

Potenziale der experimentellen Methode im Kontext der beruflichen Bildung

Abstract

Im Gegensatz zu den naturwissenschaftlichen Fächern der Allgemeinbildung, in denen das experimentelle Lehren und Lernen stark verortet ist, nimmt dieses in der beruflichen Bildung, konkret in den beruflichen Fachrichtungen Bautechnik, Holztechnik sowie Farbtechnik, Raumgestaltung und Oberflächentechnik immer noch eine eher untergeordnete Stellung ein. Ein Grund kann darin gesehen werden, dass das Experimentieren als Methode für die berufliche Facharbeit in den o. g. Berufsfeldern kaum Bedeutung hat. Hier sind allenfalls Prüfverfahren relevant. Zwangsläufig wird den berufsrelevanten Prüfverfahren im berufsschulischen Unterricht der größte Stellenwert beigemessen. Dies erscheint jedoch insbesondere unter dem Aspekt der Bedeutung experimentellen Arbeitens für die Erkenntnisgewinnung kritisch.

Da die experimentelle Methode im Kontext der beruflichen Bildung noch unzureichend diskutiert wird, fehlt es an Konzeptionen, mit Hilfe derer die Potenziale herausgearbeitet und (handlungsorientierte) Lehrkonzepte entwickelt, gestaltet und letztendlich umgesetzt werden können. In der Literatur werden zwar neben interessanten Experimentierbeispielen (fachwissenschaftlich-beschreibend) auch die didaktischen Modelle erörtert (vgl. BÜNNING 2006), Praxis und Theorie jedoch zu wenig aufeinander bezogen. Ziel des Beitrages ist es, ausgehend vom Grundprinzip des arbeitsaufgabenorientierten Lehrens und Lernens, die Möglichkeiten des Einsatzes von Experimenten als didaktische Mittel zu diskutieren. Im Weiteren werden der entwickelte berufsfeldübergreifende Ansatz für die Planung von Unterrichtsexperimenten und dessen Potenziale anhand eines Beispiels dargelegt.

1 Arbeitsaufgabenbezogenes Lehren und Lernen als Grundprinzip

Das übergeordnete Ziel beruflicher Aus- und Weiterbildung ist die Entwicklung und Erhaltung beruflicher Handlungskompetenz. Mit dem Kompetenzbegriff wird im Kontext der Bildung konsequent auf den Lernenden, sein Wissen, sein Können und seine Motivation (Wollen) fokussiert. Die Entwicklung und der Nachweis von Kompetenz sind daran gebunden, dass dem Lernenden Handlungs- und Gestaltungsoptionen ermöglicht werden. Diese sind in der Arbeitswelt im Rahmen von Arbeitsaufgaben gegeben. Arbeitsaufgaben können als ergebnisbezogene Beschreibung einer Leistung, welche vom Beschäftigten zu erbringen ist (vgl. RAUNER 2002), verstanden werden. Mit der Forderung nach der Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz in der Aus- und Weiterbildung müssen sich berufliche Bildungsprozesse demnach verstärkt an Arbeitsaufgaben und -prozessen orientieren. Arbeitsaufgabenbezogenes Lernen muss – unabhängig vom Lernort – über die Konfrontation sowie die Auseinandersetzung der Lernenden mit realen oder simulierten Arbeitsaufgaben angeregt und gestaltet werden. Aufgrund des untrennbaren Zusammenhanges von Arbeiten, Gestalten und

Lernen im Kontext des aufgabenbezogenen Unterrichts kann demzufolge von Lern-, Arbeits- und Gestaltungsaufgaben (LAGA) gesprochen werden, über die der Lernprozess initiiert, motiviert, strukturiert und gesteuert wird (NIETHAMMER 2006, 232ff.). Der Lernprozess folgt somit auf der übergeordneten Ebene der allgemeinen Struktur der Handlungsregulation: Zielanalyse/Richten, Situationsanalyse/Orientieren, Entwerfen, Entscheiden, Durchführen und Kontrolle (vgl. HACKER 1986).

Es bleibt zu klären, welche verschiedenen Funktionen Unterrichtsexperimente im Kontext des arbeitsaufgabenbezogenen Lernens übernehmen können.

2 Experimente als didaktisches Mittel

Das wissenschaftliche Experiment gehört zu den empirischen Methoden, wobei versucht wird, durch systematische Beobachtung allgemeine Regeln und Gesetzmäßigkeiten zum jeweils betrachteten Untersuchungsgegenstand zu erfassen. Ein Experiment wird bewusst und planmäßig ausgelöst, durchgeführt und im Normalfall planmäßig beendet. Es ist unter den gleichen Bedingungen beliebig oft wiederholbar.

Das Wesen des Experimentes besteht darin, die zu untersuchenden Sachverhalte durch die weitgehende Isolierung von störenden Einflüssen häufig überhaupt erst beobachtbar bzw. erfassbar zu machen. Das Experiment endet demnach mit dem Erfassen der jeweils auftretenden Erscheinung(en). Das Ziel des Erkenntnisprozesses besteht jedoch in der Auswertung und der Interpretation der Beobachtung, also in der Ermittlung oder Bestätigung der Ursachen der Erscheinungen. Dies erfordert naturwissenschaftliches oder technisches Denken.

Mit der Definition der wissenschaftlichen Methode des Experimentes werden die Potenziale aufgedeckt, die der Einsatz von Experimenten im Unterricht bietet. Die Lernenden erschließen sich zum einen über die experimentelle Auseinandersetzung berufsrelevante Inhalte (= Aneignungsgegenstände) selbstständig und zum anderen sind sie zu all jenen Aneignungstätigkeiten aufgefordert, die das Experimentieren voraussetzt. Neben dem logischen, technischen wie naturwissenschaftlichen Denken erfordert die experimentelle Arbeit auch manuelle Tätigkeiten, wodurch sensomotorische Fähigkeiten und Fertigkeiten und nicht zuletzt Einstellungen, wie Ordnung und Disziplin, gefördert werden.

Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass das Experiment, als Wechselbeziehung zwischen Wahrnehmenden (Subjekt) und wahrnehmbarem Sachverhalt (Objekt), erst über die bewusste Reflexion (Auseinandersetzung) zum didaktischen Mittel wird. Erst unter dieser Bedingung kann demnach von experimentellem Lehren und Lernen gesprochen werden (vgl. Abb. 1).

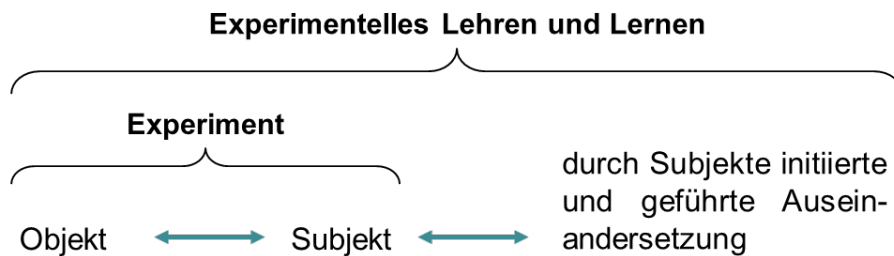


Abb. 1: Abgrenzung Experiment und Experimentelles Lehren und Lernen

Experimente, die für die Gestaltung des Bildungsprozesses eingesetzt werden, werden als Unterrichtsexperiment bzw. Schulexperiment bezeichnet. Schulexperimente sind somit didaktische Mittel. Vergleichbar mit wissenschaftlichen Experimenten, handelt es sich um erkenntnisunterstützende Mittel, mit deren Hilfe spezifische natürliche oder technische Zusammenhänge, die für die Arbeitsaufgaben bedeutsam sind, untersucht (erkundet/bestätigt) werden können (Abb. 2). Folglich werden einzelne Fragestellungen, die im Rahmen der arbeitsaufgabenbezogenen Auseinandersetzung zu Tage treten, mittels Experimenten geklärt.

Fall A

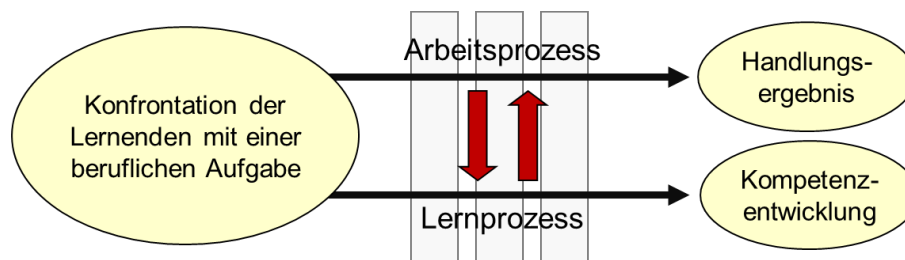


Abb. 2: Einordnung des experimentellen Lehren und Lernens in den arbeitsaufgabenbasierten Lernprozess

Mit Experimenten können verschiedene Ziel- bzw. Fragestellungen verfolgt werden. So lassen sich:

- kausale Zusammenhänge (Ursache – Wirkung bzw. Wesen – Erscheinung),
- konditionale Zusammenhänge (Bedingung – Bedingtes) und
- finale Zusammenhänge (Zweck – Mittel oder Funktion – Konstruktion).

untersuchen, wobei durch das Experiment selbst grundsätzlich nur Erscheinungen (als Wirkungen, Bedingtes oder Folge) erzeugt werden können. Zur Erarbeitung des zugrunde liegenden Zusammenhanges ist stets die Interpretation durch den Menschen erforderlich, die ebenfalls zu überprüfen ist – gegebenenfalls durch weitere Experimente.

Kausale Zusammenhänge erfordern die Prüfung auf Wahrheit. Sie sind Gegenstand naturwissenschaftlicher Betrachtungen. Dementsprechend erfolgt die Untersuchung dieser Zusammenhänge über naturwissenschaftliche Experimente. Die Zuordnung eines Mittels zu einem

Zweck (finaler Zusammenhang) kann nicht wahr oder falsch sein, sie kann nur mehr oder weniger zweckmäßig sein. Diese Zusammenhänge sind Gegenstand technischer- bzw. ingenieurwissenschaftlicher Betrachtungen. Diesbezügliche Untersuchungen werden demnach über technische Experimente realisiert. Konditionale Beziehungen sind sowohl im Kontext kausaler als auch im Kontext finaler Betrachtungen zu beachten und unterzuordnen. Entsprechende Experimente werden in Abhängigkeit davon eher als naturwissenschaftliches oder als technisches Experiment eingeordnet.

Unabhängig von den Schulexperimenten als erkenntnisunterstützende Mittel, soll ein weiteres didaktisches Konzept unter dem Label des experimentellen Lehrens und Lernens (im weiteren Sinn) subsumiert werden.

Es handelt sich um den Fall (vgl. Abb. 3), wenn eine komplexe berufliche Arbeitsaufgabe aus dem Kontext der *Laborarbeit* simuliert und untersucht wird. Das Ziel besteht darin, dass die Lernenden die Inhalte der Arbeitsaufgabe erschließen und die zur Bewältigung notwendigen Denk- und Handlungsschritte erlernen.

Fall B

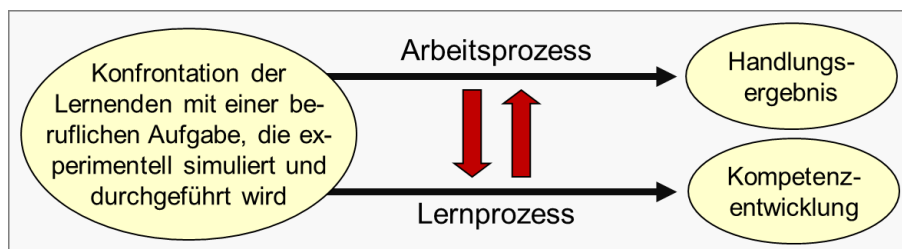


Abb. 3: Experimente als Simulation von Arbeitsaufgaben

Wenngleich es in den angesprochenen Berufsfeldern wenige Berufe mit Schnittstellen zur Laborarbeit (Baustoffprüfer) gibt, bietet die Simulation realer Labor-Arbeitsaufgaben ein hohes Potenzial. Die Prüfverfahren zielen auf Qualitätskontrollen (vgl. Abschnitt 3, Punkt 3.4, Deduktion) ab. Sie werden mit der Zielstellung durchgeführt, Informationen über den jeweiligen Baustoff (Holz, Beton), den Prozess (Korrosion, Erhärtung) oder den Zustand einer Konstruktion (Gebäude, Beschichtung) zu erhalten. Im Vordergrund steht die Frage, ob die vorgegebenen Parameter (Normen, Grenzwerte o. ä.) erreicht werden bzw. noch gegeben sind. Es geht jedoch nicht darum, neue Regeln und Gesetzmäßigkeiten, wie bei wissenschaftlichen Experimenten, abzuleiten.

Aufgrund der differentiellen Zielstellung von wissenschaftlichen Experimenten und Prüfverfahren wäre es zunächst nicht korrekt, auch letztere dem experimentellen Lehren und Lernen zuzuordnen. In Anbetracht der besonderen Situation im Schulalltag folgen die Autoren dennoch dem Ansatz, beide Formen dem experimentellen Lernen und Lehren zuzuordnen. Dies wird dadurch gerechtfertigt, dass im Schulalltag die eindeutige Abgrenzung der Simulation von Labor-Aufgaben so nicht möglich ist. Prüfverfahren werden zum Teil herangezogen, wenn es um die Klärung „wissenschaftlicher“ Fragestellungen geht, ohne dass die dahinterstehende

Labor-Aufgabe von Bedeutung für die Lernenden ist. Andererseits bietet die Auseinandersetzung mit der Labor-Aufgabe so viel Unbekanntes, dass Phasen des experimentellen Lernens integriert sein sollten, die sich unmittelbar auf diese Aufgabe beziehen (Fall A und Fall B durchdringen einander).

Die Planung und Gestaltung experimenteller Lehr- und Lernprozesse ist äußerst komplex, weshalb verschiedene Aspekte in den Blick zu nehmen sind.

3 Planungsaspekte bei der Gestaltung experimentellen Lehren und Lernens

Wie im Abschnitt 2 angedeutet, bietet das experimentelle Lehren und Lernen einerseits vielseitige Möglichkeiten zur effektiven Erarbeitung ausgewählter Unterrichtsinhalte, andererseits fördert das Experimentieren das interaktive Lernen, die Entwicklung von Handlungs- und Sozialkompetenz sowie verschiedene Fertigkeiten (Messen/Experimentieren als Tätigkeit). Die Fragen, welche im Rahmen der Planung eines Unterrichtsexperiments entstehen, wie „Welche Fragestellung wird verfolgt?“, „Welche Funktion hat das Experiment?“, „Wo wird es in den Problemlöseprozess eingeordnet?“, „Welche Auswertung ist möglich?“ lassen meist mehrere alternative Antworten zu. Hierüber ergeben sich die vielfältigen Potenziale des experimentellen Arbeitens. Gleichzeitig ist es aber auch Indiz für die Notwendigkeit einer Systematisierung der Vorgehensweisen des experimentellen Arbeitens.

3.1 Differenzierung und Systematisierung der Planungsaspekte

Um eine zielgerichtete und umfassende Planung und Vorbereitung von Experimenten durch die Lehrenden zu unterstützen, wird im Folgenden ein Konzept vorgestellt, das die Potenziale der experimentellen Methode unter vier Aspekten (Planungs- und Gestaltungsebenen) zusammenfasst und somit eine systematische Herangehensweise an Unterrichtsexperimente ermöglicht (vgl. Abb. 4). Die vier Aspekte werden jeweils untersetzt, so dass eine allgemein anwendbare Matrix für die Planung von Unterrichtsexperimenten entsteht.

Sachlicher Aspekt	Psycho-phys. Aspekt	Erk.-theoret. Aspekt	Didaktisch-organisatorischer Aspekt			
Was Inhalte	Sicherung der Wahrnehmung in Abhängigkeit von der Art der Reizaufnahme	Progressiv-reduktiv	Organisationsform Demo-Lehrer	Einzel Lehrer	Unterrichtsphase Motivation	Auswertung Protokoll
Wie Versuchsplanung		Deduktiv				
Womit Materialien, Geräte		Regressiv-reduktiv	Demo-Schüler	Gruppe Lehrer-Schüler	Festigung	Diskussion
		Induktiv	Schüler-Versuch	Gruppe Schüler	Kontrolle	Test
		Analytisch-synthetisch				
		Genetisch				

Abb. 4: Planungsebenen (Aspekte inkl. Optionen) für den Einsatz von Experimenten

Die Planung der einzelnen Aspekte erfolgt nicht linear. Die einzelnen Punkte sind vielmehr aufeinander zu beziehen, so dass ein iterativer Planungsprozess zu vollziehen ist.

Im Weiteren sollen die Bedeutung vor allem aber die Potenziale der Systematik anhand eines Beispiels verdeutlicht werden. Das Augenmerk liegt dabei einerseits auf der methodischen Funktionalität (Umgang mit der Matrix), als auch auf der Darstellung ausgewählter Variationen ein und desselben Sachverhaltes (Beantwortung des Problems).

LAGA: Im Rahmen der Sanierung einer großen Werkhalle bekommt Ihr Betrieb den Auftrag die Stahlkonstruktion mit einer Brandschutzbeschichtung zu versehen. Für das Erreichen der Feuerwiderstandsklasse F 90 sind laut Ausschreibung vier Schichten Brandschutzfarbe notwendig, welche im Airless-Spritzverfahren aufgetragen werden sollen. In der Diskussion mit den Kollegen kommt die Frage auf, wie relevant Schichtenanzahl und -dicke für das Erreichen der Feuerwiderstandsklasse sind?

Diese Problematik wird zum Gegenstand des Unterrichts gemacht.

Unabdingbare Voraussetzung der Planung des Experiments ist die im Rahmen der Unterrichtsvorbereitung zu erfolgende, sachlogische Strukturierung der Unterrichtsinhalte. Ausgehend vom jeweiligen Arbeitsprozess bzw. Arbeitsschritt (Handlungswissen) wird das zur Bewältigung notwendige Sachwissen abgeleitet und strukturiert (vgl. Abb. 5). Hierauf aufbauend kann in Korrelation zum Vorwissen die Wissenslücke und damit der zu erarbeitende Inhalt (Aneignungsgegenstand) herausgearbeitet werden (hierzu NIETHAMMER 2006, 291ff).

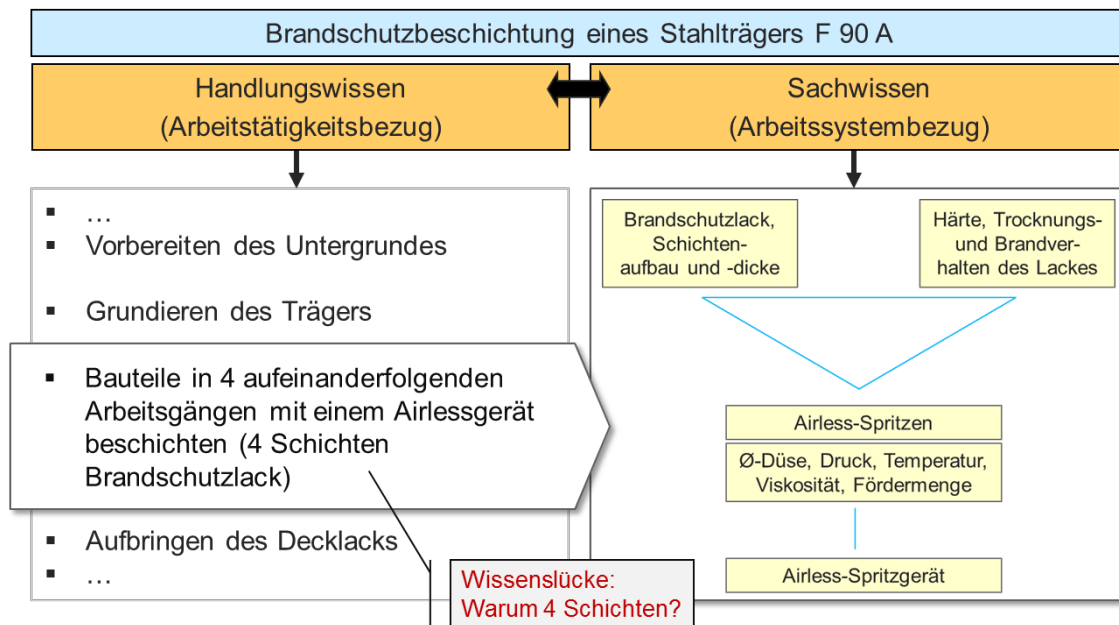


Abb. 5: Zusammenhang von Handlungs- und Sachwissen

Im vorliegenden Fall soll der Teilaspekt beziehungsweise die Wissenslücke, warum gerade vier Schichten notwendig sind, den Ausgangspunkt für das Unterrichtsexperiment bilden. Im Rahmen des Experimentes könnte demnach u. a. die Frage beantwortet werden, ob ein Zusammenhang zwischen der Schichtenanzahl und der Feuerwiderstandsfähigkeit der Gesamtkonstruktion besteht. Die sich anschließende Präzisierung der Formulierung, hin zu einer experimentell überprüfbar Fragestellung oder Prognose, ist die unabdingbare Voraussetzung für ein, im didaktischen und erkenntnistheoretischen Sinne, funktionales Experiment.

Grundlegend ist zudem, ob mit Hilfe des Experimentes naturwissenschaftliche oder technisch-ingenieurwissenschaftliche Zusammenhänge erkundet oder bestätigt werden sollen, da diese unterschiedlichen Logiken folgen (vgl. Abschnitt 2). In den betrachteten Berufsfeldern liegen die Potenziale experimentellen Unterrichts vor allem in der Beantwortung von Fragen-/Problemstellungen, welche die Eigenschaften oder die Parameter von Konstruktionen, Bau-/Werkstoffen oder Prozessen und deren Optimierung in den Mittelpunkt der Untersuchung stellen. So kann beispielsweise das Verhalten der Brandschutzbeschichtung (finale Betrachtung des Verhaltens unter bestimmten Verhaltensbedingungen) oder die Einstellungen am Airless-System (finale Betrachtung der Parameter wie Druck, Temperatur) untersucht werden. Diese auf den Inhalt bezogenen Entscheidungen müssen im Rahmen der Konzeptionierung des sachlichen Aspekts beantwortet werden.

3.2 Der sachliche Aspekt – Welche Inhalte können erarbeitet werden?

Der zu behandelnde Sachverhalt, das Objekt (der Gegenstand) und die aus ihm resultierenden Erscheinungen bilden den sachlichen Aspekt des Experimentes. Er umfasst dabei alle Informationen zu den Fragen: *Was* wird, *wie* und *womit* umgesetzt (vgl. Abb. 5).

Das „*Was?*“ bezieht sich auf das Thema und den Inhalt eines Experiments, welche ausgehend von einer Frage festgelegt werden und durch eine zielgerichtete Auseinandersetzung (Zielsetzung) mit bestimmten Objekten (Untersuchungsobjekte) gekennzeichnet sind. Die ein Experiment initiierende Frage entspringt einer Problemsituation, für die berufliche Bildung: der Auseinandersetzung mit konkreten Arbeitsaufgaben. Das Experiment liefert dann Informationen, die die Problemlösung unterstützen. In Abhängigkeit von der Art des Experimentes können Fakten herbeigeführt oder Zusammenhänge untersucht werden. Im Falle des o. g. Beispiels wird demzufolge ein Zusammenhang, nämlich der zwischen Schichtenanzahl und Feuerwiderstandsfähigkeit, untersucht. Die präzise Formulierung einer Fragestellung (Wie viele Schichten Brandschutzfarbe sind für das Erreichen der Feuerwiderstandsklasse F 90-A notwendig?) bzw. einer leitenden Prognose (Mit vier Schichten Brandschutzfarbe wird die geforderte Feuerwiderstandsklasse F 90-A für die Gesamtkonstruktion erreicht.) erfolgt in Korrelation zum Erkenntnisweg (vgl. erkenntnistheoretischer Aspekt).

Die Frage nach dem „*Wie?*“ bezieht sich auf die Erarbeitung der konzeptuellen Vorgehensweise (Experimentaldesign), auf dessen Basis die inhaltliche Zielsetzung erreicht werden kann. Die Konzipierung wird zumeist in Anlehnung an Grundansätze der Systemanalyse und der statistischen Versuchsplanung vorgenommen (siehe hierzu BRÖDER 2011; KLEPPMANN 2008; WILKER 2006). Diesem Verständnis nach wird mit der Versuchsplanung festgelegt:

1. wie der durch die Fragestellung festgelegte Realitätsabschnitt zum Zwecke der Untersuchung dargestellt werden kann (Versuchsansatz): Für die Untersuchung der Fragestellung können Bleche, gleichen Abmaßes und gleicher Dicke, mit Brandschutzfarbe beschichtet werden, die dann Flammen ausgesetzt werden.
2. wie in den Versuchsansatz eingegriffen werden soll, um die bestehende Frage beantworten zu können (Konzept für den Versuchsablauf): Zur Beantwortung der Frage bzw. zur Untersuchung des Zusammenhanges ist es notwendig, die Schichtenanzahl zu variieren.
3. wie die Anpassungen des Experiments möglichst realitätskonform bleiben können (Versuchsbedingungen, Fehlerbehandlung): Für zulässige und übertragbare Ergebnisse ist es u. a. notwendig, dass die Schichtdicken sowie die Beflammungsdauer bei allen Blechen identisch ist.
4. wie die Versuchsergebnisse auf die Realität, als Antwort auf die gestellte Frage zu erfassen und zu übertragen sind (Versuchsauswertung): Auf der Rückseite der Bleche sollte die Temperatur gemessen werden. Diese Werte können in Beziehung zur Schichtenanzahl gesetzt werden. Die Ergebnisse lassen schließlich Rückschlüsse auf die Notwendigkeit der Schichten zu.

In einem letzten Schritt wird das „*Womit?*“ und damit die materielle Grundlage, das heißt die für die Durchführung des Experimentes benötigten Stoffe (Roh-, Bau-, Werk- und Hilfsstoffe die experimentell untersucht werden oder für die Untersuchung benötigt werden) und Geräte

diskutiert. Der Umgang mit Chemikalien, die Handhabung der Geräte sowie Maßnahmen zur Unfallvermeidung setzen voraus, dass die Lehrenden die hierfür notwendigen Arbeitstechniken beherrschen und über die erforderlichen Kenntnisse verfügen. Im Allgemeinen kann nicht für alle Berufsfelder eine grundlegende Laborausstattung konzipiert werden, da in jedem Berufsfeld spezifische Stoffe und Geräte von Bedeutung sind. Eine Orientierung bezüglich der Ausstattung von Laboren für berufsschulische Kontexte können werkstoffkundliche Labore geben. Prinzipiell sollten die Geräte möglichst flexibel, vielfältig einsetzbar und kostengünstig sein. Im vorliegenden Experiment bezieht sich das „*Womit?*“ demzufolge auf die beschichteten Bleche, die Beschichtung selbst, eventuell das Beschichtungsgerät sowie die Apparaturen zur Durchführung der Beflammung und der Messung der Temperaturen. Zu beachten ist dabei im diskutierten Beispiel insbesondere der Arbeits- und Gesundheitsschutz.

3.3 Der psycho-physische Aspekt – Wie kann die sinnliche Wahrnehmung unterstützt werden?

Der psycho-physische Aspekt eines Experimentes fokussiert auf die Sicherung der Wahrnehmung experimentell erzeugter Erscheinungen. Diese Erscheinungen stellen Effekte dar, die zunächst als einzelne Reize vom Menschen erfasst werden (Empfindungen). Erst wenn die einzelnen Erscheinungen zu einem Gesamtbild zusammengeführt und als solches reflektiert werden, spricht man von einer Wahrnehmung (vgl. BOURNE/ EKSTRAND 1997, 81).

Der Unterschied zwischen Empfindung und Wahrnehmung wird deutlich, wenn man sich eine „Experimentiershow“ vorstellt. Hier werden vielfältige Effekte erzeugt, welche wir jedoch nicht wirklich zuordnen können. Wenn wir versuchen, die Erscheinungen in ein Gesamtbild einzuordnen, welches uns erlaubt die Ursachen der Effekte und die nötigen Bedingungen zu erkennen, beginnen wir die Dinge wirklich *wahrzunehmen*. Im Rahmen der Gestaltung des experimentellen Lehrens und Lernens geht es daher darum, die Stufe der Wahrnehmung zu erzeugen, da auf dieser Stufe auch die Frage nach den Hintergründen der Effekte aufkommt. Und diese ist Basis für die Initiierung von Erkenntnisprozessen (vgl. erkenntnistheoretischer Aspekt). Die Effekte von Schulexperimenten müssen dementsprechend in jedem Fall vom Lernenden gut beobachtbar und nachvollziehbar sein.

Die Effekte können unter verschiedenen Gesichtspunkten eingeteilt werden, nach Art (visuell, akustisch, haptisch...), Intensität (schwach, mäßig, stark) und Dauer (Kurz-, Langzeitexperiment) des Effektes. Erfahrungsgemäß wirkt es verstärkend auf die Lernenden, wenn mehrere Effekte gleichzeitig auftreten, wie z. B. das visuell wahrnehmbare Aufschäumen der Brandschutzbeschichtung verbunden mit einem akustisch wahrnehmbaren Zischen. Da dieser Idealfall experimenteller Effekte nicht immer gegeben ist, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um die Wahrnehmung des Effektes zu unterstützen. Die experimentell geführte Auseinandersetzung macht nur Sinn, wenn eine vollständige Wahrnehmung der Effekte gewährleistet wird. Das heißt, die Reizschwelle des Experimentierenden überwunden wird. Hierzu sind verschiedene Möglichkeiten gegeben:

1. Die äußeren Bedingungen sind so zu gestalten, dass die Konzentration der Teilnehmer auf die Effekte gelenkt wird. Dazu gehören Ruhe und Disziplin aber vor allem die Einbindung des Experimentes in interessante Fragestellungen (vgl. sachlicher und erkenntnistheoretischer Aspekt).
2. Die Verstärkung der Effekte selbst, wobei hier die Verstärkung mittels Messgeräten oder technischen Maßnahmen von der Verstärkung durch die äußere Gestaltung des gesamten Experimentes zu unterscheiden ist.

Im gegebenen Beispiel kann vorausgesetzt werden, dass die Aufmerksamkeit der Lernenden entsprechend hoch ist, da sie an der Formulierung der zu prüfenden Fragestellung beteiligt sind. Zudem werden die Effekte mittels Temperaturmessung zugänglich und somit objektivierbar gemacht. Die Ebene der subjektiven Empfindung wird insofern verlassen.

3.4 Der erkenntnistheoretische Aspekt – Welcher Logik soll die Erkenntnisgewinnung folgen?

Experimente dienen der intensiven Auseinandersetzung mit den Bildungsinhalten. Sie bilden eine Basis für die Initiierung von Erkenntnisprozessen oder sie stehen am Ende eines solchen Erkenntnisprozesses, wenn sie der Bestätigung einer Voraussage dienen.

Eine wesentliche Aufgabe des Lehrenden ist es, mögliche Erkenntnisprozesse vorweg zu nehmen und die Bedingungen des Unterrichtes so zu gestalten, dass möglichst viele Lernende zur eigenen gedanklichen Auseinandersetzung mit dem Problem angeregt werden. Anders formuliert: Durch entsprechende Instruktionen des Lehrenden, sind die Lernenden zur Konstruktion des für sie neuen Wissens aufzufordern und zu unterstützen. Wenn im Folgenden von der Planung der Erkenntniswege die Rede ist, ist dies stets in diesem Sinne gemeint. Lernen als ein subjektiver Prozess kann nicht durch einen Lehrenden vorgegeben werden. Lehrende können nur Angebote machen, die von jedem Lernenden anders aufgenommen werden.

Für die experimentelle Methode können zwei prinzipielle Vorgehensweisen unterschieden werden. Die Unterschiede ergeben sich in Abhängigkeit der Vorkenntnisse des Lernenden/Forschenden:

- a. Verfügen die Lernenden zu einem Sachverhalt über *keine Vorkenntnisse*, bleibt ihnen nur das Ausprobieren und Erkunden, was sie durch das Experimentieren auch tun. Das heißt, durch experimentelles Erkunden erschließen sie neue naturwissenschaftliche oder technische Zusammenhänge (Erkundungsexperiment).
- b. Verfügen die Lernenden bereits über *Vorkenntnisse* zu einem Sachverhalt, können und sollten sie diese einsetzen, um neue Fragestellungen zu beantworten. Sie leiten Lösungsvarianten theoretisch ab. Diese Voraussagen (Prognosen) müssen jedoch geprüft werden (lediglich deduktive Schlüsse sind wahrheitserblich, womit sich die Überprüfung theoretisch erübrigen würde). Für die Überprüfung können Experimente eingesetzt werden. Die Voraussage kann durch das Experiment bestätigt (verifiziert)

oder auch nicht bestätigt (falsifiziert) werden. Unabhängig vom Erfolg spricht man von einem Bestätigungsexperiment.

In der folgenden Darstellung werden die beiden Varianten und deren Untersetzungsmöglichkeiten zusammengefasst dargestellt, wobei die didaktischen Linienführungen in Spalten (von oben nach unten) zu lesen sind.

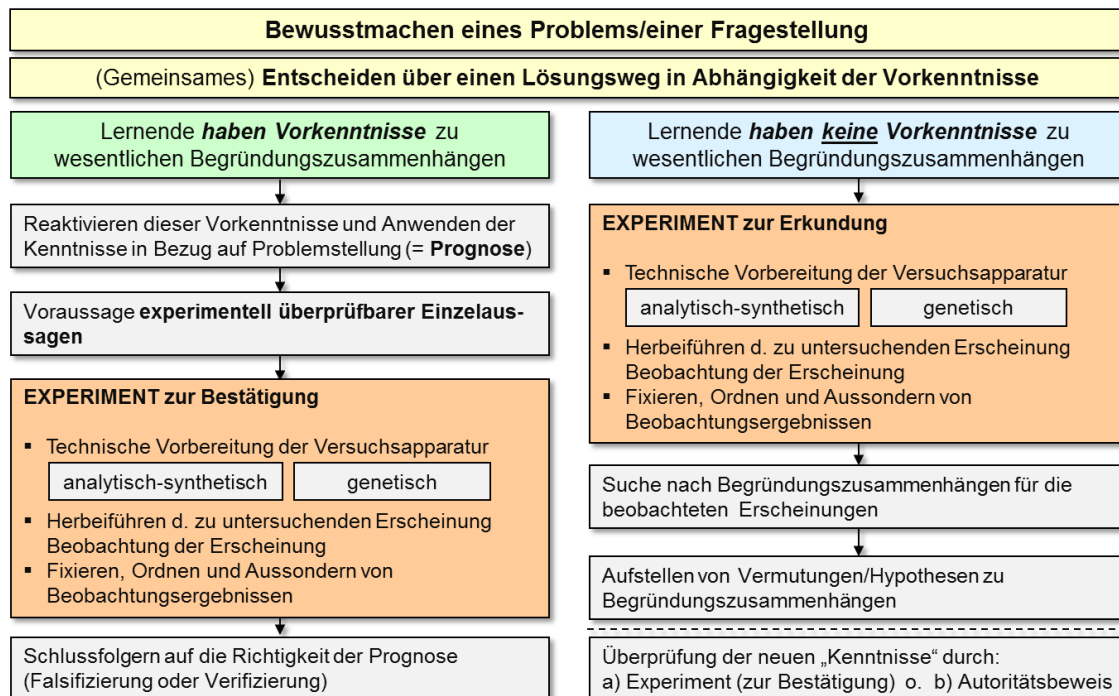


Abb. 6: Vorgehensweisen bei der Gestaltung experimentellen Lehren und Lernens aus erkenntnislogischer Sicht

Bei jeder Linienführung sind mindestens zwei Erkenntnisphasen gegeben. Ein Weg, der auf die Lösung des eigentlichen Problems, der naturwissenschaftlichen oder technischen Frage gerichtet ist. Hierfür werden im Allgemeinen vier Varianten unterschieden:

1. *Progressiv-reduktives Vorgehen*: Hierbei erfolgt die Auseinandersetzung auf der Basis von Vorkenntnissen. Aufgrund der Kenntnisse zum Wesen einer Sache werden Erscheinungen vorausgesagt, wobei diese Prognose dann experimentell überprüft wird.

Aufgrund des Vorwissens, dass die Brandschutzbeschichtung im Falle der Beflamung aufschäumt und durch die im Schaum eingeschlossenen Gase eine Wärmeleitung zum Untergrund verhindert beziehungsweise stark verzögert wird, kann die Prognose aufgestellt werden, dass die Schichtendicke einen Einfluss auf die Erwärmung des Bleches hat. Genauer, mit drei Lagen wird die Feuerwiderstandsklasse F90 nicht erreicht werden, mit einem vierfach beschichteten Blech jedoch schon. Diese Aussage ist experimentell überprüfbar. Die Falsifizierung oder Verifizierung der Prognose

erfolgt über die Messung der Temperatur in Abhängigkeit von der Zeit bis zum Erreichen des kritischen Wertes.

2. *Deduktives Vorgehen:* Das deduktive Schließen erfolgt auf der Grundlage bereits bekannter allgemeiner Zusammenhänge oder Theorien. Diese werden für einen besonderen Fall angewendet. Auf Basis der allgemeinen Kenntnisse wird eine Erscheinung für einen Einzelfall vorausgesagt und experimentell überprüft. Das Vorgehen kann daher als ein Vorgehen „vom Allgemeinen zum Einzelnen“ gekennzeichnet werden.

Es ist bekannt, dass die Brandschutzbeschichtung im Falle der Beflammung aufschäumt und durch die im Schaum eingeschlossenen Gase eine Wärmeleitung zum Untergrund verhindert beziehungsweise stark verzögert wird. Zudem wurden zwei Bleche mit 4 Schichten Brandschutzfarbe à 510 µm beschichtet (lt. Technischen Merkblatt der Firma X). Demzufolge (deduktiver Schluss) muss die Feuerwiderstandsklasse F 90 erreicht werden. Die Funktion des Experimentes kann in diesem Fall einem Prüfverfahren, im Sinne einer Qualitätskontrolle (Gewährleistung), gleichgesetzt werden.

3. *Regressiv-reduktives Vorgehen:* Hierbei werden über Experimente (noch unbekannte) Erscheinungen bereitgestellt, die dann begründet werden (Wesen). Die Betrachtung erfolgt somit von der Erscheinung zum Wesen (von der Eigenschaft zur Struktur).

Zwei beschichtete Bleche, gleichen Aussehens und gleicher Abmaße, werden beflammt. Beide Beschichtungen schäumen erwartungsgemäß auf, allerdings erreicht eines der beiden Bleche bereits nach kurzer Zeit die kritische Temperatur. Nach näherer Untersuchung der Bleche wird festgestellt, dass die Schichtdicken unterschiedlich waren. Darauf aufbauend kann die Hypothese aufgestellt werden, dass die Schichtdicke den Feuerwiderstand der Konstruktion bestimmt. Im Weiteren lässt sich diese Abhängigkeit genauer untersuchen (z. B. experimentell). Demgegenüber ist die Bestätigung mittels Autoritätsbeweis (durch Literatur, den Lehrenden) möglich.

4. *Induktives Vorgehen:* Beim induktiven Vorgehen werden viele Einzelfälle (Erscheinungen) untersucht, auf deren Grundlage diese Erscheinungen verallgemeinert werden. Das Vorgehen verläuft „vom Einzelnen zum Allgemeinen“. Gegebenenfalls erlauben bzw. erfordern die Erscheinungen auch die Klassifizierung der untersuchten Stoffe oder Prozesse. Im Anschluss der Verallgemeinerung der Erscheinungen können diese hinterfragt werden, womit Begründungen erarbeitet werden.

Ausgehend von der Frage, wie viel Schichten für das Erreichen der Feuerwiderstandsklasse F 90 notwendig sind, werden mehrere Bleche mit unterschiedlicher Schichtenanzahl (identische Schichtdicken) hergestellt. Im Anschluss werden diese 90 Minuten beflammt, wobei Temperatur in Bezug auf den kritischen Wert gemessen wird. Mit dem Versuch wird festgestellt, welche Mindestschichtenanzahl für F 90 notwendig ist.

Zusätzlich ist jedem experimentellen Vorgehen ein weiteres Teilproblem untergeordnet, das ebenfalls erschlossen werden muss: Die Auswahl und Gestaltung der experimentellen Durchführung sowie der Apparatur selbst – als Mittel zum o. g. Zweck. Bleibt das Experiment als solches für die Lernenden intransparent, kann das sowohl zu Lernbarrieren als auch zu Lernbarrieren bezüglich des eigentlichen Themas führen. Die Lernenden sind dann durch die Frage, warum das Experiment so und nicht anders läuft, abgelenkt. Experimentalaufbau und/oder Durchführung können entweder mit den Lernenden gemeinsam entwickelt (genetisches Vorgehen) oder vom Lehrenden vorgegeben werden, so dass die Lernenden angehalten sind, die vorgefundene Variante zu begründen (analytisch-synthetisches Vorgehen).

3.5 Der didaktische Aspekt – Welche Optionen stehen für die didaktische Gestaltung zur Verfügung?

Experimente können in unterschiedlichen Organisationsformen – als Schülerversuche oder Demonstrationsexperimente – eingesetzt werden (vgl. Abb. 7). Kriterien, die die Wahl der Organisationsform determinieren, sind sowohl aus didaktischen Überlegungen als auch aus Fragen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz abzuleiten.

So sichern Schülerexperimente die größte Eigenaktivität der Lernenden, im Fall der Gruppenarbeit auch die Förderung der Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit. Sie sind dennoch nur dann einsetzbar, wenn die Gefahrenpotenziale der Experimente dies zulassen, wenn die raum- und ausstattungsbezogenen Bedingungen gesichert sind und die Lernenden in ihren anthropogenen Voraussetzungen den Anforderungen gerecht werden können. Insofern ist es unabdingbar, dass Experimente inhaltlich-methodisch und didaktisch eingebunden werden.

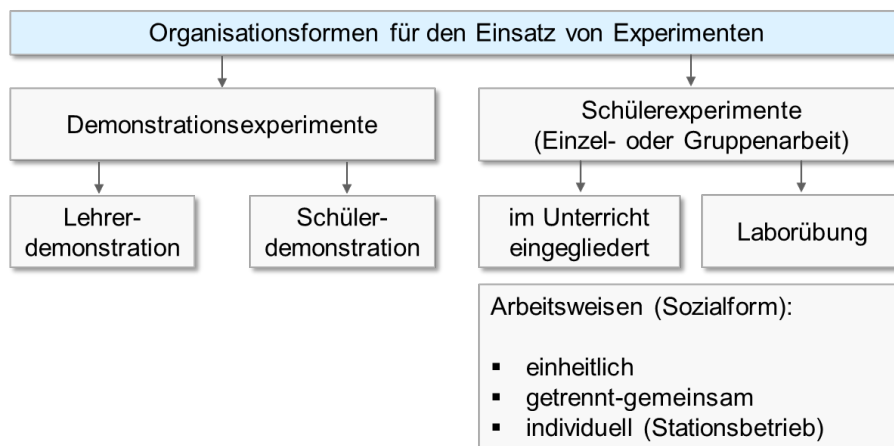


Abb. 7: Teilaspekt Organisations- und Sozialform

Grundsätzlich können alle Arbeitsweisen/Sozialformen in drei Grundformen eingeordnet werden (vgl. STORZ/ WIRSING1987):

- einheitliche Arbeitsweise (Arbeiten in gleicher Front),

- differenzierte (getrennt-gemeinschaftliche) Arbeitsweise und
- individuelle (regellose) Arbeitsweise bzw. Stationsbetrieb.

Bei der einheitlichen Variante führen alle Schüler die gleichen Experimente durch, so dass alle die gleichen Beobachtungen machen müssen und zu gleichen Ergebnissen kommen. Diese Form eignet sich für die Ersterarbeitung sowie beim Entwickeln und Üben von Arbeitstechniken.

Im zweiten Fall führen die Lernenden zwar unterschiedliche Experimente durch, aber alle arbeiten an einer gemeinsamen, übergeordneten Aufgabenstellung. Mit den Experimenten werden folglich verschiedene Teilprobleme oder Teilfragen zu einem Thema bearbeitet. Beispielsweise kann diese Form bei der induktiven Erarbeitung allgemeiner Eigenschaften von Brandschutzbeschichtungen angewendet werden. So können z. B. von Schülergruppen Brandschutzbeschichtungen verschiedener Hersteller in ihren Eigenschaften untersucht werden. Die differenzierte Organisationsform bedeutet für die Lehrperson eine erhöhte Anforderung bezüglich der Aufsichtspflicht. Der Zeitaufwand bei der Vorbereitung ist sehr hoch, da mehrere verschiedene Experimente zu planen sind.

Die individuelle, regellose Organisationsform entspricht dem Stationslernen. Die Lernenden durchlaufen die Stationen nach einem geregelten oder ungeregelten System und klären auf diese Art unterschiedliche Problemstellungen. Von den Lernenden wird dabei eine hohe Selbstständigkeit abverlangt. In der Planung und Durchführung eines solchen Unterrichts obliegt es dem didaktischen Know-how des Lehrenden, den Zusammenhang der verschiedenen Stationen den Schülern transparent zu machen.

Für die Ersterarbeitung ist das Stationslernen nur bedingt geeignet, da jeder Schüler die Stationen in einer anderen Reihenfolge durchlaufen muss. Die jeweiligen Inhalte dürfen also nicht aufeinander aufbauen. Die Stationen müssen vielmehr gleichberechtigt nebeneinander stehen können. Der Erkenntnisprozess muss unabhängig von der Reihenfolge des Durchlaufs sein. Im Falle des o. g. Beispiels wäre dies erfüllt, wenn unterschiedliche Einflussgrößen auf das Verhalten der Beschichtung untersucht werden (Schichtdicken, Schichtanzahl, Art des Beschichtungsverfahrens).

Darüber hinaus kann das Unterrichtsexperiment im Rahmen der verschiedenen didaktischen Funktionen (Motivation/Zielorientierung, Ersterarbeitung, Festigung, Kontrolle) zum Einsatz kommen. Innerhalb der Motivationsphase kommt es darauf an, Lernmotive zu erzeugen, indem den Lernenden Wissensbedarfe aufgezeigt werden. Die experimentell erzeugten Effekte widersprechen den Annahmen der Lernenden und dadurch wird das vorhandene Wissen in Frage gestellt. Hierbei handelt es sich um Falsifizierungsexperimente. Beispiel: Zwei Bleche mit jeweils vier Schichten Brandschutzbeschichtung werden beflammt. Im Versuch stellt sich, im Widerspruch zur Erwartung, heraus, dass eines der beiden Bleche bereits nach kurzer Zeit eine sehr starke Oberflächentemperatur aufweist.

Die Funktionen des Experimentes im Rahmen der Ersterarbeitung wurden im Abschnitt Punkt 3.4 ausführlich erörtert.

Arten der Festigung sind Übung/Wiederholung, Anwendung, Systematisierung und Reaktivierung. Der Einsatz von Experimenten für die Festigungsphase wird immer von der Kosten-Nutzen-Kalkulation der Lehrenden abhängig sein. Eine experimentelle Wiederholung beziehungsweise Reaktivierung ist sicher zu aufwendig, da die erwarteten Lerneffekte eher gering sind. Sinnvoll erscheint es dagegen, wenn es um die Ausprägung von Fertigkeiten geht, so z. B. Durchführung einer berufsspezifischen Werkstoffprüfung, wie der Schichtdickenmessung der Brandschutzbeschichtung. Dies setzt die Übung als Form der Festigung voraus.

Die Anwendung ist eine Festigungsart, bei der bekannte Inhalte unter neuen bzw. veränderten Bedingungen zum Einsatz gebracht werden müssen. Da dadurch auch die Inhalte selbst erweitert werden, kann die Anwendung als Schnittstelle zur Ersterarbeitung betrachtet werden. Diese anwendungsbezogene Auseinandersetzung kann sehr gut durch Experimente unterstützt werden. Denkbar wäre beispielsweise die Entscheidung für eine auftragsbezogene Brandschutzbeschichtung auf Holz (Dicke und Anzahl der Schichten), deren Funktionalität/Tauglichkeit dem Kunden experimentell begründet werden soll.

Auch in der Kontrollphase werden Schulexperimente einbezogen. Dies jedoch vorrangig in Prüfungen, in denen theoretisches und praktisches Wissen gleichermaßen gefordert werden. Die Prüfung beruflicher Handlungskompetenz erfordert zunehmend handlungsorientierte Prüfungsformen, so dass die experimentell unterstützte Prüfung an Bedeutung gewinnen wird (vgl. hierzu die Gestaltung von Experimenten zur Simulation der Arbeitswelt).

Bezüglich des didaktischen Aspekts bleibt zu betonen, dass die Entscheidungen einen wesentlichen Einfluss auf die Lernhaltigkeit haben, da unter diesem Aspekt, ausgehend vom Thema und Ziel des Unterrichts (Problemstellung, Experimentwahl, Erkenntnisgewinnungsstrategie) in Korrelation zu den Rahmenbedingungen (Räumlichkeiten, Klassenzusammensetzung, Gefahrenpotenzial) die unterrichtspraktische Umsetzung entschieden wird. Insofern bestimmt die didaktische Einbindung letztendlich die Brauchbarkeit des gesamten Unterrichtsexperiments.

4 Zusammenfassung

Durch experimentell unterstützte Lehr- und Lernprozesse werden die theoretische und die praktische Auseinandersetzung der Lernenden mit den Aneignungsgegenständen gesichert. Die Lernenden erarbeiten mittels Experimenten arbeitsrelevante Sachverhalte und vollziehen sie nach. Dabei wird ihnen das methodische Vorgehen empirischen Arbeitens (Aneignungstätigkeiten) bewusst und entsprechende Kompetenzen werden entwickelt.

In Abhängigkeit von der Gestaltung der experimentellen Methode können verschiedene Zielpotenzen entfaltet werden. Deshalb sollte das experimentelle Lehren und Lernen stärker als bislang für die Unterrichtsgestaltung genutzt werden. Die Anforderungen bezüglich der Planung und Umsetzung der experimentellen Methode sind sehr hoch – wie mit den Ausführun-

gen deutlich wurde. Gleichzeitig eröffnet sich für die Lehrenden ein enormer Gestaltungsspielraum, der es erlaubt, den Unterricht adressaten- und bedingungsabhängig zu variieren. Die hierfür notwendigen Kompetenzen des Lehrenden, sind zwingend in der Lehramtsausbildung zu entwickeln. Das diskutierte System der Planungsaspekte bietet für die Entwicklung entsprechender Curricula eine geeignete Bezugsgröße.

Darüber hinaus besteht ein enormer Bedarf, potenzielle Unterrichtsexperimente nicht nur inhaltlich, sondern auch methodisch im Sinne der erörterten Planungsaspekte aufzubereiten und Lehramtsstudierenden und bereits tätigen Lehrenden zur Verfügung zu stellen. Über entsprechende Beispiellösungen werden nachweisbare Impulse für die Entwicklung von Unterrichtsqualität erwartet.

Literatur

BÜNNING, F. (2006): Experimentierendes Lernen in der Holz- und Bautechnik: Fachwissenschaftlich und handlungstheoretisch begründete Experimente für die Berufsfelder Bau- und Holztechnik. Bielefeld.

BOURNE, L. E./ EKSTRAND, B. R. (1997): Einführung in die Psychologie. Frankfurt a. M.

BRÖDER, A. (2011): Versuchsplanung und experimentelles Praktikum. Göttingen.

HACKER, W. (1986): Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. Berlin.

KLEPPMANN, W. (2008): Taschenbuch Versuchsplanung. Produkte und Prozesse optimieren. München.

NIETHAMMER, M. (2006): Berufliches Lehren und Lernen in Korrelation zur chemiebezogenen Facharbeit. Ansprüche und Gestaltungsansätze. Bielefeld.

RAUNER, F. (2002): Die Bedeutung des Arbeitsprozesswissens für eine gestaltungsorientierte Berufsbildung. In: FISCHER, M./RAUNER, F. (Hrsg.): Lernfeld: Arbeitsprozess. Ein Studienbuch zur Kompetenzentwicklung von Fachkräften in gewerblich-technischen Aufgabebereichen. Baden-Baden, 25-52.

STORZ, P./ WIRSING, G. (Hrsg.) (1987): Unterrichtsmethodik Technische Chemie: Berufstheoretischer Unterricht. Leipzig.

WILKER, H. (2006): Systemoptimierung in der Praxis. Teil 2 – Leitfaden zur statistischen Versuchsplanung. Norderstedt.

Zitieren dieses Beitrags

NIETHAMMER, M./ RAYANOVA, V./ SCHWEDER, M. (2013): Potenziale der experimentellen Methode im Kontext der beruflichen Bildung. In: *bwp@* Spezial 6 – Hochschultage Berufliche Bildung 2013, Fachtagung 03, hrsg. v. MEYSER, J./ KUHLMIEIER, W./ BAABE-MEIJER, S., 1-17.

Online: http://www.bwpat.de/ht2013/ft03/niethammer_etal_ft03-ht2013.pdf

Die AutorInnen



Prof. Dr. habil. MANUELA NIETHAMMER

Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken
Technische Universität Dresden

01062 Dresden

E-mail: manuela.niethammer@tu-dresden.de

Homepage: http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/erzw/ibbd



Dr. VELICHKA RAYANOVA

Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken
Technische Universität Dresden

01062 Dresden

E-mail: velichka.rayanova@tu-dresden.de

Homepage: http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/erzw/ibbd



MARCEL SCHWEDER

Institut für Berufspädagogik und Berufliche Didaktiken
Technische Universität Dresden

01062 Dresden

E-mail: marcel.schweder@tu-dresden.de

Homepage: http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/erzw/ibbd