstufenmethode (vgl. Kap. 5.2),

- das Vermitteln von Wissen darüber, welche Einzelheiten beobachtet und im Versuchsprotokoll erfasst werden sollen,
- die Unterstützung der Lernenden bei der Erfassung der Ergebnisse sowie bei deren Auswertung.

3 Auswertung des Unterrichtsexperimentes

Unmittelbar nach dem Experimentieren ist die Auswertung vorzusehen. Folgende Aufgaben sind zu erfüllen:

- Die zuvor aufgestellte Hypothese muss als richtig bestätigt oder, gestützt auf exakt ermittelte Experimentalergebnisse, abgelehnt werden.
- Aufgeworfene Fragen sind zu beantworten.
- Gewonnene Erkenntnisse müssen verbal formuliert und verallgemeinert werden.
- Theorie-Praxis-Bezüge sind aus den erzielten Ergebnissen abzuleiten.

Die drei Stufen des Experimentierens im Unterricht gelten für Demonstrations- wie für Schülerexperimente in gleichem Maße.

5.4.3 Beispiel für das Demonstrationsexperiment im Technikunterricht

Der Einsatz des Demonstrationsexperimentes im Technikunterricht ist im Unterrichtskonzept durch den Lehrer festzulegen. Zu Beginn des Unterrichts müssen die Experimentierbedingungen gesichert sein.

Unmittelbar vor der Durchführung des Experimentes erfolgt die **Vorbereitung der Schüler**. In einem einleitenden Lehrervortrag wird die Experimentieraufgabe erklärt. Vorteilhaft ist es, wenn den Schülern ein Arbeitsblatt übergeben werden kann. Es sollte die Prinzipskizze des Experimentiergerätes und Fragen enthalten, die durch die Schüler zu beantworten sind. Ein nachfolgendes Unterrichtsgespräch kann zur Beantwortung von Nachfragen und zur Motivierung der Schüler genutzt werden. In einer Hypothese werden die auf dem bisherigen Wissensstand der Schüler basierenden Vermutungen zu den erwarteten Experimentalergebnissen formuliert.

Die **Durchführung** des Demonstrationsexperimentes erfordert Konzentration und exaktes Handeln des Lehrers und seiner Helfer. Die anderen Schüler beobachten den Ablauf und protokollieren ihre Beobachtungen. Der Lehrer kann die Schüler durch Hinweise auf experimentelle Schwerpunkte oder Wirkungen unterstützen. Er beantwortet Fragen, wenn dies während der Experimentierphase möglich und notwendig ist.

Abschließend erfolgt die **Auswertung** des Demonstrationsexperimentes durch den Vergleich der ermittelten Ergebnisse mit den aufgestellten Hypothesen. Es kommt darauf an, dass möglichst alle Schüler in das offene Unterrichtsgespräch einbezogen werden und ihre Beobachtungen sowie die gewonnenen Erkenntnisse darlegen können. Eine nachfolgende Systematisierung und Sicherung der gewonnenen Erkenntnisse ist wichtig und notwendig.

BEISPIEL

Demonstrationsexperiment zum Thema »Reibung«

Vorbereitung der Schüler auf die Durchführung des Demonstrationsexperimentes

Bei der Erarbeitung des Unterrichtskonzeptes für das Thema »Reibung« hat sich der Lehrer zur Durchführung eines Demonstrationsexperimentes entschlossen. Das Experiment wurde außerhalb des Unterrichts erprobt. Der Lehrer kann auf ein Arbeitsblatt zurück-

greifen. Es enthält die Prinzipskizze der Experimentiervorrichtung und Kontrollfragen (vgl. Abb. 5.6). Vor Beginn des Experimentes schildert der Lehrer ein Ereignis aus dem Freizeitbereich. Mehrere Schüler interessieren sich für Fußball. Oft wird in den Pausen lebhaft über Ergebnisse, die Leistungen der Spieler und besondere Vorkommnisse diskutiert. Das letzte Fußballspiel des Lieblingsvereins fand bei ungünstigem Wetter statt. Während der ersten Halbzeit war der Platz trocken und gut bespielbar. In der zweiten Halbzeit begann es zu regnen. Hier knüpft der Lehrer an. Er provoziert eine offene Unterrichtsdiskussion mit der Aussage: »Die Ballführung war in der 2. Halbzeit durch den Regen sehr erschwert. Beim Aufsetzen auf die Grasnarbe wurde der Ball scheinbar beschleunigt.« Seine nachfolgende Frage zielt auf mögliche Ursachen für die anscheinend wahrgenommene Erhöhung der Geschwindigkeit des Balles beim Aufsetzen auf die Grasnarbe. Durch die Schüler werden unterschiedliche Begründungen vorgetragen. Darunter ist auch die richtige Antwort.

Ein Schüler stellt fest:

»Durch das Regenwasser wurde die Reibung des Balles gegenüber dem Grasboden verringert. Wasser wirkt hierbei wie ein Schmiermittel.« Damit rückt das Thema »Reibung« in den Mittelpunkt des Unterrichts. Der Lehrer informiert die Schüler über das geplante Demonstrationsexperiment zur Ermittlung der Reibungskraft. Die Experimentieraufgabe lautet: »Untersuchung der Haftreibung eines Körpers.«

Der Lehrer formuliert folgende These:

»Die Haftreibung ist der zwischen einer Fläche und dem sich darauf befindenden Körper existierende Widerstand, den man überwinden muss, wenn sich der Körper in Bewegung setzen soll.« Diese Aussage ist experimentell zu überprüfen. Den Schülern wird das Arbeitsblatt übergeben und erläutert (vgl. Abb. 5.6). Die abgebildete Prinzipskizze zeigt einen Gleichgewichtszustand zwischen der Reibungskraft F_R und der Antriebskraft F_A , die eine Zugkraft auf den Körper ausübt. Die ausgewiesenen Fragen sollen den Schülern als Hilfe zur Formulierung ihrer Hypothesen dienen. Die Experimentiergeräte sind für die Schüler nicht sichtbar bereitgestellt, damit sie durch den Versuchsaufbau nicht abgelenkt werden.

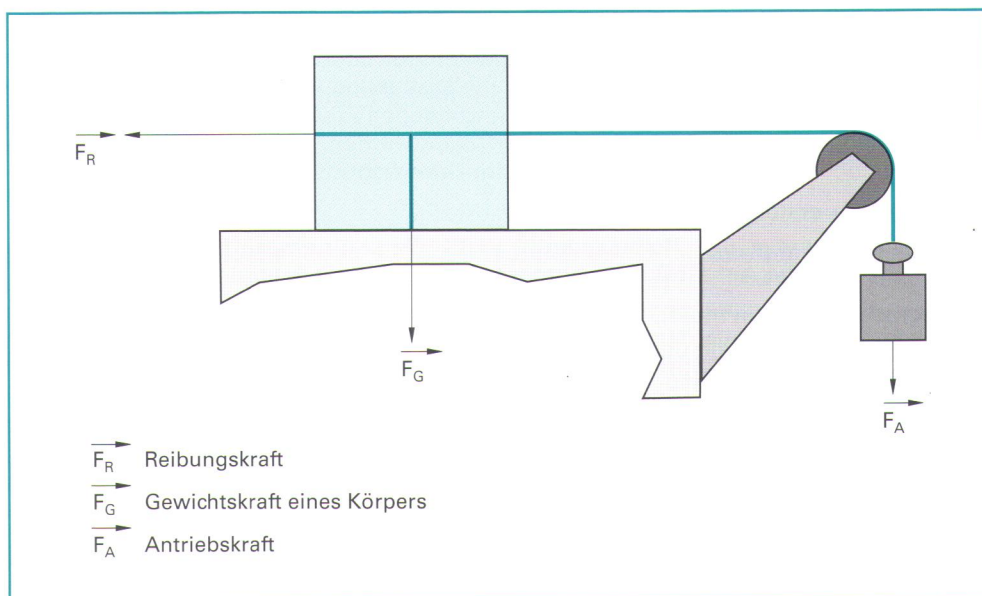


Abb. 5.6: Versuchsaufbau zur Ermittlung der Reibungskraft \vec{F}_R

Aus dem Arbeitsblatt können die Schüler folgende Kontrollfragen entnehmen:

1. Welchen Einfluss hat die Gewichtskraft des Körpers auf die Größe der Haftreibung?
2. Wie beeinflusst die Größe der Grundfläche eines Körpers, mit der er auf einer Unterlage liegt, die Haftreibung?
3. Wann spricht man vom Auftreten einer Gleitreibung?
4. Wodurch unterscheidet sich die Gleitreibung von der Rollreibung?
5. Wie kommt es zur Entstehung von Rollreibung?
6. Welche technischen Anwendungen dieser Reibungsarten sind möglich?

Durchführung des Demonstrationsexperimentes

Die Schüler werden aufgefordert, vor der Durchführung des Experimentes die Prinzipskizze zu analysieren, die Kontrollfragen zu lesen und vorab Antworten im Sinne von Hypothesen zu überlegen. Der Lehrer erlaubt die Diskussion der Schüler untereinander. Während die Schüler das Arbeitsblatt auswerten, beobachtet der Lehrer die offene Lernsituation. Das nachfolgend durchzuführende Experiment muss die Richtigkeit der aufgestellten Hypothesen bestätigen oder ablehnen.

Ein Schüler führt das dreistufige Demonstrationsexperiment durch.

Erste Stufe des Experimentes: Die Antriebskraft (F_A) wird vergrößert.

Zweite Stufe des Experimentes: Die Gewichtskraft des Versuchskörpers wird verdoppelt.

Dritte Stufe des Experimentes: Der Versuchskörper wird auf seine schmale Seite gestellt und bewegt.

Die Schüler beobachten den Verlauf des Experiments. Sie notieren ihre Beobachtungen.

Auswertung des Experimentes

Die abschließende gemeinsame Auswertung erfolgt im Unterrichtsgespräch. Diese methodische Grundform ist zur Auswertung von Demonstrationsexperimenten oftmals zweckmäßig. Das Unterrichtsgespräch sollte jedoch lernerzentriert ausgerichtet werden. Günstig ist, wenn die Schüler untereinander diskutieren. Allerdings dürfen solche Dispute nicht ausufern. Der Lehrer kann die Diskussion unterstützen und auf Schwerpunkte hinweisen. Nachfolgend sind die gewonnenen Erkenntnisse zusammenzufassen. Diese Aufgabe kann den Lernenden übertragen werden. Der Lehrer erteilt Hilfen. Die Schüler notieren wichtige Aussagen in ihrer Unterrichtsmitchrift.

Aussage zur ersten Stufe:

Zur Überwindung der Reibungskraft muss die Antriebskraft vergrößert werden ($F_A > F_R$), d. h., die Antriebskraft ist größer als die Reibungskraft des Körpers.

Aussage zur zweiten Stufe:

Bei einer Verdoppelung der Gewichtskraft muss die Antriebskraft über die Verdoppelung hinaus erhöht werden. Auch hier gilt: $F_A > F_R$

Aussage zur dritten Stufe:

Wird der Versuchskörper auf die schmale Seite gestellt und alle anderen Parameter werden beibehalten, zeigt sich, dass die Größe der Fläche keinen Einfluss auf die Reibungskraft und damit auf die Größe der Haftreibung ausübt.

Zusammenfassung der Erkenntnisse

Je nachdem, ob die Werkstücke aufeinander haften, gleiten oder gegeneinander rollen, unterscheidet man zwischen Haft-, Gleit- und Rollreibung.

- Die **Haftreibung** eines Körpers ist tangential zur Berührungsfläche gerichtet, direkt proportional zur Normalkraft und unabhängig von der Größe der Berührungsfläche. Sie liegt vor, solange die Antriebskraft kleiner oder gleich der Haftreibungskraft ist.
- **Gleitreibung** entsteht, wenn sich ein Körper gegenüber einer Unterlage, mit einer bestimmten Geschwindigkeit bewegt. Die Gleitreibung ist abhängig von der Gleitreibungszahl der gegeneinander gleitenden Flächen, aber unabhängig vom Flächeninhalt der Berührungsflächen.
- Wenn zwei Körper gegeneinander rollen, entsteht eine **Rollreibung**.

Diese physikalischen Zusammenhänge haben Bedeutung für die konstruktive Gestaltung technischer Artefakte. Beispiele sind: Gleit- und Wälzlager, Bremsbeläge, Sommer- bzw. Winterreifen bei Autos sowie das Verhalten von Schneidwerkzeugen im Material.

Die physikalische Größe Reibung ist bei der Konstruktion technischer Artefakte zu berücksichtigen. Weder Fahrzeuge auf der Strasse, noch Keilriemen als Übertragungselement zwischen Antriebs- und Arbeitsorgan oder eine Schraube im Material würden Kräfte übertragen bzw. Bewegungen ermöglichen. Kein Fahrzeug wäre lenkbar, keine Bremse würde einen eventuellen Aufprall verhindern, oder zumindest dessen Folgen verringern, wenn es die Reibung nicht gäbe.

5.4.4 Beispiel für das Schülerexperiment im Technikunterricht

Schülerexperimente sind langfristig zu planen, rechtzeitig vorzubereiten und zu organisieren. Zur **Vorbereitung** gehören Lerninhaltsanalysen, anthropogene Analysen und Bedingungsanalysen, die für den Lehrer und seine Unterrichtsvorbereitung wichtige Informationen erbringen.

Sie ermöglichen zum Beispiel:

- die Auswahl des Experimentes und die Erarbeitung der Experimentieraufgabe,
- die Einordnung des Schülerexperimentes in die Ablaufstruktur des Unterrichts,
- die Festlegung des Zeitrahmens für die Durchführung des Schülerexperimentes,
- die Bestimmung der Sozialform für die Durchführung des Schülerexperimentes (Einzellernen, Partnerlernen, kooperatives Lernen),
- die Ableitung erster Vorstellungen zur Zusammensetzung der Kooperationsgruppen und zur Lernorganisation.

Schülerexperimente können eine Unterrichtsstunde insgesamt ausfüllen oder auf einen Unterrichtsabschnitt beschränkt werden. Bestimmend sind Schwierigkeitsgrad und Umfang der Experimentieraufgabe, die der Lehrer festlegt. Er kann dabei auf bekannte und im Unterricht bewährte oder neue, selbst gestaltete Experimente zurückgreifen. Die Experimentieraufgabe und getroffene Entscheidungen zur Durchführung des Schülerexperimentes werden in der Unterrichtskonzeption ausgewiesen. Sie ist der Leitfaden für das Lehr- und Lernhandeln im nachfolgenden Unterricht. Davor müssen allerdings die festgelegten Experimente durch den Lehrer erprobt werden. Für den nachfolgenden Unterricht sind die erforderlichen Experimentiergeräte und Unterrichtsmedien, z.B. Arbeitsblätter, bereitzustellen.

Die **Vorbereitung der Lernenden** auf die Durchführung eines Schülerexperimentes sollte unmittelbar vor Beginn des Experimentes erfolgen. Bei Experimenten, die den Zeitrahmen einer Unterrichtsstunde ausfüllen, findet die Einführung zu Beginn der Unterrichtsstunde statt. Für einfache Schülerexperimente, die geringere Zeit erfordern, trifft dies nicht zu.

Die Vorbereitung der Schüler ist in solchen Fällen in die Ablaufstruktur des Unterrichts einzuordnen. Besonders motivierend auf die Schüler wirkt die experimentelle Lösung eines von ihnen selbst erkannten Problems. Während der Vorbereitung ist die Experimentieraufgabe zu erklären. Die Experimentiergeräte und die vorbereiteten Arbeitsblätter werden bereitgestellt. Zur Vorbereitung gehört auch die Konstituierung der Kooperationsgruppen, wenn Partnerlernen oder kooperatives Lernen vorgesehen ist. Hypothesen zu den erwarteten Experimentalergebnissen sind durch die Schüler zu formulieren.

Nach Aufforderung durch den Lehrer beginnen die Schüler mit der **Durchführung des Experimentes**. Der Lehrer beobachtet ihr experimentelles Handeln. Er hilft, wenn Hilfe gewünscht wird. Bei fehlerhaftem experimentellen Handeln muss allerdings operativ eingegriffen werden. Beim Experimentieren kommt es darauf an, dass die Schüler mit Akribie und Verantwortungsbewusstsein handeln. Sie vollziehen dabei Tätigkeiten wie: Messen, Prüfen, Beobachten, Vergleichen, Variieren von Bedingungen, Kontrollieren, Erfassen der Ergebnisse und Protokollieren.

Die **Auswertung** des Schülerexperimentes ist wegen des hier zu erreichenden hohen Lerneffektes besonders wichtig. Im Frontalunterricht können sowohl das Unterrichtsgespräch als auch Schülervorträge genutzt werden. Während der Auswertung ist darauf zu achten, dass die Lernenden die richtigen Fachbegriffe verwenden und gewonnene Erkenntnisse theoretisch exakt formulieren. Auf die Erarbeitung einer zusammenfassenden Aussage ist Wert zu legen.

BEISPIEL

Der Transistor als kontaktloser elektronischer Schalter

In diesem Experiment soll untersucht werden, wie mit Hilfe von npn - Transistoren Schalt- bzw. Verstärkerfunktionen realisiert werden können.

Zu Beginn der Unterrichtsstunde wird das Experiment, das aus zwei Teilen besteht, erklärt. Der Lehrer informiert die Schüler darüber, dass aus den Ergebnissen des ersten Teiles die Fragestellungen für den zweiten Teil abzuleiten sind.

1. Teil

Vorbereitung der Schüler auf die Durchführung des Schülerexperimentes

Im einführenden Lehrervortrag wird die Genese des Transistors als Halbleiterbauelement und seine Funktion als Schalter und Verstärker in elektronischen Schaltungen erklärt. Kenntnisse über Halbleiter, die im Physikunterricht vermittelt werden, sind zu reaktivieren. Aus dem Aufbau eines bipolaren Siliziumtransistors wird im Unterrichtsgespräch das Schaltzeichen abgeleitet. Die Anschlussbezeichnungen für die Basis (B), den Emmitter (E) und den Kollektor (C) werden an der Tafel notiert. Anschließend ist die Wirkungsweise eines npn-Transistors als Schalter zu klären. Abgeleitet von einem Grundstromkreis wird der Arbeitsstromkreis des Transistors skizziert (Abb. 5.7).



Abb. 5.7: Grundstromkreis

Arbeitsstromkreis des Transistors

Durchführung des Schülerexperimentes

Für die Durchführung des Experimentes eignet sich Partnerlernen. Die Schüler übernehmen die Konstituierung der Kleinstgruppen in eigener Regie. Für jede Gruppe steht das entsprechende Experimentiergerät bereit. Vor dem Experimentieren formulieren die Lernenden ihre Arbeitsstandpunkte (Arbeitshypothesen). Sie müssen begründen, wann bei den Schaltungen ein Strom fließen kann und die Lampe (L) leuchtet. Nachfolgend wird der Versuch durchgeführt.

Auswertung des Schülerexperimentes

Die Schüler erkennen durch das Experiment, dass am Grundstromkreis eine Spannung anliegen und der Schalter betätigt werden muss, um einen Stromfluss zu erreichen. Erst wenn beide Bedingungen erfüllt sind, leuchtet die Lampe (L).

Bei der Transistorschaltung konnte nach dem Anlegen der Spannung kein Stromfluss nachgewiesen werden.

2. Teil

Vorbereitung der Schüler auf die Durchführung des Schülerexperimentes

Aus den im Teil 1 gewonnenen Erkenntnissen ergeben sich neu zu untersuchende Problemstellungen.

Die Fragen lauten:

- Warum sperrt der Transistor, obwohl eine Spannung angelegt wurde?
- Wie kann mit Hilfe einer Transistorschaltung eine Schaltfunktion realisiert werden?

Dadurch wird ein zweites Experiment mit einer veränderten Experimentalschaltung notwendig.

Durchführung des Schülerexperimentes

Die Lernenden erarbeiten in einer offenen Problemdiskussion Varianten der Problemlösung. Dabei werden unterschiedliche Hypothesen entwickelt. Die Diskussion verdichtete sich auf zwei Hypothesen.

1. Der Einbau eines zusätzlichen Schalters in den Arbeitsstromkreis kann das Problem lösen.
2. Der Anschluss der Transistorbasis an einen Steuerstromkreis (vergleichbar mit der Relaisgrundschaltung) ist notwendig.

Für beide Varianten wird zunächst eine Schaltskizze entwickelt. Sie ermöglicht den richtigen Aufbau der Schaltung und damit die Durchführung des Schülerexperimentes (vgl. Abb. 5.8). Selbstständiges Experimentieren jedes einzelnen Schülers ist bei dieser relativ einfachen Aufgabenstellung ebenso möglich wie das Experimentieren in der Kleinstgruppe.

Folgende Aufgaben sind im Schülerexperiment durch die Lernenden selbstständig zu lösen:

- EIN- und AUS-Schalten des Verbrauchers Lampe und Ermitteln der Schaltfunktion des Transistors,
- Messen der Stromstärken,
- Beschreiben der Funktionsweise des Transistors als kontaktloser elektronischer Schalter.

Der Verlauf des Experimentes und die Beobachtungsergebnisse sind durch die Lernenden zu protokollieren. Sie werden aufgefordert, ihre Schaltung hinsichtlich der Funktionssicherheit und der Ästhetik ihrer Gestaltung selbst zu bewerten und mit den Schaltungen anderer Schüler zu vergleichen.

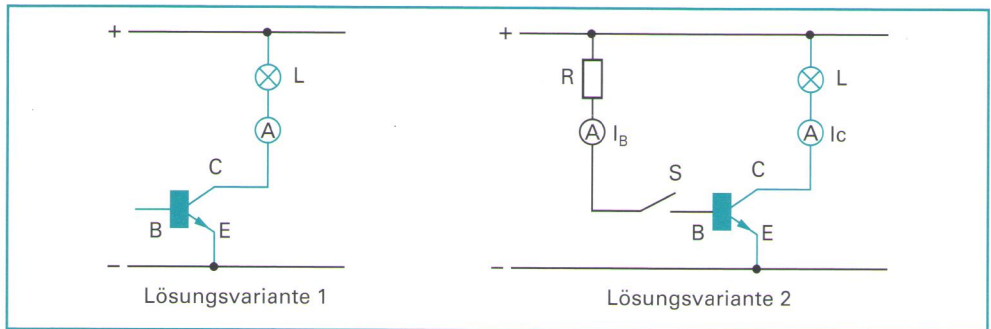


Abb. 5.8: Der Transistor als Schalter und Verstärker

Die Schaltzustände der Lampe bei geöffnetem bzw. geschlossenem Schalter (S) sowie die Stromstärken des Basisstroms (I_B) und des Kollektorstroms (I_C) werden im Protokoll ausgewiesen.

Auswertung des Schülerexperimentes

Die Auswertung des Schülerexperimentes erfolgt im Frontalunterricht, eingeordnet in die Gesamtauswertung. Einzelne Schüler berichten über den Verlauf des Experimentes und über ihre Beobachtungen. In der nachfolgenden Unterrichtsdiskussion wird festgestellt, dass nur die zweite Variante, der Anschluss der Transistorbasis an einen Steuerstromkreis, zu einem Durchschalten des Transistors führt.

Bei dieser Lösungsvariante gilt:

- Bei geöffnetem Schalter (S) fließt kein Basisstrom (I_B).
 - Der Widerstand in der Kollektor- Emitterstrecke geht gegen unendlich.
 - Der Transistor ist gesperrt.
 - Die Lampe (L) leuchtet nicht (0).
- Bei geschlossenem Schalter (S) fließt ein kleiner Basisstrom (I_B).
 - Der Widerstand der Kollektor-Emitterstrecke geht gegen 0.
 - Der Transistor ist durchgesteuert.
 - Die Lampe (L) leuchtet (1).
- Der Kollektorstrom (I_C) ist um ein Vielfaches größer als der Basisstrom (I_B) (Verstärkerwirkung).
- Der Transistor kann als Schalter und Verstärker zur Verarbeitung analoger wie binärer Signale eingesetzt werden. Er dient zur Realisierung von Schalt- und Steuerfunktionen.

Eine Erweiterung der experimentellen Tätigkeiten der Schüler zu dem Thema »Der Transistor als Negator« als dritter Teil des Schülerexperimentes ist in Abhängigkeit von den Unterrichtszielen und der Leistungsstärke der Lerngruppe möglich.

Die Durchführung von Schülerexperimenten erfordert die Einhaltung von Vorschriften und Regeln. Die Schüler müssen sie kennen und ihrem Handeln zugrunde legen. Dadurch erhöht sich die Übersichtlichkeit der Schaltung für Lehrende und Lernende gleichermaßen.

Schon auf den ersten Blick können Fehler erkannt werden und Korrekturen sind rechtzeitig möglich. Wenn die Schüler konsequent an ein exaktes und systematisches Arbeiten herangeführt werden, ist die spätere Erweiterung des Ordnungssystems kein Problem (z.B. Schwarz für Steuerleitungen, vgl. Abb. 5.9).

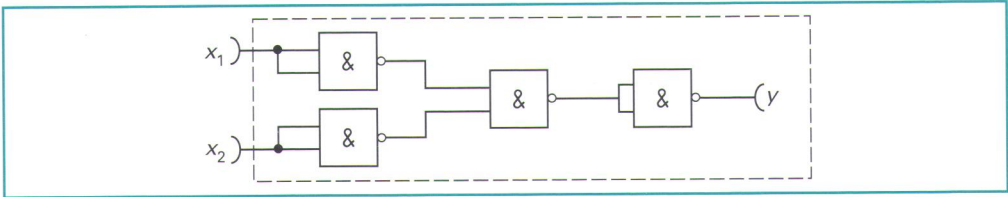


Abb. 5.9: NOR-Verknüpfung durch NAND-Gatter als Beispiel für die Darstellung von Steuerleitungen

Vergleichbare Ordnungsprinzipien werden auch in anderen Bereichen der Technik verwendet. Beispiele sind:

- die farbliche Zuordnung der Energie-, Informations- bzw. Stoffflüsse bei Maschinen,
- die Zuordnung bestimmter Bauteile zu den einzelnen Funktionsorganen,
- die Beachtung eines bestimmten Montage- oder Demontagealgorithmus.

Die Aussagen zum Unterrichtsexperiment lassen sich schematisch in den folgenden Übersichten zusammenfassen (vgl. Abb. 5.10 und 5.11).

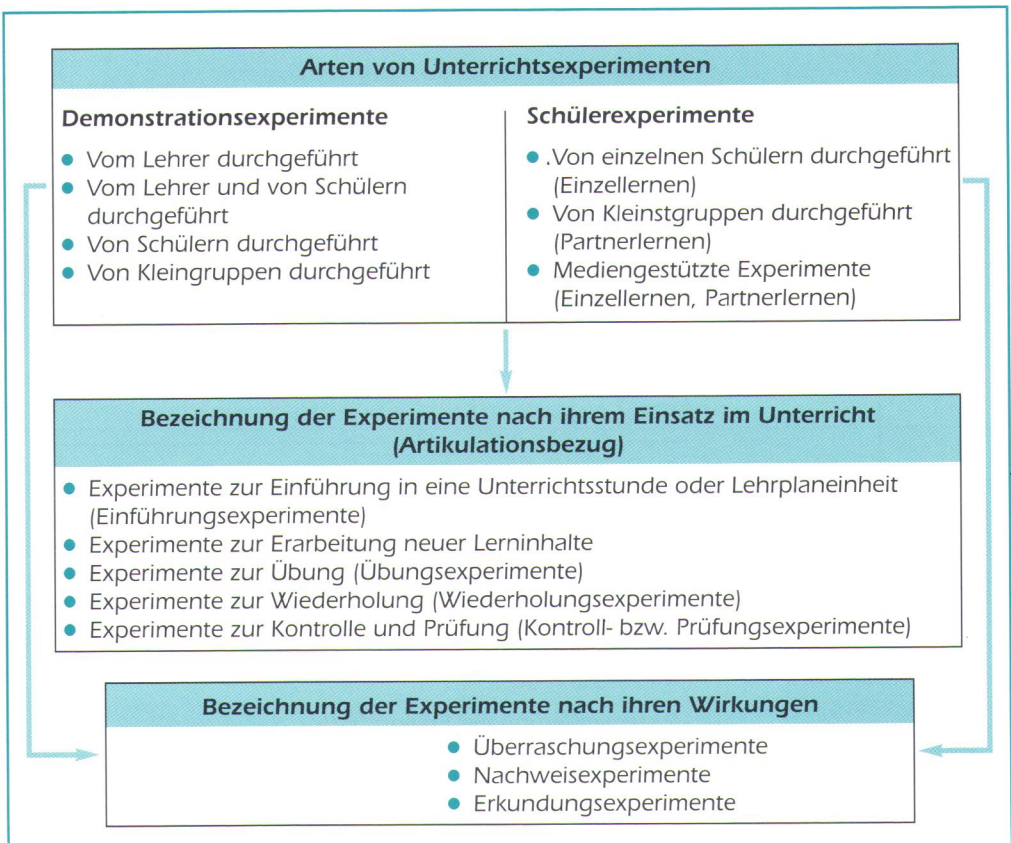


Abb. 5.10: Arten und Spezifik der Unterrichtsexperimente

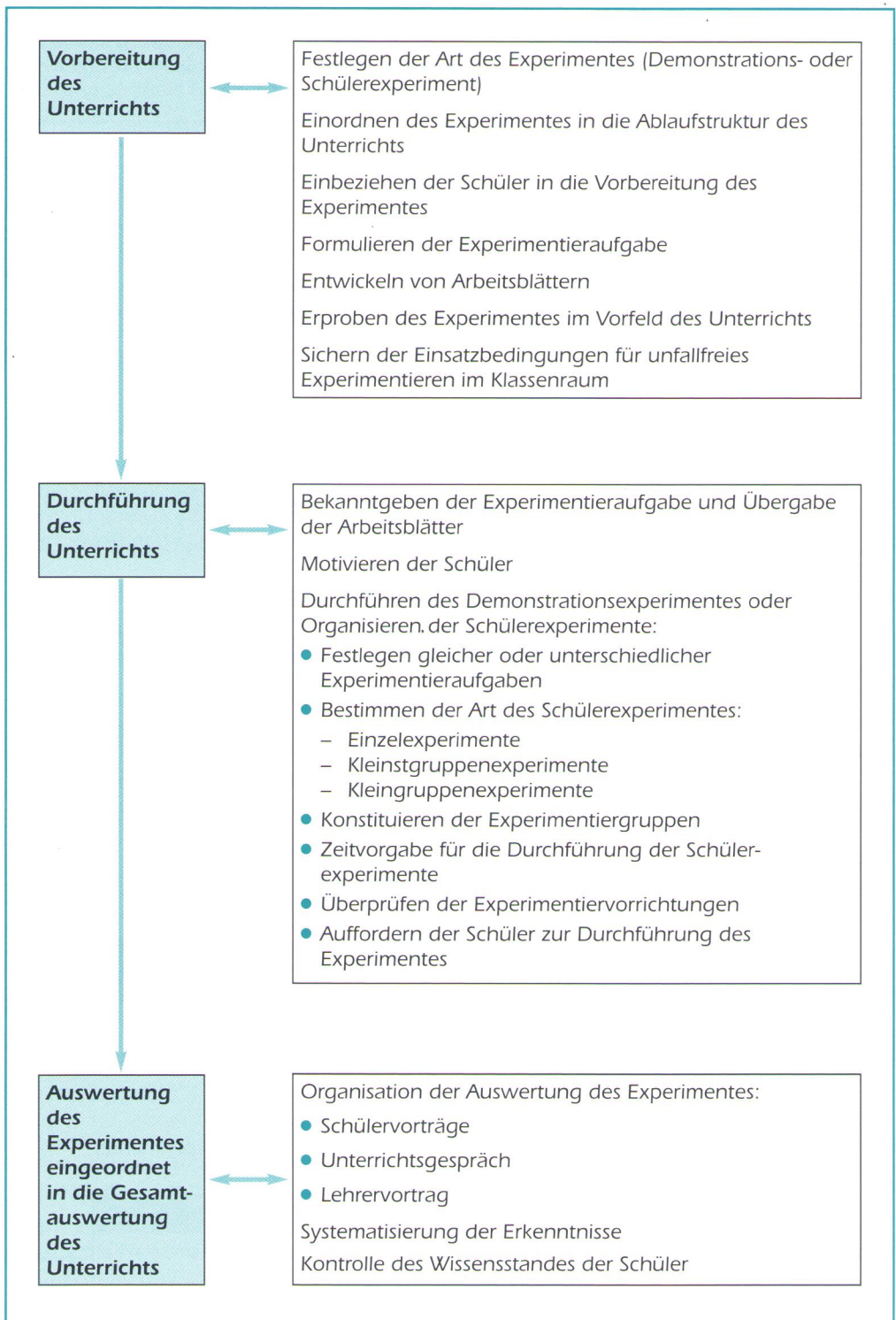


Abb. 5.11: Aufgaben des Lehrers bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Unterrichtsexperimenten

ZUSAMMENFASSUNG

Zu den Unterrichtsexperimenten gehören Demonstrationsexperimente und Schülerexperimente. Sie sind didaktisch gestaltet und im Vergleich zu wissenschaftlichen Experimenten technisch vereinfacht, zeitlich eingegrenzt und auf das Leistungsvermögen der Schüler zugeschnitten. Unterrichtsexperimente tragen zur Veranschaulichung der Lerninhalte bei. Sie initiieren, unterstützen und effektivieren Lernhandlungen. Nach Auswertung von Lehrplananalysen, anthropogenen Analysen und Bedingungsanalysen entscheidet der Lehrer über den Einsatz von Demonstrationsexperimenten oder Schülerexperimenten. Er erarbeitet die Experimentieraufgabe und sichert rechtzeitig die experimentellen Bedingungen. Die Schüler können ihn dabei unterstützen. Die Experimentieraufgabe muss den Artikulationsbezug des Unterrichtsexperimentes berücksichtigen. Dadurch wird die Spezifik des Experimentes hervorgehoben. Experimente zur Einführung in eine neue Lehrplaneinheit, zur Erarbeitung des Lerninhaltes, zur Übung, Wiederholung, Kontrolle oder Prüfung kennzeichnen diese Spezifik.

Demonstrationsexperimente können vom Lehrer, vom Lehrer mit Unterstützung einzelner Schüler oder von einzelnen bzw. mehreren Schülern durchgeführt werden. Die nicht unmittelbar am Experiment beteiligten Schüler beobachten die Experimentierhandlungen, erfassen und notieren die Experimentiererergebnisse. Arbeitsblätter, deren Gestaltung variierbar ist, können den Schülern Skizzen der Experimentiergeräte und Fragen bzw. zusätzliche Aufgaben vorgeben.

Schülerexperimente ermöglichen selbstständiges Lernen im teiloffenen Unterricht. Die Experimentieraufgabe muss lerninhaltsbezogen und lösbar sein. Schülerexperimente können durch einzelne Schüler, partnerschaftlich oder durch Kooperationsgruppen realisiert werden. Vor Beginn der Schülerexperimente sind die Lernenden auf das experimentelle Arbeiten vorzubereiten. Nachfolgend experimentieren die Schüler selbstständig. Eine abschließende Auswertung der Schülerexperimente ist notwendig. Die Unterrichtsexperimente sind Teile der fachdidaktischen Konzeption, die für eine Unterrichtsstunde oder für eine Doppelstunde durch den Lehrer erarbeitet wird.

Das Experimentieren im Unterricht setzt Exaktheit, folgerichtiges Handeln sowie Einhaltung von Experimentieranleitungen und der Sicherheitsvorschriften voraus. Im Technikunterricht können spezielle technische Experimente und ausgewählte naturwissenschaftliche Versuche eingesetzt werden, die wichtige Informationen für eine nachfolgende Auseinandersetzung der Schüler mit technischen Lerninhalten bereitstellen.

5.5 Unterrichtsverfahren »Leittextgestütztes Lernen«

5.5.1 Erklärung des Unterrichtsverfahrens

Beim Leittextgestützten Lernen, synonym steht hierfür der Begriff »Leittextmethode«, wird unterrichtliches Lernen durch Leittexte initiiert und in seiner Ablaufstruktur bestimmt. **Leittexte** sind konkrete, in Schriftform vorliegende oder auf Datenträgern gespeicherte Lernanleitungen. Sie stellen Lernaufgaben, verdeutlichen Lernziele und orientieren das Lernhandeln der Schüler. Leittexte beinhalten:

- Lernaufgaben,
- Leitfragen,
- Leithinweise,
- Leitsätze sowie
- Kontroll- und Bewertungsbögen.

Lernaufgaben müssen alle Informationen einschließen, die zu ihrer Lösung notwendig sind.