

Technische Universität München
TUM School of Social Sciences and Technology
Arbeitsbereich Berufliche Bildung

**Masterarbeit im Rahmen des Studiums Master of Education,
Lehramt an Beruflichen Schulen**

Negatives Wissen – Didaktisches Konzept und Auswirkungen auf den Kompetenzerwerb im technischen Unterricht

Negative Knowledge – Didactic concept and effects on the acquisition of skills in technical education

Stefan Mayer

München, 14. Dezember 2021

Themensteller: Prof. Dr. Alfred Riedl

Betreuer: Dipl. Berufspäd. Armin Grzybek



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung	1
2	Theoretischer Rahmen	3
2.1	Allgemeine Didaktik und Technikdidaktik	3
2.1.1	Didaktik und Unterricht	3
2.1.2	Berliner Modell der Didaktik	4
2.1.3	Didaktik der beruflichen Bildung	6
2.1.4	Technikdidaktik	8
2.1.5	Lernfelder und Handlungsfelder	9
2.1.6	Struktur und Aufbau lernfeldorientierter Lehrpläne	12
2.1.7	Curriculare Matrix	16
2.2	Negatives Wissen	22
2.2.1	Grundlagen negativen Wissens	22
2.2.2	Funktionen negativen Wissens	24
2.2.3	Schutzwissen als Fehlerwarnsystem	26
2.2.4	Das Konzept der Gewissheit	27
2.2.5	Grenzen des negativen Wissens	29
2.3	Emotionen und negatives Wissen	30
2.3.1	Entwicklung von Emotionen	30
2.3.2	Positive und Negative Beschämer	32
2.4	Zusammenhang zwischen negativem Wissen und dem Lernfeldkonzept	33
2.5	Berücksichtigung negativen Wissens bei der Generierung von Lernsituationen	35
3	Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes	39
3.1	Analyse der Lerngruppen und der Rahmenbedingungen	40
3.2	Festlegung der Lernziele und Inhalte der Unterrichtssequenz	41
3.3	Analyse der methodischen und medialen Ausgestaltungsmöglichkeiten der Unterrichtssequenz	46
3.4	Erstellen der Medien und Materialien der Unterrichtssequenz	47

4	Methodisches Vorgehen der Untersuchung	50
5	Beschreibung der Untersuchungsdurchführung	58
6	Ergebnisse der Untersuchung	60
6.1	Unterschiede zwischen den Fachrichtungen	61
6.2	Analyse der Korrelationen zwischen den Items des Fragebogens	64
6.3	Funktionen negativen Wissens	67
6.3.1	Transfer ermöglichen und Sicherheit & Gewissheit vermitteln	67
6.3.2	Kontraste bilden und Abgrenzungen vornehmen	69
6.3.3	Schutzfunktion für das Richtige bewirken	71
6.3.4	Verhaltensänderung bewirken	74
6.4	Advokatorische Situationen im Unterricht	76
6.5	Negative Beschämung der Lernenden verringern	79
6.6	Schriftliche Anmerkungen zur Unterrichtssequenz	82
7	Interpretation der Ergebnisse	84
7.1	Unterschiede zwischen den Fachrichtungen	84
7.2	Funktionen negativen Wissens	85
7.2.1	Transfer ermöglichen und Sicherheit & Gewissheit vermitteln	85
7.2.2	Kontraste bilden und Abgrenzungen vornehmen	86
7.2.3	Schutzfunktion für das Richtige bewirken	86
7.2.4	Verhaltensänderung bewirken	87
7.2.5	Gesamtinterpretation der Funktionen	88
7.3	Advokatorische Situationen im Unterricht	88
7.4	Negative Beschämung der Lernenden verringern	90
7.5	Schriftliche Anmerkungen zur Unterrichtssequenz	91
8	Ausblick	92
9	Zusammenfassung	94
	Literatur	96
	Abbildungsverzeichnis	98
	Anhang	102

1 Einleitung und Fragestellung

„Den größten Fehler, den man im Leben machen kann, ist, immer Angst zu haben, einen Fehler zu machen.“ Dieses Zitat des lutherischen Theologen Dietrich Bonhoeffer weist darauf hin, dass man grundsätzlich keine Angst davor haben sollte Fehler zu begehen. Vielmehr könne man es als Fehler bezeichnen, stets zu versuchen jegliche Irrtümer und Missgeschicke zu vermeiden. Jeder Mensch würde am liebsten immer alles bereits beim ersten Versuch richtig machen und doch ist jedem bewusst, dass dies in den meisten Fällen nicht gelingen kann. Fehler dürfen nicht nur als Problem betrachtet werden, oder als Hindernis, das es zu überwinden gilt, sondern eher als eine Art Grundvoraussetzung dafür, zukünftig überhaupt etwas erreichen oder erlernen zu können. Auch im schulischen Kontext nehmen Fehler eine zentrale Rolle ein. Man wird wohl kaum einen Schüler finden, der von sich behaupten kann, er habe in seiner gesamten Schulzeit noch nie etwas nicht verstanden, noch nie eine schlechte Note bekommen oder noch nie in einer Mathematikaufgabe einen Rechenfehler begangen. Aus genau diesem Grund wird in Schulen versucht, für Lernende einen Ort zu schaffen, an dem sie gefahrlos alle diese Fehler machen können, die für ihre individuelle Entwicklung nötig sind. Doch wie genau lernen Menschen eigentlich aus Fehlern? Wie können Menschen ihr Wissen erweitern, indem sie etwas falsch machen und wäre es nicht möglicherweise sinnvoll, genau das, was diesen Effekt bewirkt bei unterrichtlichen Planungen mit zu berücksichtigen? Um diesen Fragen auf den Grund zu gehen, kann das Konzept des sogenannten „negativen Wissens“ herangezogen werden. „Unter Negativem Wissen verstehen wir jene Aspekte des Erkennens, die eine bisher erworbene Struktur ins Wanken bringen oder ihr aber eine unerschütterbare Sicherheit geben“ (Oser 2005, S. 11), oder anders ausgedrückt: Um zu wissen, was eine Sache ist, muss man immer auch wissen, was sie nicht ist.

Ziel dieser Arbeit ist es, darzustellen, wodurch sich das didaktische Konzept des negativen Wissens auszeichnet, wie es bei der Konzeption von Lernsituationen und Unterrichtseinheiten mit berücksichtigt werden kann und zu prüfen, welche Auswirkungen dessen Vermittlung auf den Kompetenzerwerb von Schülern hat. Dies wird hierbei im Rahmen der Planung technischen Unterrichts an beruflichen Schulen gezeigt. Im theoretischen Teil der Arbeit werden alle didaktischen Grundlagen und Modelle umrissen, welche für die Planung technischen Unterrichts an beruflichen Schulen erforderlich sind. Es wird dabei insbesondere auf die Technikdidaktik und die der Unterrichtsplanung zugrundeliegenden lernfeldorientierten Lehrpläne eingegangen. Mit den sogenannten Curricularen Matrizen wird

zudem ein Konzept vorgestellt, welches Lehrkräften dabei hilft, auf Grundlage der lernfeldorientierten Lehrpläne konkrete Lernsituationen zu entwickeln. Fernerhin wird das didaktische Konzept des negativen Wissens mit allen dazugehörigen Facetten aufgearbeitet, es wird dabei auch speziell auf die Verbindung zwischen negativem Wissen und Emotionen eingegangen. Anschließend werden die Zusammenhänge zwischen negativem Wissen und dem Lernfeldkonzept aufgezeigt und ein Konzept beschrieben, welches auf die Möglichkeit der Berücksichtigung negativen Wissens bei der Generierung von Lernsituationen abzielt.

Das dritte Kapitel befasst sich mit der Untersuchung des Einflusses negativen Wissens auf den Kompetenzerwerb von Schülern. Hierbei wird eine Unterrichtssequenz zum Thema Drehstrom-Asynchronmotoren geplant, welche auf die gezielte Vermittlung negativen Wissens ausgelegt ist. Der Unterricht wird dabei in einigen Klassen der Elektroniker/innen, Mechatroniker/innen sowie der Fachschule für Elektrotechnik an den Beruflichen Schulen Altötting durchgeführt. Im darauf folgenden Teil der Arbeit wird das methodische Vorgehen der Untersuchung beschrieben, die Ergebnisse werden mit Hilfe eines Schülerfragebogens festgestellt, welcher im Anschluss mit statistischen Verfahren ausgewertet wird. Im fünften Kapitel erfolgt eine Beschreibung der Untersuchungsdurchführung, es wird dabei hauptsächlich auf die Zusammensetzung der Untersuchungsstichprobe sowie auf den Verlauf der Unterrichtseinheiten und der Schülerbefragung eingegangen.

In Kapitel 6 werden die Ergebnisse der Untersuchung objektiv dargestellt, dabei werden alle untersuchten Aspekte negativen Wissens getrennt voneinander betrachtet. Deren Interpretation vor dem Hintergrund ihrer Auswirkungen auf den Kompetenzerwerb von Schülern erfolgt im anschließenden Teil der Arbeit. Letztlich wird in Kapitel 8 auf den Erkenntnisgewinn eingegangen, in welchen die interpretierten Ergebnisse münden. Es wird diskutiert, inwiefern die gezielte Vermittlung negativen Wissens im Unterricht Lernende bei deren Kompetenzerwerb unterstützen kann und welche Fragen, die in der Arbeit noch nicht abschließend geklärt werden konnten, in zukünftigen Forschungsarbeiten noch genauer untersucht werden sollten.

2 Theoretischer Rahmen

2.1 Allgemeine Didaktik und Technikdidaktik

2.1.1 Didaktik und Unterricht

Die Didaktik (von altgriechisch „didáskein“, deutsch „lehren“) ist ein mehrschichtiger Begriff und umfasst das Lehren und Unterrichten durch eine Lehrkraft, lernen und unterrichtet werden sowie sich etwas anzueignen oder aus sich selbst heraus zu lernen. Nach Riedl (2010, S. 11) ist Didaktik „die Wissenschaft und Praxis vom Lehren und Lernen. Didaktik umfasst alle Aspekte im Gesamtkomplex von Entscheidungen, Begründungen, Voraussetzungen und Prozessen für Unterricht. Didaktik als Berufswissenschaft einer Lehrkraft soll zur wissenschaftlich orientierten Bewältigung ihrer Aufgaben in Unterricht und Schule befähigen.“

Als Handlungswissenschaft versucht die Didaktik zu klären, wer, was, von wem, wann, mit wem, wo, wie, womit und wozu lernen soll (vgl. Jank und Meyer 2002, S. 16). Vor diesem Hintergrund lassen sich für Lehr-Lern-Prozesse zwei maßgebende Bereiche unterscheiden:

- Zieldimension (Ziele und Inhalte - was und wozu?)
- Wegdimension (Methoden und Medien - wie und womit?)

Bezüglich der Ziele und Inhalte ist die Aufgabe von Lehrkräften, bildungsrelevante Inhalte auszuwählen und diese im Hinblick auf deren Bildungsgehalt zu prüfen. Die Methoden- und Medienfragen beziehen sich auf das Vorgehen bei der Gestaltung von Lehr-Lern-Situationen. Zentral ist hierbei die Art der Aufbereitung und Übermittlung von Inhalten. (vgl. Riedl 2010, S. 11 f.)

Im Unterricht werden diese Inhalte (Lerngegenstände bzw. Lernanlässe) mit konkreten Absichten (Lehr- und Lernziele) in bestimmten Situationen (Rahmenbedingungen), bezogen auf das Vorwissen von Lernenden in deren Erkenntnis-, Erlebnis- und Tätigkeitshorizont, gebracht. Dies erfolgt mittels bestimmter Methoden und Medien. Nach Riedl (2010, S. 12) ist Unterricht „die geplante und regelmäßige pädagogische Begleitung von Lernenden. Bei diesem Interaktionsgeschehen nehmen Lehrkräfte

bewusst Einfluss auf ihre Schüler. Dahinter liegt das Ziel, Lernen in Form einer Verhaltensänderung zu bewirken.“

Unterricht ist systematisch und zielorientiert und basiert als organisierte Form des Lehrens und Lernens auf Lehrplänen. Diese sind langfristig angelegt und stehen, wie auch generell das gesamte Schulsystem, unter Aufsicht des Staates. Unterricht wird daher in professionellen staatlichen Institutionen, den Schulen, von wissenschaftlich ausgebildeten Lehrkräften getragen. Die im Unterricht ablaufenden Lehr-Lern-Prozesse erfordern dabei eine wechselseitige Interaktion zwischen Lehrenden und Lernenden. Lehrkräfte richten die Gestaltung ihres Unterrichts an den individuellen Lernvoraussetzungen der Schüler aus und berücksichtigen dabei deren Lernfortschritt mittels Einsatz verschiedener Methoden. Neben dem reinen Erwerb von Wissen verfolgt Unterricht zudem auch die Erziehung, Charakterbildung und Persönlichkeitsentwicklung von Schülern. (vgl. Riedl 2010, S. 12 f.)

Der Lernort Schule ist in der Regel vom „richtigen“ Leben abgekoppelt. Dies stellt die große Stärke von schulischem Unterricht dar, da Lebenszusammenhänge dadurch reflexiv und aus einem gewissen Abstand aufgearbeitet werden können. Jedoch muss stets darauf geachtet werden, der zu starken Distanzierung der Lerngegenstände vom „richtigen“ Leben entgegenzuwirken. (vgl. Riedl 2010, S. 13)

2.1.2 Berliner Modell der Didaktik

Wie bereits in Abschn. 2.1.1 beschrieben, müssen Lehrkräfte lernen, unterrichtliche Situationen „kategorial zu strukturieren, faktoriell zu analysieren und sie auf fällige Entscheidungen hin didaktisch zu beurteilen“ (Heimann 1976, S. 150). Das Berliner Modell der Didaktik nach Heimann (1962, zit. n. Riedl 2010, S. 103) ist eine erfahrungswissenschaftliche Theorie für die didaktische Analyse und Planung von Unterricht und zielt darauf ab, bei Lehrkräften ein praxisnahes, differenziertes und leistungsfähiges didaktisches Bezugsfeld zu entwickeln. Dieses Bezugsfeld, sowie ein operatives theoretisches Bewusstsein sind für Heimann das theoretische Potenzial einer Lehrkraft, welches sich in der Unterrichtspraxis fortlaufend aktualisiert. Zentral ist hierbei nicht das Kennen des Inhalts der Theorien, sondern die Befähigung zur Interpretation didaktischer Situationen. Heimann zielt mit dem Berliner Modell der Didaktik dementsprechend auf eine wissenschaftliche Aufhellung praktischen Unterrichts ab, wodurch Lehrkräfte konkrete Entscheidungen mit einem gewissen Maß an wissenschaftlicher Legitimierung treffen können. Auszubildende Lehrkräfte sollen in folgedessen lernen, Unterrichtsstrukturen zu erkennen, Probleme aufzuzeigen, Normen, Tatsachen und Organisationsformen zu bewerten sowie unterrichtsbezogene Entscheidungen vorzubereiten. Das Berliner Modell kann daher als Strukturmodell für unterrichtsbezogene Entscheidungen aus Sicht der Lehrkraft verstanden werden.

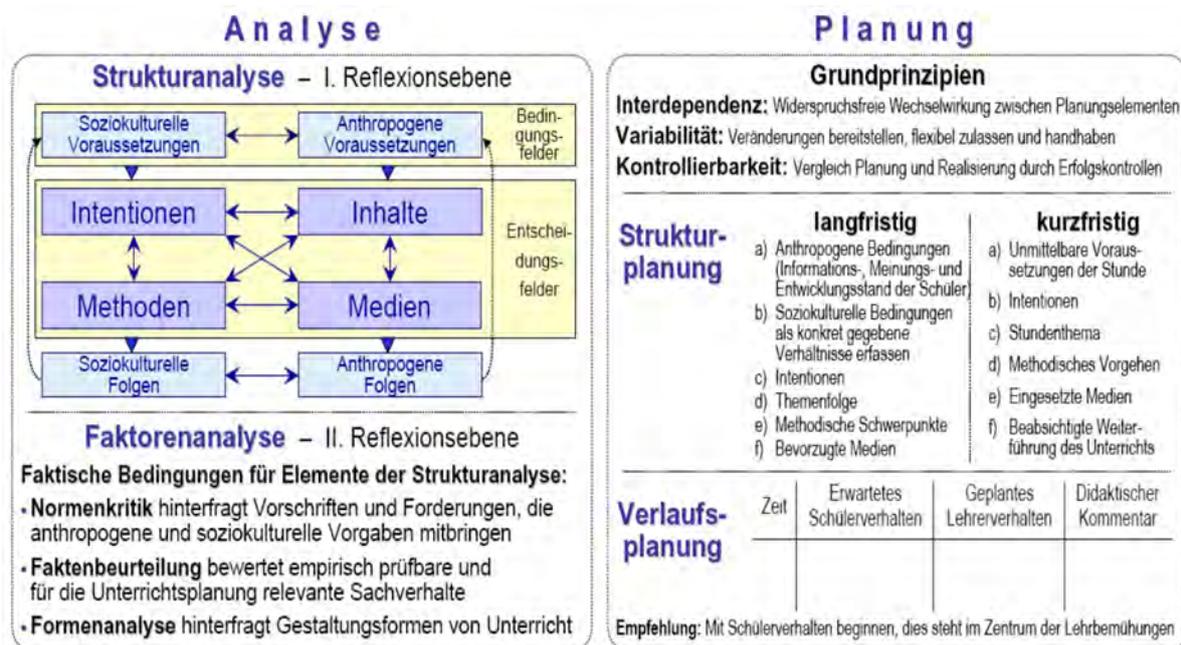


Abb. 2.1: Berliner Modell der Didaktik nach Riedl (2010, S. 105).

Allgemein stellt das Berliner Modell Kategorien, die in jedem Unterricht als strukturgebende Merkmale vorfindbar sind, aus der Sicht von Lehrkräften dar. Es charakterisiert die Vorbereitung von Unterricht als Analyse- und Planungsaufgabe von Lehrkräften, bei der es zentral um Entscheidungen über die elementaren Momente des Unterrichts geht (siehe Abb. 2.1). Die Theorie fordert Lehrkräfte nicht unmittelbar zu konkretem Handeln auf, jedoch sollen sie mittels des kategorialen Strukturgefüges dazu in die Lage versetzt werden, eine Theorie über die Unterrichtswirklichkeit zu bilden. Alltäglich auftretenden Unterrichtsproblemen kann so mit einem hohen Grad an Rationalität begegnet werden. Der Einsatz des in Abb. 2.1 gezeigten Struktur- und Faktorenrasters soll infolgedessen zu folgenden Wirkungen führen (vgl. Peterßen 2000, S. 89):

- Maßnahmen im Unterricht bedingen den Unterrichtsverlauf und müssen demnach gründlich überlegt und begründet werden.
- Lehrkräften wird durch das Raster gezeigt, in welchen Bereichen Entscheidungen getroffen werden müssen. Diese werden demzufolge kontrollierbar, wiederholbar und veränderbar.
- Durch die Berücksichtigung aller interdependenten Faktoren können Entscheidungen nicht willkürlich getroffen werden.
- Den Unterricht potenziell bedingende Voraussetzungen werden besonders beachtet, insbesondere die Ideologie-bildenden Faktoren.

- Die Realsituation eines konkreten Unterrichts wird in das Zentrum von Planungsentscheidungen gerückt.

Auf diese Art und Weise strukturiert das Berliner Modell den Zugang von Lehrkräften zur Unterrichtswirklichkeit, gesammelte Erfahrungen können hierdurch einfacher geordnet werden. Jedoch gibt das Modell keinerlei Handlungsimpulse oder Entscheidungsmaßstäbe vor, als einziger Grundsatz wird lediglich die Stimmigkeit der Strukturmomente des Unterrichts zugrunde gelegt. Durch diesen pragmatischen Ansatz erfolgt daher keine ausreichende Reflexion der normativen Grundlagen für die Ziele des Unterrichts.

2.1.3 Didaktik der beruflichen Bildung

Die Didaktik der beruflichen Bildung ist ein Sammelbegriff für unterschiedliche didaktische Ansätze aus dem Bereich der beruflichen Bildung. Diese Didaktikansätze lassen sich auf einzelne oder mehrere Berufsfelder zugleich beziehen. Des Weiteren zählen zur Didaktik der beruflichen Bildung auch Fachdidaktiken, die sich an spezifischen Fachbereichen oder beruflichen Schulfächern ausrichten. Eine Didaktik beruflicher Bildung kann somit nicht als ein in sich geschlossenes theoretisches Erklärungssystem für unterrichtsbezogenes Handeln von Lehrkräften angesehen werden, sondern versteht sich vielmehr als ein eigenständiger Bereich der Didaktik. Der Unterschied zur allgemeinen Didaktik besteht in der Projektion auf die Berufsbildung und den daraus resultierenden vielfältigen Bezügen zur Berufswelt und dem „richtigen“ Leben ihrer Adressaten. Im Fokus stehen dabei meist berufsspezifische und damit einhergehende wirtschaftliche und gesellschaftliche Anforderungen, was sich wiederum auf die Ziele und Inhalte des Lehr-Lern-Geschehens sowie die Unterrichtsmethodik auswirkt. (vgl. Riedl 2011, S. 15 f.)

Nach Pätzold und Reinisch (2010, S. 161 f.) kann Didaktik beruflicher Bildung die Zusammenhänge und Differenzen zwischen den fachwissenschaftlichen Bezugsdisziplinen und den Lernbereichen von Berufen „theoretisch fundiert herausarbeiten, zwischen beiden vermitteln, dabei vor allem Befunde der Berufs- und Wirtschaftspädagogik und der pädagogischen Psychologie integrieren, diese auf die Aufgaben beruflichen Unterrichts und die Lernbedingungen von Schülerinnen und Schülern berufsbildender Schulen beziehen und Entscheidungshilfen bereitstellen.“ Berufliche Fachdidaktiken können in diesem Zusammenhang eine Brückenfunktion einnehmen, da sie an der Schnittstelle zwischen der Fachwissenschaft und der berufspädagogisch orientierten Erziehungswissenschaft stehen.

Die Aufgaben der Didaktiken beruflicher Bildung können nach Achtenhagen (1984, S. 11) in drei Dimensionen untergliedert werden:

- In der didaktischen Theoriebildung müssen praktische Erfahrungen berücksichtigt werden, simultan dazu müssen in der Unterrichtspraxis wiederum theoretische Erkenntnisse beachtet werden. Hierdurch wird ein Austausch von subjektiven Theorien seitens der Lehrkräfte, und objektiven Theorien seitens der Wissenschaft möglich.
- Interessen, Wahrnehmungen und Überzeugungen von Lehrenden und Lernenden bilden den Ausgangspunkt, wodurch gegenüber der allgemeindidaktischen Modellbildung aus Lehrersicht eine Akzentverlagerung auf die im Mittelpunkt stehenden Lernenden erfolgt.
- Didaktische Theorie muss unter Einbindung fachdidaktischer Aspekte stets so aufbereitet sein, dass Lehrkräfte ein für sie handlungsrelevantes Wissen angeboten bekommen.

Dementsprechend beinhalten die Aufgaben einer Didaktik beruflicher Bildung immer einerseits eine wissenschaftliche und andererseits auch eine unterrichtspraktische Dimension. Die wissenschaftliche Ebene bezieht sich auf die empirische Erfassung, Beschreibung und Analyse sowie die theoretische Aufarbeitung unterrichtlicher Phänomene. Die unterrichtspraktische Ebene bezieht sich auf die Gestaltung von Lehr-Lern-Arrangements und die dafür erforderlichen Planungsentscheidungen.

Zusammenfassend lassen sich die Aufgaben einer Didaktik der beruflichen Bildung in Anlehnung an Rebmann u. a. (2011, S. 200) folgendermaßen benennen:

- Didaktik muss Lehr- und Lernhandlungen benennen und dafür klare Begrifflichkeiten bereitstellen.
- Didaktik klärt Umstände und Rahmenbedingungen, unter denen Lehr- und Lernhandlungen auszuführen sind.
- Didaktik bezeichnet die handelnden Personen mit ihren Lehr- und Lernvoraussetzungen.
- Didaktik unterstützt die begründete Auswahl von Inhalten und Zielen für Lehr-Lern-Prozesse und berücksichtigt dabei das Spannungsverhältnis von Fachwissenschaft, Qualifikationsanforderungen, Handlungssituation und Interessenslage der Jugendlichen.
- Didaktik liefert Empfehlungen für die Gestaltung von Lehr-Lern-Arrangements in Schule und Betrieb und gibt Hinweise auf erforderliche Rahmenbedingungen und Erfolgsaussichten unter Rückgriff auf empirische Forschungsbefunde.
- Didaktik generiert Empfehlungen zur Überprüfung und Evaluation von Lehr-Lern-Prozessen.

2.1.4 Technikdidaktik

Um die Technikdidaktik, beziehungsweise damit verbundene Konzepte konkretisieren zu können, muss zuvor geklärt werden, wie der generelle Technikbegriff definiert ist und worum es sich dabei handelt. Nach Tenberg u. a. (2018, S. 62) werden unter Technik allgemein „u. a. nutzenorientierte, künstliche, gegenständliche Gebilde (Artefakte, Sachsysteme), Einrichtungen, in denen diese entstehen und menschliche Handlungen, in denen sie verwendet werden, subsumiert.“ Technik umfasst somit alle Artefakte, Verfahren und Handlungen, die der Mensch vorausdenkend entwirft, herstellt und anwendet, um einen Zweck zu erfüllen. Dieses allgegenwärtige und vom Menschen untrennbare Phänomen steht in direktem Zusammenhang mit der Entwicklung des „Homo sapiens“, dem archaischen Menschen zum „Homo faber“, dem schaffenden oder technisierten Menschen.

Ausgehend von dieser Definition des Technikbegriffs und dem in Abschn. 2.1.3 beschriebenen Konzept einer (Fach-)Didaktik lassen sich zwei mögliche Grundansätze für Technikdidaktik bilden:

1. Der Ansatz einer übergreifenden Technikdidaktik, welche sich auf didaktische Aussagen bezüglich aller Konzepte und Facetten von Technik beschränkt.
2. Der Ansatz einer eingegrenzten Technikdidaktik, die spezifische Aussagen bezüglich spezieller und eingegrenzter Konzepte von Technik treffen kann.

Ersterer Ansatz erscheint, da es keine eindeutige Interessentengruppe gibt, sehr akademisch. Hier wird versucht, die Technikdidaktik zu verallgemeinern. Der zweite Ansatz hingegen ist pragmatisch und geht davon aus, dass verschiedene Technikdidaktiken zu unterschiedlichen Bezugsfeldern existieren. Dies zeigt sich beispielsweise anhand der beiden Hauptbereiche von Technikdidaktik - der allgemeinen und der beruflichen Bildung - welche nachfolgend dargestellt werden. (vgl. Tenberg u. a. 2018, S. 66)

In der allgemeinen Bildung lässt sich die Technikdidaktik z.B. im Fach Technik finden. Dieses wird in einigen Bundesländern an Realschulen unterrichtet und baut auf dem Werkunterricht auf. Es hat Anschlusspunkte zur Arbeitslehre und vermittelt daher grundlegende technische Kompetenzen mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt. Durch das Fehlen eines beruflichen Hintergrunds verfügt das Fach über keinen Professionsraum, die vermittelten Kompetenzen beziehen sich demnach auf die Lösung technischer Probleme sowie die Umsetzung technischer Operationen. In einigen Bundesländern wird auch an Gymnasien technischer Unterricht über das Fach Natur und Technik abgehalten. Inhaltlich ist dieses Fach dem der Realschule sehr ähnlich. Die Technikdidaktik im Kontext der Realschulen und Gymnasien ist im Sinne der Allgemeinbildung daher eine Fachdidaktik des Technikunterrichts beziehungsweise der Didaktik der Technik. (vgl. Tenberg u. a. 2018, S. 66 f.)

Im beruflichen Kontext unterscheidet sich die Technikdidaktik signifikant von der allgemeinbildenden Technikdidaktik, da Technik hier in Bezug auf konkrete Arbeits- und Praxisfelder vermittelt wird. Die

Abgrenzung der beruflichen Technikdidaktik nach außen hin ist dementsprechend relativ einfach, nach innen lässt sie sich jedoch nicht so leicht abgrenzen, da deren Berufsfeld bereits zum Großteil von den Fachdidaktiken der beruflichen Domänen abgedeckt wird. Schütte (2006, S. 88) unterscheidet in der technischen Berufsbildung aus diesem Grund vier spezifische Paradigmen:

- Das fachwissenschaftliche Paradigma - Orientierung an Fach- und Ingenieurwissenschaften
- Das unterrichtsmethodische Paradigma - Orientierung am schulischen Unterricht
- Das fachmethodische Paradigma - Orientierung an der betrieblichen Unterweisung
- Das technikdidaktische Paradigma - in übergreifender Integration

Die Technikdidaktik kann demnach als integratives Sammelkonzept angesehen werden, welches verschiedene Teilkonzepte sinnvoll vereint. Sie kann sowohl als übergreifende Fachdidaktik technischer beruflicher Fachrichtungen, als auch als technische Spezifikation der Didaktik der beruflichen Bildung verstanden werden und mit beiden Bereichen korrespondieren oder diese zum Teil auch substituieren (vgl. Abb. 2.2).

Die Gegenstands- und Bezugfelder der Technikdidaktik liegen im Bereich der Berufs- und Arbeitswelt in Handwerk und Industrie, aber auch in den Ingenieurwissenschaften. Das Praxisfeld der Technikdidaktik entspricht im sekundären Bildungsbereich dem der einzelnen Fachdidaktiken für schulische, außerschulische und betriebliche Berufsausbildung. Im tertiären Bereich fließt sie in die Hochschuldidaktik über. Der Übergang zwischen verschiedenen Fachdidaktiken (z.B. in Metalltechnik, Elektrotechnik oder Informatik) und Technikdidaktik ist daher verschwindend gering. Fach- oder technikdidaktisches Handeln kann sehr domänenspezifisch, aber insbesondere auch sehr domänenübergreifend sein. Dies zeigt sich beispielsweise bei den Curricula, welche zwar zumeist nach übergreifenden Konzepten, jedoch für jeden Beruf individuell entwickelt werden müssen. Zusammenfassend definieren Tenberg u. a. (2018, S. 69) Technikdidaktik als „die Theorie und Praxis des Erwerbs und der Vermittlung von Kompetenzen in technischen Berufen.“

2.1.5 Lernfelder und Handlungsfelder

Lernfelder werden nach Bader (2004, S. 28) „als didaktisch reflektierte (berufliche) Handlungsfelder, welche (für den beruflichen Unterricht) in spezifische Lernsituationen übertragen werden können“ charakterisiert. Lernfelder sind dementsprechend „didaktisch begründete, schulisch aufbereitete Handlungsfelder. Sie fassen komplexe Aufgabenstellungen zusammen, deren unterrichtliche Bearbeitung in handlungsorientierten Lernsituationen erfolgt. Lernfelder sind durch Zielformulierungen im Sinne von Kompetenzbeschreibungen und durch Inhaltsangaben ausgelegt“ (Bader 2004, S. 28). Bader definiert

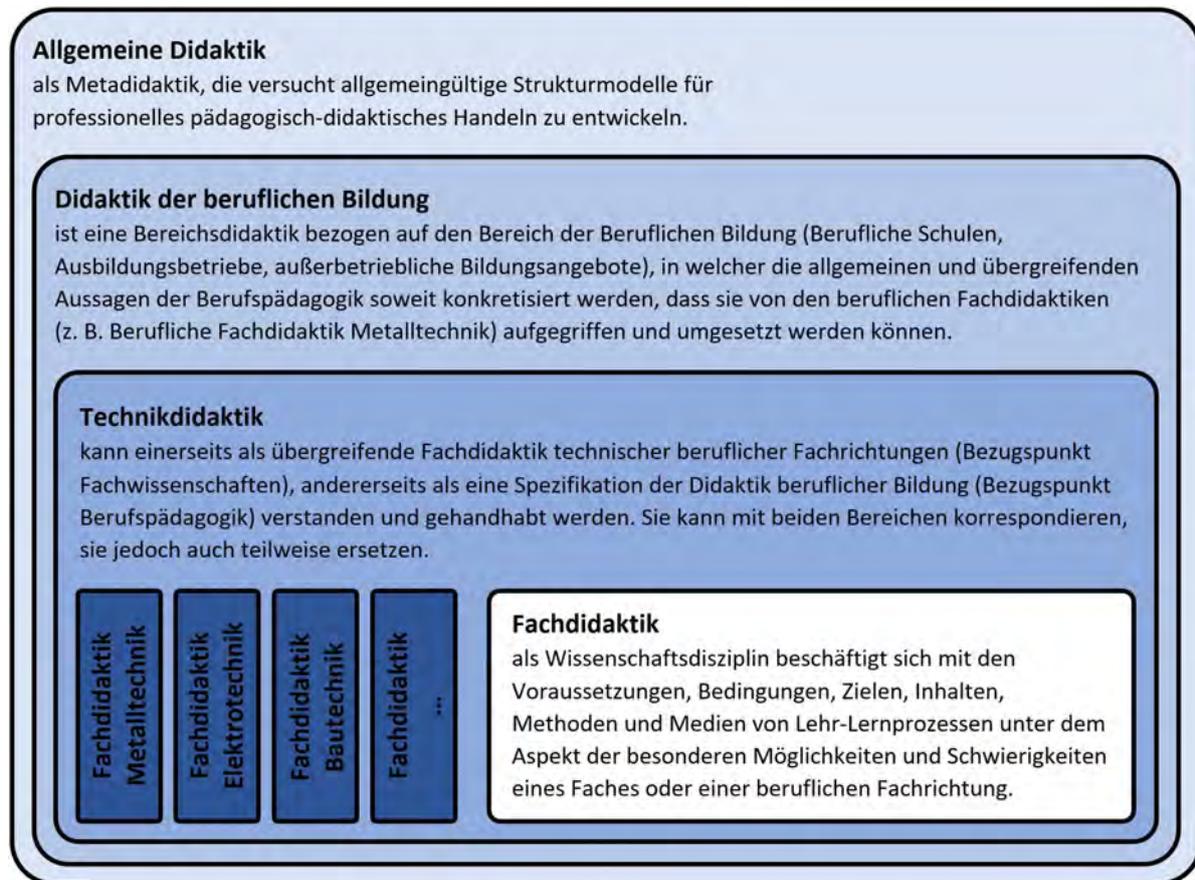


Abb. 2.2: Zusammenhang zwischen Didaktik (allgemein und beruflich), den Fachdidaktiken (allgemein und beruflich) und der Technikdidaktik nach Tenberg u. a. (2018, S. 68).

Handlungsfelder fernerhin als „zusammengehörige Aufgabenkomplexe mit beruflichen sowie lebens- und gesellschaftsbedeutsamen Handlungssituationen, zu deren Bewältigung befähigt werden soll. Handlungsfelder sind mehrdimensional, indem sie stets berufliche, gesellschaftliche und individuelle Problemstellungen miteinander verknüpfen. Die Gewichtung der einzelnen Dimensionen kann dabei variieren“ (Bader 2004, S. 28). Eine Definition der Lernsituation liefert Bader hierbei nicht, merkt jedoch an, dass man diese in „Bildungsgangkonferenzen durch eine didaktische Reflexion der beruflichen sowie lebens- und gesellschaftsbedeutsamen Handlungssituationen“ (Bader 2004, S. 28) festlegen könne.

Abb. 2.3 zeigt den Zusammenhang zwischen Handlungsfeld, Lernfeld und Lernsituation. Hierbei integriert Bader die beiden didaktischen Transformationen einer Lehrplangenerierung und -realisierung. Beide Transformationen sind nicht möglich ohne die direkte Auseinandersetzung mit beruflichen Handlungsfeldern. Lernfelder entstehen somit durch didaktisch begründete Transformationen von Handlungsfeldern unter ständiger Überprüfung der intendierten Bildungsrelevanz. Die Lernsitua-

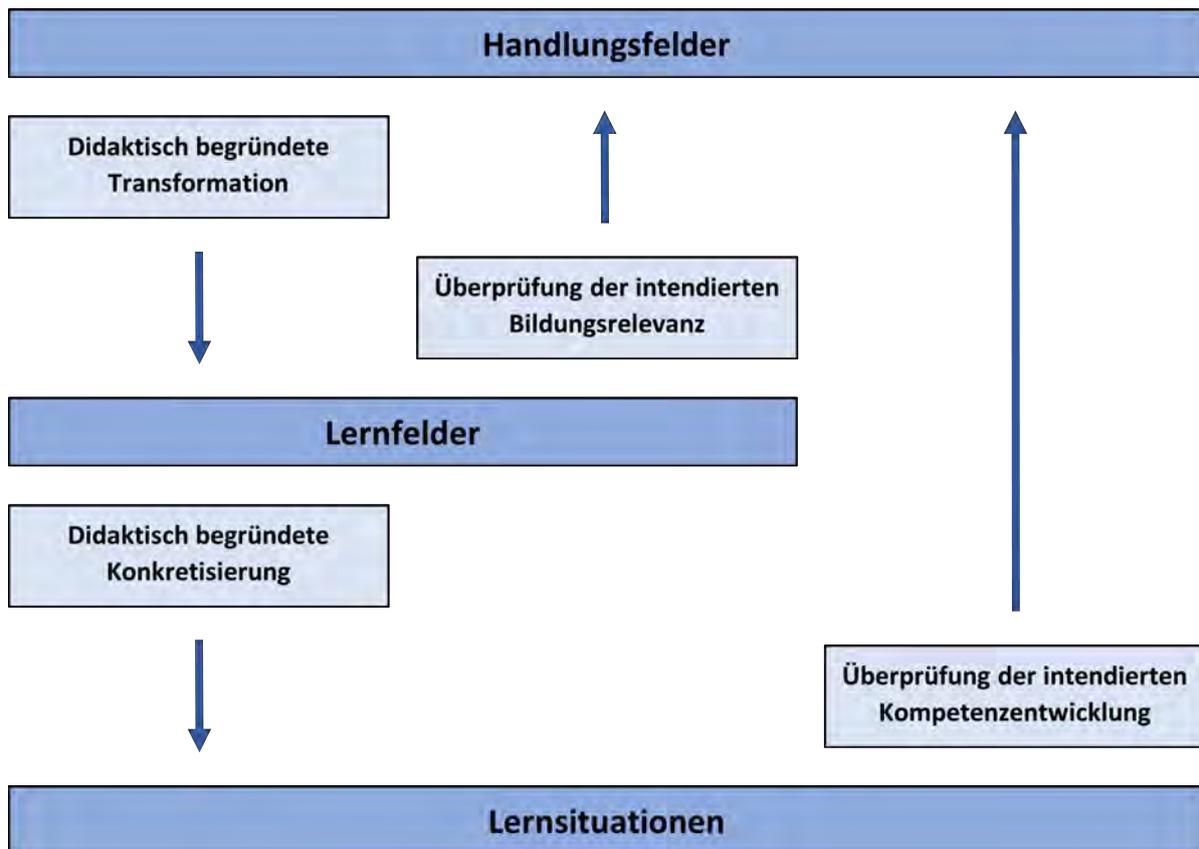


Abb. 2.3: Zusammenhang zwischen Handlungsfeld, Lernfeld und Lernsituation nach Bader (2004), angelehnt an Tenberg u. a. (2019, S. 22).

tionen werden anschließend im Sinne einer didaktisch begründeten Konkretisierung auf Basis der vorliegenden Lernfelder entwickelt. Lernfelder bieten hierbei einen komplexen Reflexionsgegenstand zur Überprüfung der Relevanz von Lernsituationen.

Für die Generierung von Lernfeldern ist es erforderlich, berufliche Handlungsfelder zu identifizieren und diese hinsichtlich ihrer Bildungsrelevanz zu prüfen. Diese Prüfung bezieht sich erstens auf die Erfassung relevanter Arbeitsprozesse im Sinne einer Ermittlung charakteristischer Tätigkeiten und Arbeits- und Geschäftsprozesse eines Berufs. Zweitens bezieht sie sich auf die Identifikation und Beschreibung der Handlungsfelder innerhalb eines Berufs. Im Anschluss an diese Prüfung erfolgt die Transformation von Handlungsfeldern in Lernfelder mittels einer Rückkontrolle der Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung und Exemplarität der jeweiligen Handlungsfelder. Abschließend erfolgt die Zusammenstellung, Anordnung und Ausgestaltung der Lernfelder. Diese können dabei ergänzt und erweitert werden, um z.B. die Förderung von Human- und Sozialkompetenz zu ermöglichen. (vgl. Tenberg u. a. 2019, S. 24 f.)

Die Umsetzung von Lernfeldern wird von Bader (2004, S. 34) in vier Teilbereiche aufgegliedert:

1. Analysieren von Lernsituationen
2. Ausgestalten von Lernsituationen
3. Organisation und Rahmenbedingungen
4. Überprüfen des Lernerfolgs

Die Transformation von Lernfeldern in Lernsituationen entspricht noch nicht der konkreten Unterrichtsgestaltung, sondern stellt lediglich einen Zwischenschritt dar, dem eine weitere didaktische Transformation zu einem schulnahen Curriculum folgt. Hierdurch soll eine bessere schulspezifische Ausgestaltung von Lernsituationen ermöglicht werden.

Die größte Schwäche des Transformationskonzepts von Bader ist der völlige Verzicht auf ein Kompetenzkonstrukt. Lehrpläne intendieren die Vermittlung von Kompetenzen und sollten diese aus diesem Grund auch in das Zentrum der didaktischen Transformationen stellen. Nachdem Bader das Konzept der Kompetenzen jedoch nicht theoretisch geklärt hat, kann alles als Lernziel definiert werden, was auf irgendeine Art und Weise als Kompetenz bezeichnet wird. Dementsprechend bleiben einige Fragen offen, wie z.B. welches Ausmaß eine Lernsituation hat, wie viele Kompetenzen in einer Lernsituation adressiert werden sollen, wie Lernsituationen gestaltet werden müssen, damit klare und überprüfbare Kompetenzen vermittelt werden oder welche Inhalte überhaupt kompetenzrelevant sind.

2.1.6 Struktur und Aufbau lernfeldorientierter Lehrpläne

Ab Ende der 1990er Jahre wurden die Lernfeldlehrpläne mittels der KMK-Rahmenlehrpläne umgesetzt. Der Ansatz von Bader wurde hierzu in „Handreichungen zur Erstellung von KMK-Rahmenlehrplänen“ übertragen. Lernfelder sind thematische Einheiten, welche durch Zielformulierungen, Inhalte und Zeitrichtwerte beschrieben sind und orientieren sich an beruflichen Handlungsabläufen und Aufgabenstellungen. Die Ausrichtung von Lernfeldern erfolgt handlungsorientiert. Eine exakte Definition des Konzepts der Handlungsorientierung wurde in den KMK-Handreichungen jedoch bislang nicht festgelegt.

Die Zielformulierungen beschreiben dabei die Qualifikationen und Kompetenzen bzw. die zu erwartenden Ergebnisse der Lernprozesse, die am Ende des schulischen Lernprozesses in einem Lernfeld erwartet werden. Bei den Inhalten wird, unter Beachtung der Aufgaben des Lernortes Berufsschule, der didaktisch begründete Mindestumfang an Wissen ermittelt, welcher zur Erfüllung von Ausbildungszielen im Lernfeld nötig ist. Nach dem Ansatz von Bader wären die Inhalte in den Lernfeldern nicht nötig, dieser sieht keine Aufarbeitung von Wissen vor. Ein kompletter Verzicht auf die Inhalte

wäre jedoch kaum vertretbar, da die Aufgabe der Berufsschule insbesondere auch darin besteht, Praxis- und Erfahrungswissen durch Theorie- und Allgemeinwissen zu ergänzen. Zur Gewährleistung der Offenheit des Lernfeldkonzepts wurden die Inhalte jedoch sehr minimalistisch und unverbindlich miteinbezogen.

Pro Ausbildungsjahr beträgt der Umfang berufsbezogenen Unterrichts 280 bis 320 Unterrichtseinheiten. Für jedes Lernfeld wird dabei ein Zeitrichtwert von maximal 120 Stunden festgelegt. Dieser Zeitrichtwert soll dabei hinsichtlich der organisatorischen Gegebenheiten der Berufsschule stets durch 20 teilbar sein. Die Lernfeldbezeichnungen sind dabei in Bezug auf Handlungsfelder verfasst oder aus diesen abgeleitet worden. Lernfelder sind in einer sinnvollen aber unverbindlichen Reihenfolge angeordnet. (vgl. Tenberg u. a. 2019, S. 27 f.)

In Abb. 2.4 ist exemplarisch das Lernfeld 11 des Rahmenlehrplans für den Ausbildungsberuf Mechatroniker/Mechatronikerin dargestellt. Unterhalb der Lernfeldbezeichnung und des Zeitrichtwerts befindet sich die Zielformulierung, in welcher die intendierten Schüleraktivitäten präzisiert sind. Unterhalb der Zielformulierung sind die Inhalte ohne weitere Erläuterungen aufgelistet. Die Handreichung der KMK für die Erarbeitung lernfeldorientierter Lehrpläne wurde im September 2011 weiter überarbeitet und aktualisiert. In Abb. 2.5 ist eine diesbezügliche Übersicht zur Ausgestaltung von Lernfeldern am Beispiel des Ausbildungsberufs Elektroniker/Elektronikerin dargestellt.

Unter Anderem wurde hierbei die Lernfeldbezeichnung zur Kernkompetenz erweitert. In dieser wird die dem Lernfeld übergeordnete berufliche Handlung kurz, aussagekräftig und aktiv formuliert. Im zweiten Schritt wird, wie zuvor beschrieben, die Zielformulierung als Ausformulierung der Kernkompetenz aufgeführt. Das Konzept einer Kernkompetenz wird - ähnlich dem allgemeinen Kompetenzbegriff - in diesen Handreichungen allerdings nicht erläutert, wodurch diese Vorlage zu einer völligen Überforderung der jeweils zuständigen Lehrplangruppen führen kann. Ferner führt die Einhaltung der in Abb. 2.5 gezeigten Überfülle an formalen Kriterien zu einem pragmatischen Minimalismus bei der Lernfeldformulierung. In einem dritten Schritt sollen schließlich die differenzierten beruflichen Handlungen nach den Phasen der vollständigen Handlung gegliedert werden. In den diesbezüglichen Vorgaben der KMK gibt es allerdings erneut eine Vielzahl von Schwächen und Problemen. (vgl. Tenberg u. a. 2019, S. 31 f.)

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Ziele zum Teil in Form von Lernhandlungen beschrieben werden. Im Hinblick auf den Grundansatz von Bader können Lernhandlungen jedoch nicht aus beruflichen Handlungsfeldern hergeleitet werden, wodurch die curriculare Konkretisierung von Lernhandlungen anstatt beruflicher Handlungen in vielfältiger Weise irreführend ist. Die Grundidee, beruflichen Unterricht näher an Beruf und Betrieben zu orientieren, wird aus diesem Grund korrumpiert. (vgl. Tenberg u. a. 2019, S. 32 f.)

Lernfeld 11: Inbetriebnahme, Fehlersuche und Instandsetzung	3. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert in Stunden: 160
Zielformulierung:	
<p>Die Schülerinnen und Schüler stellen die Gesamtfunktion und die Teilfunktion eines Systems einschl. seiner Schutzeinrichtungen dar. Dazu entnehmen sie Informationen aus technischen Unterlagen.</p> <p>Sie erklären den Einfluss von Komponenten auf das Gesamtsystem und überprüfen anhand von Schnittstellenuntersuchungen deren Funktion. Die dafür erforderlichen Messverfahren werden von ihnen beherrscht und zielgerichtet angewandt.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler erläutern die Verfahren zur Inbetriebnahme von mechatronischen Systemen und legen die Vorgehensweise für die Inbetriebnahme eines Gesamtsystems fest.</p> <p>Sie nutzen die Möglichkeiten von Diagnosesystemen und interpretieren Funktions- und Fehlerprotokolle. Die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen wird von ihnen überprüft.</p> <p>Sie justieren Sensoren und Aktoren, überprüfen Systemparameter und stellen sie ein. Ergebnisse werden in Unterlagen dokumentiert. Sie grenzen Fehler systematisch ein beseitigen Störungen.</p> <p>Sie könne sich in englischer Sprache verständigen.</p>	
Inhalte:	
<ul style="list-style-type: none"> Blockschaltbilder, Wirkungs- und Funktionspläne von mechatronischen Systemen Überprüfung und Einstellung von Sensoren und Aktoren Systemparameter BUS Parametrierung Softwareanwendung Verfahren zur Fehlersuche in elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Systemen Prozessdatenbezogene Störungsanalyse Strategie der Fehlersuche, typische Fehlerursachen Elektrische und mechanische Schutzmaßnahmen, Schutzvorschriften Elektromagnetische Verträglichkeit Prozessvisualisierung, Diagnosesysteme, Ferndiagnose Inbetriebnahmeprotokoll, Fehlerdokumentation, Instandsetzungsprotokoll Qualitätssicherungsverfahren Behebung von Programmfehlern Berücksichtigung von Kundenanforderungen Einflüsse von mechatronischen Systemen auf ökonomische, ökologische und soziale Bedingungen 	

Abb. 2.4: Lernfeld 11 des Rahmenlehrplans für den Ausbildungsberuf Mechatroniker/Mechatronikerin (vgl. KMK 1998, S. 19).



fortlaufende Nummer
 Kernkompetenz der übergeordneten beruflichen Handlung ist niveauangemessen beschrieben
 Angabe des Ausbildungsjahres; Zeitrichtwert

1. Satz enthält generalisierte Beschreibung der Kernkompetenz (siehe Bezeichnung des Lernfeldes) am Ende des Lernprozesses des Lernfeldes

Fremdsprache ist berücksichtigt

offene Formulierungen ermöglichen den Einbezug organisatorischer und technologischer Veränderungen

verbindliche Mindestinhalte sind kursiv markiert

Volltext mit Absätzen, die die Phasen der vollständigen Handlung zum Ausdruck bringen

Nachhaltigkeit in Lern- und Arbeitsprozessen ist berücksichtigt

offene Formulierungen ermöglichen unterschiedliche methodische Vorgehensweisen unter Berücksichtigung der Sachausstattung der Schulen

Datenschutz und Datensicherheit sind berücksichtigt

berufssprachliche Handlungssituationen berücksichtigen

Komplexität und Wechselwirkungen von Handlungen sind berücksichtigt

Fach-, Selbst-, Sozialkompetenz; Methoden-, Lern- und kommunikative Kompetenz sind berücksichtigt

Gesamtext gibt Hinweise zur Gestaltung ganzheitlicher Lernsituationen über die Handlungsphasen hinweg

Abb. 2.5: Ausgestaltung der Lernfelder (vgl. KMK 2020, S. 29).

2.1.7 Curriculare Matrix

In Abschnitt 2.1.6 wurde bereits erklärt, dass die Lernziele im Zentrum curricularer Überlegungen stehen. Durch die Lehrenden muss zuerst festgelegt werden, „wohin es gehen soll“, um im Anschluss „den Weg dahin“ bestimmen zu können. Bei den lernfeldorientierten Lehrplänen werden dabei lediglich sogenannte „Ziele“ vorgegeben, welche aus Beschreibungen von vorbereitenden, durchführenden oder reflektierenden berufsbezogenen Handlungen oder aus Lernhandlungen bestehen. Nachdem diese „Ziele“ allerdings nur ein Verhalten akzentuieren, es jedoch vielmehr nötig wäre, das herauszustellen, was dieses Verhalten ermöglicht, können diese nicht unmittelbar als Lernziele genutzt werden. Im Sinne der lernfeldorientierten Lehrpläne sollen Schüler im Unterricht bei deren Kompetenzerwerb unterstützt werden, Lernziele müssen dementsprechend alle Aspekte von Kompetenzen integrieren. (vgl. Tenberg u. a. 2019, S. 46 f.)

Die Ziele im Lernfeldkonzept enthalten hauptsächlich Handlungen bzw. Performanzen, eine Kompetenz entspricht aber nicht der Handlung an sich, sondern dem, was uns zu dieser Handlung befähigt. Weinert (2001, S. 27 f.) versteht „unter Kompetenzen die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ Er unterscheidet zudem verschiedene Kompetenzbereiche. Fachliche Kompetenzen (z.B. physikalische oder technische Kompetenzen) ergänzen dabei fachübergreifende Kompetenzen (z.B. Problemlösefähigkeit). Dazu kommen „Handlungskompetenzen, die neben kognitiven auch soziale, motivationale, volitive und oft moralische Kompetenzen enthalten und es erlauben, erworbene Kenntnisse und Fertigkeiten in sehr unterschiedlichen Lebenssituationen erfolgreich aber auch verantwortlich zu nutzen“ (Weinert 2001, S. 28). Echte Lernziele müssen aus diesem Grund nicht nur Handlungs-, sondern auch die zur jeweiligen Handlung zugehörigen Wissensaspekte beinhalten, um das Erlernen kognitiver Fähigkeiten und Fertigkeiten ermöglichen zu können. (vgl. Tenberg u. a. 2019, S. 47)

Eine Bildungsganggestaltung kann somit nicht bei der direkten Ausgestaltung von Lernsituationen aus den lernfeldorientierten Lehrplänen beginnen, sondern erfordert als notwendigen Zwischenschritt erst noch eine Konkretisierung von Kompetenzen im Sinne von Lernzielen. Dies zeugt von einer sehr geringen Verbindlichkeit lernfeldorientierter Lehrpläne, da die Festlegung spezifischer Dispositionen für die im Lehrplan aufgeführten Zielhandlungen letztendlich auf die Schulen bzw. die Lehrkräfte übertragen wird. (vgl. Tenberg u. a. 2019, S. 47)

Für eine wissenschaftlich vertretbare Umsetzung der Lernfeldlehrpläne sollte parallel auf die Unterscheidung zwischen fachlichen und überfachlichen Kompetenzen geachtet werden: Im fachlich-methodischen Bereich werden situationsspezifische und auf einzelne Unterrichtseinheiten bezogene

Kompetenzen bestimmt; im sozial-kommunikativen und personalen Bereich hingegen situationsübergreifende, auf eine Unterrichtsjahresplanung bezogene Kompetenzen bestimmt. (vgl. Tenberg u. a. 2019, S. 47 f.)¹

Für die Ausformulierung von Lernzielen als Kompetenzen gibt es wissenschaftlich akzeptable und sinnvolle Vorgaben, diese wurden jedoch noch nicht umfassend empirisch überprüft. Als bedeutsam für die Auswahl der Kompetenzen erweisen sich die Fragen nach der Gegenwarts-, Zukunfts- und exemplarischen Bedeutung wie es u. a. bei der didaktischen Analyse von Klafki (2007) beschrieben wird. Ein objektives „richtiges“ Ergebnis kann dabei zwar nicht herbeigeführt werden, wenn aber Lehrpersonen und betriebliche Experten ihre individuellen persönlichen Erfahrungen einbringen, können absehbare Defizite weitgehend kontrolliert werden. (vgl. Tenberg u. a. 2019, S. 48)

Sachwissen umfasst ein anwendungs- und umsetzungsunabhängiges Wissen über Dinge, Gegenstände, Geräte, Abläufe, Systeme, etc. Es ist Teil fachlicher Systematiken und daher sachlogisch-hierarchisch strukturiert, wird durch assoziierendes Wahrnehmen, Verstehen und Merken erworben und ist damit die gegenständliche Voraussetzung für ein eigenständiges, selbstreguliertes Handeln. Beispiele: Aufbau eines Temperatursensors, Bauteile eines Kompaktreglers, Funktion eines Kompaktreglers, Aufbau einer speicherprogrammierbaren Steuerung, Struktur des Risikomanagement-Prozesses, EFQM-Modell, ...

Prozesswissen umfasst ein anwendungs- und umsetzungsunabhängiges Wissen über berufliche Handlungssequenzen. Prozesse können auf 3 verschiedenen Ebenen stattfinden, daher hat Prozesswissen entweder eine Produktdimension (Handhabung von Werkzeug, Material, etc.), eine Aufgabendimension (Aufgabentypus, -abfolgen, etc.) oder eine Organisationsdimension (Geschäftsprozesse, Kreisläufe, etc.). Prozesswissen ist immer Teil handlungsbezogener Systematiken und daher prozesslogisch-multizyklisch strukturiert, wird durch zielgerichtetes und feedbackgesteuertes Tun erworben und ist damit funktionale Voraussetzung für ein eigenständiges, selbstreguliertes Handeln. Beispiele: Kalibrierung eines Temperatursensors, Bedienung eines Kompaktreglers, Umgang mit der Programmierumgebung einer speicherprogrammierbaren Steuerung, Umsetzung des Risikomanagements, Handhabung einer EFQM-Zertifizierung.

Reflexionswissen umfasst ein anwendungs- und umsetzungsunabhängiges Wissen, welches hinter dem zugeordneten Sach- und Prozesswissen steht. Als konzeptuelles Wissen bildet es die theoretische Basis für das vorgeordnete Sach- und Prozesswissen und steht damit diesen gegenüber auf einer Metaebene. Mit dem Reflexionswissen steht und fällt der Anspruch einer Kompetenz (und deren Erwerb).

Abb. 2.6: Verschiedene Wissensarten nach Tenberg u. a. (2019, S. 51).

Fachlich-methodische Berufskompetenzen in der Technikdidaktik beziehen sich auf Sach-, Prozess- und Reflexionswissen (vgl. Abb. 2.6) in Verbindung mit Steuerungs- und Regulationsfähigkeiten sowie motorischem Geschick. Zur Präzisierung dieser Kompetenzen gilt es daher, das dafür erforderliche Wissen zu konkretisieren. Die vom Lehrplan vorgegebenen Lernfelder werden hierfür in einzelne Performanzen zerlegt und jede Performanz mit einschlägigem Wissen ergänzt. Lernhandlungen wer-

¹Im Folgenden wird auf eine genaue Definition sozial-kommunikativer und personaler Kompetenzen verzichtet, da es sich bei der wissenschaftlichen Untersuchung dieser Arbeit um eine Querschnittstudie handelt und daher keine situationsübergreifenden Aussagen getroffen werden können.

den nicht als berufliche Performanzen gehandhabt (vgl. Abschn. 2.1.6) und daher eliminiert. Dies stellt allerdings keine Entwertung der Lernhandlungen dar, da diese weiterhin als Hinweise für die methodische Umsetzung dienen können. Die Explikation eines Lernfeldes wird in einer sogenannten „curricularen Matrix“ festgehalten. Des Weiteren wird überprüft, ob die im Lehrplan aufgeführten beruflichen Handlungen relevant oder unvollständig sind. Fehlende berufliche Handlungen können in diesem Schritt ergänzt, eher randständige Handlungen ausgeschlossen werden, wodurch die bei älteren Lehrplänen oft nicht mehr gewährleistete Aktualität korrigiert wird. (vgl. Tenberg u. a. 2019, S. 48 f.)

Die Performanzen werden zusammen mit ihrem zugehörigen Sach-, Prozess- und Reflexionswissen in jeweils einer Zeile der curricularen Matrix eingetragen und bilden somit eine „Teilkompetenz“ eines Lernfelds. Sach- und Prozesswissen sind eng miteinander verknüpft und können relativ einfach hergeleitet werden. Das Erfassen des Reflexionswissens stellt sich etwas komplizierter dar, da dieses eine Erklärungsfunktion (unmittelbares Verständnis von Sach- und Prozesswissen), eine Fundierungsfunktion (breitere wissenschaftliche Abstützung des Sach- und Prozesswissens) sowie eine Transferfunktion (Relativierung des Sach- und Prozesswissens in Bezug auf dessen berufliche Flexibilisierung und Dynamisierung) einnimmt. Das Reflexionswissen muss nicht zwangsläufig entscheidend für die berufliche Praxis sein, vielmehr bietet es die Möglichkeit, tiefer in naturwissenschaftliche Zusammenhänge einzusteigen, ohne dabei den beruflichen Kontext gänzlich zu verlassen. Das Einbringen von Inhalten, welche bezüglich der Ausgangsperformanz eher bedeutungslos sind, sollte dabei jedoch vermieden werden. Aufgrund der engen Verbundenheit von Sach- und Prozesswissen sowie deren unmittelbarer Relevanz für berufliche Aufgabenstellungen werden diese beiden Wissensarten oftmals zusammen als „Professionswissen“ bezeichnet, was dem sogenannten „Know-How“ entspricht. Da das Reflexionswissen hinter dem Professionswissen bzw. Know-How steht und dieses erklären soll, kann in diesem Zusammenhang überdies vom „Know-Why“ gesprochen werden. (vgl. Tenberg u. a. 2019, S. 50 ff. Pittich 2013)

Bei der didaktischen Gesamtplanung eines Schuljahres sollte nicht nur mit einzelnen Performanzen oder Lernfeldern begonnen werden, sondern es sollten alle Teilbereiche in die Planung miteinbezogen werden. Durch eine anschließende Revision können so wiederholt auftretende Themen als Schwerpunkte identifiziert und eventuelle Redundanzen abgewägt werden. Als Ergebnis erhält man curriculare Matrizen, die alle bedeutenden beruflichen Handlungen ihrer jeweiligen Lernfelder sowie deren zugehöriges einschlägiges Wissen beinhalten. Die Generierung handlungs- und kompetenzorientierter Lernziele ist somit gewährleistet. (vgl. Tenberg u. a. 2019, S. 52)

Abb. 2.7 zeigt ein Beispiel einer curricularen Matrix für das „Lernfeld 5: Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten“ des Ausbildungsberufs „Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik“. In diesem Lernfeld steht als Zielformulierungen „Die Schülerinnen und Schüler

planen die Elektroenergieversorgung für Betriebsmittel und Anlagen. Sie analysieren und klassifizieren Möglichkeiten der Elektroenergieversorgung nach funktionalen, ökonomischen und ökologischen Aspekten. Die Schülerinnen und Schüler dimensionieren Anlagen unter Berücksichtigung von Netzsystemen und Schutzmaßnahmen. Dazu wählen sie Komponenten der Anlagen aus, bemessen diese und erstellen Schaltpläne unter Nutzung von Fachliteratur, Datenblättern und Gerätebeschreibungen, auch in englischer Sprache. Die Schülerinnen und Schüler kontrollieren bei Errichtung, Inbetriebnahme und Instandhaltung von Anlagen der Elektroenergieversorgung und bei Betriebsmitteln die Einhaltung von Normen, Vorschriften und Regeln zum Schutz gegen elektrischen Schlag, zum Arbeitsschutz und zur Unfallverhütung. Die Schülerinnen und Schüler prüfen ortsfeste und ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel und nehmen diese in Betrieb. Sie protokollieren Betriebswerte und Prüfergebnisse und ordnen diese in eine Dokumentation ein. Die Schülerinnen und Schüler weisen die Nutzer in das Betreiben der Anlagen ein“ (vgl. ISB 2004, S. 12).

In der Matrix wurden die beruflichen Handlungen nahezu unverändert als Performanzen übernommen, die Lernhandlungen „Sie analysieren und klassifizieren Möglichkeiten der Elektroenergieversorgung nach funktionalen, ökonomischen und ökologischen Aspekten“ und „Dazu wählen sie Komponenten der Anlagen aus, bemessen diese und erstellen Schaltpläne unter Nutzung von Fachliteratur, Datenblättern und Gerätebeschreibungen, auch in englischer Sprache“ wurden eliminiert. Die Zeilen mit den Indizes „LF5-X“ stellen jeweils eine Teilkompetenz des Lernfelds dar und enthalten je eine Performanz sowie das zugehörige Sach-, Prozess- und Reflexionswissen. Die enge Verknüpfung von Sach- und Prozesswissen wird beispielsweise bei der Teilkompetenz LF5-1 deutlich, wo sowohl Leiterquerschnitte (Sachwissen) als auch die Dimensionierung von Leiterquerschnitten (Prozesswissen) aufgeführt sind. Am Beispiel des Ohm'schen Leiters (Reflexionswissen) wird hier zudem der Erklärungs- und Fundierungsaspekt des Reflexionswissens sichtbar. Die Transferfunktion des Reflexionswissens kommt in der Teilkompetenz LF5-4 zu tragen, da das Verständnis magnetischer Felder (Reflexionswissen) kaum erforderlich wäre, um Normen und Vorschriften zum Schutz gegen elektrischen Schlag (Performanz) kennen und einhalten zu können. Hier bietet sich jedoch die Gelegenheit, die Hintergründe dieser Normen und Vorschriften verstehen zu lehren und gleichzeitig tiefer in die naturwissenschaftlichen Zusammenhänge einzusteigen.

Curriculare Matrix		Ausbildungsberuf: Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik, 2. Ausbildungsjahr Lernfeld 5: Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten		
Index	Berufliche Handlung Die Lernenden...	Korrespondierendes Wissen		
		Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen
LF5-1	... planen die Elektroenergieversorgung für Betriebsmittel und Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schalt- und Verteilungsanlagen ▪ Spannungsebenen <ul style="list-style-type: none"> ○ Niederspannung ○ Mittelspannung ○ Hochspannung ▪ Leiterquerschnitte ▪ Arten von elektrischen Leitern ▪ Umweltverträglichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Auslegung der Spannungsversorgung bzw. Zuleitungen ▪ Aufbau und Funktion von Spannungswandlern ▪ Einordnen der Anlage in eine Spannungsebene ▪ Dimensionierung von Leiterquerschnitten, Leitungsberechnung ▪ Kosten-Nutzen Betrachtung mit Berücksichtigung der Umweltfaktoren 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ohm'scher Leiter ($U=R \cdot I$) ▪ Elektrischer Verbraucher ▪ Transformatorgesetze ▪ Umspannungssysteme ▪ Spezifischer Widerstand ▪ Werkstoffkunde
LF5-2	... dimensionieren Anlagen unter Berücksichtigung von Netzsystemen und Schutzmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wechsel- und Drehstromsystem <ul style="list-style-type: none"> ○ AC/DC Wandler ○ Motorschutzschalter ○ Bauteile an Wechselspannung ○ Wechselspannungsgrößen ▪ Netzsysteme <ul style="list-style-type: none"> ○ TN-System ○ TT-System ○ IT-System 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erstellen von Schaltungen mit Wechsel- und Drehstromsystemen ▪ Dimensionierung von Bauteilen für Wechsel- oder Drehstrom ▪ Zeichnen eines Schaltplans für eine Anlage ▪ Wahl des richtigen Netzsystems 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Leistungs- und Widerstands-dreieck ▪ Spannungsfall/Spannungsspitzen ▪ Ladung und Entladung von Kapazitäten und Induktivitäten ▪ Generierung von Wechselspannung
LF5-3	... kontrollieren die Einhaltung von Normen und Vorschriften zum Schutz gegen elektrischen Schlag	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutzeinrichtungen <ul style="list-style-type: none"> ○ Sicherungen ○ RCD-Schutzschalter ○ Leitungsschutzschalter ○ Abschrankungen ▪ Schutzklassen, Isolationsklassen <ul style="list-style-type: none"> ○ Schutzklasse 1,2,3 ○ DIN-Normen ▪ Schutzarten <ul style="list-style-type: none"> ○ Berührschutz ○ Wasserschutz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dimensionierung von Absicherungen ▪ Verwendung von VDE-Normen ▪ Wahl der passenden Betriebsmittel (Schutzklasse, Isolationsklasse, Schutzarten) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fehlerstrom ▪ Isolationswiderstand ▪ Ableitströme ▪ Magnetische Felder
LF5-4	... prüfen ortsfeste und ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel und nehmen diese in Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mess- und Prüfmittel <ul style="list-style-type: none"> ○ 5 Sicherheitsregeln ○ Messgeräte ○ Prüfwerkzeug ○ VDE-Normen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interpretieren von Prüfergebnissen ▪ Bedienen von Messgeräten ▪ Richtiger Umgang mit Prüfwerkzeug 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Induktionsspannungen ▪ Hintergründe und Intentionen von Arbeitsschutzgesetzen
LF5-5	... protokollieren Betriebswerte und Prüfergebnisse und ordnen diese in einer Dokumentation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prüfprotokolle <ul style="list-style-type: none"> ○ VDE-Normen ○ Sichtprüfung ○ Funktionsprüfung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Richtiges Ausfüllen eines Prüfprotokolls 	
LF5-6	... weisen die Nutzer in das Betreiben der Anlagen ein	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nutzereinweisung <ul style="list-style-type: none"> ○ Sicherheits-einweisung ○ Funktionseinweisung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beantworten von Rückfragen 	

Abb. 2.7: Curriculare (Lern-)Matrix am Beispiel des „Lernfelds 5: Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten“ des Ausbildungsberufs „Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik“.

Resümierend kann festgestellt werden, dass sich die Lernzielgenerierung und -transformation im Lernfeldkonzept erheblich komplexer und aufwändiger gestaltet als bei den früheren curricularen Lehrplänen. Insbesondere bei den fachlich-methodischen Kompetenzen müssen Lehrkräfte durch die notwendige Anreicherung der Performanzen mit einschlägigem Wissen einem hohen Anspruch fachlicher und didaktischer Expertise gerecht werden. Die wichtigsten Fragen, mit denen sich Lehrkräfte bei der Lernfeldexplikation nach Tenberg u. a. (2019, S. 54) auseinandersetzen müssen, sind hierbei:

- Welche Performanzen entsprechen beruflichen Handlungen? (Eliminierung von curricular definierten Lernhandlungen)
- Welche Performanzen sind aktuell und relevant, welche eher nachrangig? (Reduktion oder Eliminierung veralteter oder fehlplatzierter Performanzen)
- Welches Sachwissen ist hier aktuell und zukünftig erforderlich, um sich in der Technologie zurechtzufinden?
- Welches Prozesswissen muss man besitzen, um mit der Technologie umgehen zu können?
- Welches Reflexionswissen ist erforderlich, um die Technologie und deren Handhabung zu verstehen und dieses Verständnis auch eigenständig transferieren und weiterentwickeln zu können?

2.2 Negatives Wissen

Negatives Wissen ist im Allgemeinen Wissen darüber, was etwas nicht ist, was falsch ist oder wie ein Problem nicht gelöst werden kann. Um zu wissen, was eine Sache ist, muss man immer auch wissen, was sie nicht ist. Vor diesem Hintergrund soll im nachfolgenden Teil der Arbeit dargestellt werden, was genau unter dem Terminus „Negatives Wissen“ zu verstehen ist, welche Funktionen es in Lernprozessen einnimmt und wie es dabei helfen kann, Gewissheit über einen Sachverhalt zu erlangen.

2.2.1 Grundlagen negativen Wissens

Grundsätzlich lässt sich das negative Wissen nach Oser (2005, S. 26 f.) in vier verschiedene Typen einteilen:

- negativ deklaratives Wissen
- negativ prozedurales Wissen
- negativ strategisches Wissen
- negativ schemata-orientiertes Wissen

Beim negativ deklarativen Wissen geht es um die Abgrenzung verschiedener Wissensaspekte voneinander. Um zu wissen, was guten Unterricht bestimmt, müssen wir auch wissen, wann von schlechtem Unterricht gesprochen werden kann. Dieser Typ negativen Wissens kann daher auch als Abgrenzungswissen bezeichnet werden. (vgl. Oser 2005, S. 26; Gartmeier, Papadakis u. a. 2017, S. 27)

Das negativ prozedurale Wissen bezieht sich darauf, welche Prozesse beziehungsweise wie Prozesse nicht ablaufen dürfen. Als Beispiel können hierbei die sogenannten „Fünf Sicherheitsregeln bei Arbeiten an elektrischen Anlagen“ herangezogen werden, die es zu beachten gilt, um Stromunfälle zu vermeiden. Um zu wissen, was getan werden muss, um die Gefahr eines elektrischen Schlags zu vermeiden, muss man auf gleicher Weise auch wissen, was eben nicht getan werden darf, um das Risiko eines Unfalls zu minimieren. (vgl. Oser 2005, S. 26; Gartmeier, Papadakis u. a. 2017, S. 27)

Das Lösen von Problemen komplizierter Art erfordert das Verfolgen gewisser Lösungsstrategien. Um die für das jeweilige Problem ideale Strategie entwickeln zu können, muss auch das Wissen vorhanden sein, welche Strategien nicht oder nur eingeschränkt zielführend sind. Dieses Wissen kann als negatives strategisches Wissen bezeichnet werden. So gibt es viele verschiedene Möglichkeiten Schach zu spielen, um sich allerdings gegen einen starken Gegenspieler behaupten zu können, ist auch die Erfahrung, welche Züge zu einer Niederlage führen können, von großer Wichtigkeit. (vgl. Oser 2005, S. 26)

Negativ schemata-orientiertes Wissen bezieht sich auf das Wissen, warum bestimmte Gesetzmäßigkeiten erforderlich sind, beziehungsweise was umgekehrt eben nicht angebracht ist. Wenn der Unterricht einer Lehrkraft keine (für die Schüler ersichtliche) logische Struktur aufweist, passiert es häufig, dass Schüler dem Unterricht nicht folgen können und „verloren“ gehen. (vgl. Oser 2005, S. 26)

Der Aufbau negativen Wissens kann beispielsweise über das Machen von Fehlern erfolgen, jedoch führen diese nicht automatisch zur Generierung von negativem Wissen. Es erfordert vielmehr einen empathischen Umgang mit den gemachten Fehlern, um eine Art inneres Warnsystem aufbauen zu können, welches das Wiederholen dieses Fehlers verhindert (Vgl. Abschn. 2.2.3). Hierzu sollte

- dem Falschen das Richtige gegenüber gestellt werden,
- klargestellt werden, in welchen Situationen dieser Fehler noch auftreten kann,
- die Möglichkeit gegeben sein, den Fehler durch Wiederholen der Situation zu berichtigen und
- die jeweilige Person nicht von außen beschämt werden.

Das neu aufgebaute negative Wissen muss im Anschluss dem Richtigen oder positiven Wissen beigeordnet werden. Ähnlich einer Münze, welche immer eine Kopf- und eine Zahlseite hat, ist „das negative Wissen der stetige und lebendige Schatten des positiven“ (Oser 2005, S. 27). Man muss seine Fehler einsehen, um aus ihnen lernen zu können.

Ähnlich der Aufteilung negativen Wissens auf die vier verschiedenen Typen kann auch dessen Intensität kategorisiert werden. Nach Oser (2005, S. 29) kann eine Einteilung in fünf Ebenen des Negativen vorgenommen werden:

Ebene 1	Schnelle Adaptionleistungen
Ebene 2	Kontrast- und Abgrenzungswissen
Ebene 3	Abgrenzungswissen, Schutzwissen
Ebene 4	Persönliches, episodisches Schutzwissen
Ebene 5	Schutzwissen als normativer Kulturbestand

Die niedrigste Ebene betrifft schnelle Adaptionleistungen. Bei kleineren Fehlern werden auf der Grundlage bereits bestehenden Wissens unmittelbar Korrekturen durchgeführt. Auf der zweiten Ebene wird Falsches dem Richtigen kontrastierend gegenübergestellt, jedoch ohne die dahinter liegenden Gesetzmäßigkeiten zu hinterfragen. Ein Beispiel hierfür wäre die Unterscheidung zwischen „das“ und „dass“ im Sprachunterricht. Auf der dritten Ebene wird negatives Wissen aus der Erinnerung an Fehler generiert, die zwar leicht zu verkräften sind aber mit einer positiven Beschämung einhergehen (Vgl.

Abschn. 2.3). Man erzielt zum Beispiel bei einem Test ein schlechtes Ergebnis, weil man schlecht vorbereitet war und baut dadurch gegebenenfalls Schutzwissen auf. Auch auf der vierten Ebene wird Schutzwissen aufgebaut, jedoch in deutlich stärker Ausprägung. Hierzu gehören einmalige und episodische Erfahrungen, die nicht wiederholt werden wollen und einen Teil der Person selbst ausmachen. Man überschätzt seine Fähigkeiten als Autofahrer und verursacht einen Unfall, bei dem Personen verletzt werden. Auf der fünften und höchsten Stufe liegen Menschheitsdramen, bei denen das Lernen aus Fehlern von anderen Menschen und Situationen aus pädagogischer Sicht unumgänglich ist. Durch Nuklearkatastrophen, Völkermorde, etc. wird immer weiter negatives Wissen aufgebaut, welches durch Erzählungen und Dokumentationen stellvertretend den Schutz künftiger Generationen bewirkt.

Viele Ereignisse können nicht eindeutig einer Ebene zugewiesen werden, diese Hierarchie ist daher eher als Kontinuum zu verstehen. Der heuristische Wert der Intensitätsgrade ist nichtsdestotrotz von hoher Bedeutung, da die Wirkung des negativen Wissens indirekt auf die Positionierung innerhalb der Hierarchie zurückzuführen ist. (vgl. Oser 2005, S. 29)

2.2.2 Funktionen negativen Wissens

In Abschnitt 2.2.1 wurden die verschiedenen Typen und Hierarchien negativen Wissens aufgeführt. Dabei lässt sich feststellen, dass das jeweilige negative Wissen bei den Lernenden auch verschiedene Funktionen einnimmt. Diese werden nachfolgend etwas genauer erläutert.

Das Bilden von Kontrasten ist eine Aufgabe negativen Wissens. Unterscheidungen zwischen kalt und warm, groß und klein, richtig und falsch vornehmen zu können ist nötig, um Sachverhalte erkenntnisstärkend einordnen zu können. Diese Ordnungsprozesse sind insbesondere im sozialen und moralischen Bereich unerlässlich, sie entstehen hauptsächlich dann, wenn nicht der Norm entsprechende Erfahrungen als Gegenteil des Richtigen gemacht werden. (vgl. Oser 2005, S. 32)

Negatives Wissen begünstigt fernerhin das Vornehmen von Abgrenzungen. Hierbei geht es um Lern-tätigkeiten, bei denen der Übergang von einem komplexen Konzept in das nächste geklärt wird. Als Beispiel führt Oser (2005, S. 32) den Unterschied zwischen einer Nation und einem Kontinent auf. So kann Afrika keine Nation sein, da dieser Kontinent mehrere Nationen umfasst.

Eine weitere Funktion ist das Ermöglichen von Transferleistungen. Negatives Wissen, welches durch Fehler in einer bestimmten Situation erworben wurde, kann einer Person genau dann behilflich sein, wenn eine neue aber ähnliche Situation auftritt. Auf der einen Seite stützt das negative Wissen sein eigenes Gegenteil, das positive Wissen über den jeweiligen Sachverhalt. Auf der anderen Seite wird die Person in der neuen Situation von dem negativen Wissen begleitet. Negatives Wissen hilft

dementsprechend dabei, mit neuen Situationen adäquater umgehen und sie besser einschätzen zu können. (vgl. Oser 2005, S. 32 f.)

Negatives Wissen kann auch eine Schutzfunktion für das Richtige ausüben, indem es davor warnt, bestimmte Handlungen nicht wieder zu tun. Dieses Wissen wird allgemein als Schutzwissen bezeichnet. In der Erinnerung bleiben dabei nicht nur die Tatsache, dass man einen Fehler begangen hat, sondern zusätzlich auch die damit verbundenen Emotionen wie zum Beispiel Frust oder Ärger, haften. Bei Wiederauftritt eines ähnlichen Ereignisses bewirkt Schutzwissen dementsprechend eine kognitiv-emotionale Reaktion, die verhindert, dass falsche Strategien erneut angewendet werden oder unpassende Handlungen wiederholt werden. (vgl. Oser 2005, S. 33; Gartmeier, Bauer u. a. 2008, S. 95)

In zahlreichen Situationen kann negatives Wissen auch Sicherheit und Gewissheit vermitteln. Das Gegenteil einer Sache bestätigt sozusagen ihre Richtigkeit. Durch den Ausschluss von falschen Alternativen erhält man Gewissheit, tatsächlich das Richtige gefunden zu haben. Die falschen Alternativen verschwinden dabei nicht, sondern werden, ähnlich wie bei Quizfragen mit mehreren Antwortmöglichkeiten, warnend vor das Richtige gehalten. (vgl. Oser 2005, S. 33 f. Gartmeier, Bauer u. a. 2008, S. 92 f.)

Das Bewirken von Verhaltensänderung ist eine weitere Funktion. Durch falsches, beziehungsweise verletzendes Verhalten gegenüber anderen Personen kann sich sehr schnell ein sozialer Konflikt entwickeln. Man gibt zum Beispiel einem Freund ein Versprechen und hält sich nicht daran. Durch die Reaktion der jeweils anderen Person - der Freund ist beispielsweise beleidigt und zieht sich zurück - entsteht ein Konflikt, mit dem man sich gezwungenermaßen auseinandersetzen muss. Durch diese negative Reaktion eines Mitmenschen wird es einem überhaupt erst möglich negatives Wissen aufzubauen. Man rekonstruiert und überdenkt die Situation unter Miteinbeziehung anderer Standpunkte und wird somit für bestimmte Verhaltensweisen sensibilisiert. Verhalten kann so auf Basis dieser emotionalen Narben nachhaltig zum Positiven verändert werden. (vgl. Oser 2005, S. 34 f.)

Die verschiedenen Funktionen sind nachfolgend noch einmal aufgelistet:

- Kontraste bilden
- Abgrenzungen vornehmen
- Transfer ermöglichen
- Schutzfunktion für das Richtige bewirken
- Sicherheit und Gewissheit vermitteln
- Verhaltensänderung bewirken

Es liegt auf der Hand, dass sich die hier dargestellten Funktionen negativen Wissens zum Teil gegenseitig überschneiden. Je nach Situation werden manche Funktionen stärker und andere schwächer betont. Aus theoretischer Sicht stellt dies kein größeres Problem dar. Lediglich bei empirischen Analysen ist es sinnvoll, multidimensionale Erhebungsverfahren zu verwenden.

2.2.3 Schutzwissen als Fehlerwarnsystem

Die Begriffe des Warn- und Schutzwissens wurden in den Abschnitten 2.2.1 und 2.2.2 bereits erwähnt, im folgenden Abschnitt werden diese Termini nun genauer erläutert.

Menschen machen in den verschiedensten Situationen und auf verschiedenste Arten und Weisen Fehler. Manchmal lernen Sie daraus und verändern ihre Verhaltensweisen dementsprechend zum Positiven. Dies ist der erste Schritt des Aufbaus negativen Wissens, er betrifft den Fehler und dessen Korrektur. Viel wichtiger ist jedoch der zweite Schritt - die Arbeit mit der Erinnerung an das fehlerhafte Verhalten und an dessen Korrektur. Das episodische Gedächtnis soll dabei die Form eines metakognitiven Warnsystems annehmen, welches in einer neuen aber ähnlichen Situation davor warnt und schützt, den selben Fehler noch einmal zu begehen. Dementsprechend wird hier vom sogenannten Warn- oder Schutzwissen gesprochen. (vgl. Oser 2005, S. 42)

Eine weitere Einteilung kann in innerliches und äußerliches Schutzwissen erfolgen. Ersteres entsteht, wie oben beschrieben, durch die Erinnerung an einen Fehler und dessen Korrektur. Man will selbst getätigtes falsches Verhalten aufgrund der unangenehmen Konsequenzen nicht wiederholen. Als Beispiel für diese Art negativen Wissens kann ein bekanntes Missgeschick beim Schreiben einer Studienarbeit aufgeführt werden. Nach langer Arbeit am Dokument ohne Speichervorgang stürzt das System ab und alle Änderungen im Dokument gehen verloren. Man ärgert sich, weil man die gesamte Arbeit des bisherigen Tages noch ein weiteres Mal durchführen muss. Am nächsten Tag hingegen sichert man das Dokument etwa alle zehn Minuten ab, da man schließlich nicht möchte, dass einem dieses Missgeschick erneut widerfährt. Fehler zu machen und diese im Anschluss zu reflektieren, zu bedauern und zu verbessern führt zur Generierung innerlichen Schutzwissens. (vgl. Oser 2005, S. 42)

Äußerliches Schutzwissen ist dafür zuständig, Menschen vor der Art von Fehlern zu warnen, die sie nicht selbst begehen können oder sollen. Durch Hochspannungs-Warnschilder bei Oberleitungen von Zügen werden Menschen beispielsweise vor der Gefahr eines zumeist tödlichen elektrischen Schlags gewarnt. Durch Dokumentationen über das Atomunglück in Tschernobyl werden Wissenschaftler der heutigen Zeit davor gewarnt, erneut das Leben hunderttausender Menschen durch das Missachten von Sicherheitsvorschriften aufs Spiel zu setzen. Diese Art von Erfahrungen kann nicht von jedem selbst gemacht werden, da die Konsequenzen in jedem Einzelfall zu schwerwiegend wären. Das äußerliche

Schutzwissen kann dementsprechend auch als stellvertretendes oder advokatorisches Schutzwissen bezeichnet werden. (vgl. Oser 2005, S. 42)

Wie oben bereits angedeutet führt das Machen und Korrigieren von Fehlern noch nicht automatisch zur Generierung von Schutzwissen. Das negative Wissen, was nicht sein soll oder getan werden darf, muss dem Richtigen beziehungsweise dem positiven Wissen, was sein soll oder getan werden muss, im Anschluss entgegeng gehalten werden. Die negativen Erfahrungen müssen in das bestehende Wissensnetz eingebaut werden, damit sie in neuen und ähnlichen Situationen als Schutzwissen mit dem positiven Wissen zusammenwirken können. Auf diese Art und Weise wird ein „Schema des Nicht-Tun-Dürfens“ (Oser 2005, S. 44) aufgebaut, welches wiederum dazu führt, dass Situationen unter dem Gesichtspunkt des Vermeidens negativer Konsequenzen völlig anders beurteilt werden. Vor diesem Hintergrund entwickeln sich schließlich neue Wissensanteile und alternative Strategien. (vgl. Oser 2005, S. 45)

Im schulischen Kontext sollte aus diesem Grund das Machen von Fehlern stets ein zentraler Bestandteil des Unterrichtsgeschehens sein. Eine Fehlerkultur, in welcher sämtlichen Fehlerquellen bereits im Vorhinein vorgebeugt wird, hindert die Lernprozesse, in denen Schutzwissen generiert wird. Lernen durch eigenes Erarbeiten und Überwinden von Schwierigkeiten, das sogenannte „Genetische Lernen“, macht Schülern die Tragweite von Inhalten bewusst. Fernerhin müssen die Erwartungen und Normen, denen die Schüler gerecht werden sollen, stets von Lehrkräften offen gelegt werden, um eine Reflexion seitens der Lernenden überhaupt erst zu ermöglichen. Das Offenlegen dieser Erwartungen und Normen kann zum Beispiel durch das Darstellen von advokatorischen Situationen erfolgen. Hierzu gehören unter anderem Erzählungen über fachliche Fehler, die jemand anders oder womöglich die Lehrkraft selbst begangen hat, und Texte, in denen Sachverhalte diametral dargestellt werden. (vgl. Oser 2005, S. 57 f. Mindnich u. a. 2008, S. 1)

2.2.4 Das Konzept der Gewissheit

„Ich bin nicht gescheitert – ich habe 10.000 Wege entdeckt, die nicht funktioniert haben.“ Dieses Zitat des Erfinders der Glühlampe, Thomas Alva Edison, bezieht sich auf die Tatsache, dass Misserfolge nicht unbedingt etwas Schlechtes sein müssen. Mit jedem missglückten Versuch eine Aufgabe zu lösen wird negatives Wissen generiert, welches die Chancen erhöht, ein und dieselbe Aufgabe beim nächsten Anlauf erfolgreich zu meistern. Bei genauerer Betrachtung des Zitats fällt zudem auf, dass das Scheitern nicht nur ein weiterer Schritt in Richtung der richtigen Lösung ist, sondern das dadurch erlangte negative Wissen am Ende zu einem weitaus besseren Verständnis des jeweiligen Sachverhalts beiträgt. Professionalität bedeutet nicht nur, sich auf dem neuesten Stand der Erkenntnisse zu befinden. Um Fortschritte zu erzielen, kommt es vielmehr auch auf die Fähigkeit an, ungelöste Probleme zu

erkennen und systematisch ausräumen zu können. Insbesondere bei deklarativem Wissen wird dabei oft von der sogenannten „Gewissheit“ gesprochen - zu wissen was etwas ist, oder aber auch was etwas eben nicht ist. Infolgedessen teilt Oser (2005, S. 59) das Konzept der Gewissheit in zwei verschiedene Typen ein - die Gewissheit 1 und die Gewissheit 2.

Die Gewissheit 1 steht hierbei am Anfang von Lernvorgängen. Zu Beginn eines neuen Themas müssen Schüler gewisse Fakten vorerst einmal als richtig hinnehmen, ohne diese anzuzweifeln. Würde ein Schüler von Beginn an alles was ihm erklärt wird anzweifeln, so könnte er überhaupt nicht genug über ein Thema lernen, um begründete Zweifel zu entwickeln. Zweifel setzen sozusagen voraus, dass viele Dinge tatsächlich gewiss sind und das Kennen genau dieser Dinge kann als Gewissheit 1 bezeichnet werden. (vgl. Oser 2005, S. 59 f.)

Der zweite Typ, die Gewissheit 2, bezieht sich auf negative Erfahrungen und das daraus gewonnene negative Wissen. Ein Schüler denkt, er hätte ein bestimmtes Thema voll und ganz verstanden, ihm wird jedoch von der Lehrkraft, zum Beispiel durch eine schlechte Note in einem Test, aufgezeigt, dass einige seiner Vorstellungen fehlerhaft sind. Durch die Erkenntnis und das Nachvollziehen der eigenen Irrtümer, beziehungsweise den Zweifeln an dem bisher Gelernten, kann der Schüler negatives Wissen aufbauen, welches ihm in Zukunft dabei hilft, zu erkennen was richtig ist und wo die alten fehlerhaften Annahmen nicht zur Geltung kommen dürfen. (vgl. Oser 2005, S. 60)

Die Gewissheit 2 muss dementsprechend in den Folgeprozessen der anfänglichen Lernvorgänge (Gewissheit 1) ansetzen. Man hat bestimmte Dinge als richtig hingenommen und erfährt nun, dass diese anfängliche Gewissheit durch Unregelmäßigkeiten und Fehler in Frage gestellt wird. Ebendiese Diskrepanz zwischen Gewissheit 1 und 2 ist das wesentliche Element, das dazu führt, dass Menschen aus negativem Wissen lernen. Die Kenntnisse bestimmter Themen und Abläufe werden dabei nicht viel größer oder komplexer, aber durch das erneute Aufgreifen und Überdenken erlangt man eine größere Sicherheit im Umgang mit diesen. Man kennt ein Konzept genauer und baut Schutzwissen darüber auf, was in diesem Zusammenhang nicht getan werden darf. (vgl. Oser 2005, S. 61 f.)

Dieses Prinzip spiegelt sich auch in der „Conceptual-Change-Theorie“, die im naturwissenschaftlichen Unterricht einen hohen Stellenwert einnimmt, wieder. Hierbei legen Lernende eine volkstümliche Sichtweise über bestimmte Naturphänomene ab, um sich eine aus wissenschaftlicher Sicht korrektere Weltanschauung anzueignen. Nach der Theorie des Conceptual Change kann man nicht lernen, ohne das eigene Vorwissen zu aktivieren und im Anschluss zu entkräften. Genau jenes Entkräften und die damit verbundene Kenntnis der Diskrepanz zwischen volkstümlicher und wissenschaftlicher Sichtweise bringt den Lernenden Sicherheit. So können sich Schüler zum Beispiel bei Single-Choice-Aufgaben rückversichern, indem sie nach dem Auswählen des vermeintlich korrekten Items (Gewissheit 1) zusätzlich fehlerhafte Items ausschließen (Gewissheit 2). (vgl. Oser 2005, S. 62 f. Hewson 1992, S. 4)

2.2.5 Grenzen des negativen Wissens

Negatives Wissen steht allgemein in einem Bezug zur individuellen Entwicklung von Menschen. So urteilen Kinder bezüglich Freundschaften mit anderen Kindern nach der 1. Stufe der Selmanschen Sozialentwicklung noch sehr egozentrisch und können aus diesem Grund auch nur negatives Wissen innerhalb dieses Entwicklungsrahmens verstehen. Jugendliche haben indessen bereits ein anderes Freundschaftskonzept und können daher völlig anderes negatives Wissen erwerben. Grundsätzlich richtet sich das Wissen auf gewisse soziale Normen und Konventionen, das Verständnis dieser ist jedoch nur innerhalb der Kompetenzermöglichkeiten der Kinder und Jugendlichen möglich. (vgl. Oser 2005, S. 39)

Nach Oser (2005, S. 40) konstituiert demnach „nicht die Qualität der Norm das negative Wissen, sondern die Qualität des entwicklungsbezogenen Umgangs mit dem Fehler“. Bei Auftreten eines grammatikalischen Fehlers im Sprachunterricht ist es beispielsweise wichtiger, dem Schüler zu erklären, warum es notwendig ist, Regeln einzuhalten, die Auseinandersetzung mit den dahinterliegenden Normen und dem Ursprung dieser Regeln in der Sprachentwicklung ist in diesem Hinblick nicht erforderlich. Je nach Entwicklungsstand des Schülers hätte dies möglicherweise sogar einen negativen Effekt.

In den beiden geschilderten Fällen ist das Ziel, zu erkennen, dass etwas nicht richtig ist und, warum es nicht richtig ist. Fehler sind dabei allerdings nur ein Mittel unter vielen, um negatives Wissen aufzubauen. Auch durch Abgrenzungen, Kontrastierungen, Darstellung von Alternativen oder Rekonstruktion von Ereignissen kann negatives Wissen vermittelt werden, der Entwicklungsstand spielt hierbei in gleicher Weise eine bedeutende Rolle. Der Erwerb negativen Wissens muss daher stets innerhalb der jeweiligen Entwicklungsgrenzen geschehen, der Wechsel von individuellen Sichtweisen (vgl. „Conceptual-Change-Theorie“ Abschn. 2.2.4) jeweils bei einem Entwicklungsschub. Die Richtigkeit einer Sache beziehungsweise das Kennen und Verstehen der exakten Normen ist indessen den Entwicklungsgrenzen nachzustellen. (vgl. Oser 2005, S. 40)

2.3 Emotionen und negatives Wissen

Wenn Menschen Fehler machen, gehen diese oftmals mit emotionalen Reaktionen einher. Ärger, Zorn, Angst oder Enttäuschung sind nur einige Beispiele für die Gefühle, die bei Personen während oder nach dem Begehen von Fehlern hervorgerufen werden können. Irrtümer können auf die unterschiedlichsten Weisen erlebt werden, die Intensität dieser Erfahrungen betrifft jedoch nicht nur die unmittelbaren Erlebnisse an sich, sondern vielmehr auch die Art, mit der das Falsche von der Person selbst wahrgenommen und interpretiert wird.

So kann zum Beispiel bei einem Schüler, der ein Referat vorträgt, ein kleiner Versprecher dazu führen, dass dieser einen Blackout bekommt und nicht mehr mit dem Referat fortfahren kann. Der Ärger über sich selbst führt in dieser Situation zu einem Verlust der Kontrolle über die Situation. Ein anderer hält in dieser Situation möglicherweise nur kurz inne, der Versprecher wird im Nachhinein als Anreiz gesehen, sich beim nächsten Mal besser vorzubereiten. In diesem Fall wird durch die Emotionen negatives Wissen bezüglich der Vorbereitung auf Referate erworben, welches wesentlich intensiver und effektiver als das positive Wissen, das die Schüler bei einem idealen Referatsverlauf hätten erwerben können, ist.

Aus diesem Grund sollen im folgenden Abschnitt die Entwicklung von Emotionen, sowie deren Auswirkungen auf den Erwerb negativen Wissens etwas genauer betrachtet werden.

2.3.1 Entwicklung von Emotionen

Grundsätzlich können emotionale Reaktionen auf Irrtümer nur dann entstehen, wenn auch ein Bewusstsein darüber vorhanden ist, dass es sich tatsächlich um einen solchen handelt. Ein Fehler kann dabei einerseits von der Person selbst auf Grund bereits bekannter Normen festgestellt werden, in diesem Fall ist negatives Wissen bereits vorhanden und wird durch den Fehler weiter ausgebaut. Andererseits ist es auch möglich, dass Fehler erst dann erkannt werden, wenn man durch Bezugspersonen auf diese hingewiesen wird. In diesem Fall sind die dahinter stehenden Normen nicht bekannt, es ist noch kein negatives Wissen vorhanden und dessen Erwerb wird dementsprechend erst durch den Hinweis der Bezugsperson ermöglicht. (vgl. Oser 2005, S. 72 f.)

Die hier beschriebenen Prozesse mit extensivem oder generativem Charakter führen letztlich zu emotionalen Reaktionen wie Unsicherheit, Selbst- oder Fremdentrüstung. Diese Emotionen sind auf drei verschiedene Arten von der jeweiligen Situation abhängig. Erstens beziehen sich die Emotionen auf den jeweiligen Inhalt (Geografie, Mathematik, etc.). Zweitens sind sie innen- oder außengeleitet (die Person erkennt den Fehler selbst oder wird von jemandem darauf hingewiesen). Drittens beeinflussen sie die eigene Reaktion auf den Fehler entweder positiv oder negativ. (vgl. Oser 2005, S. 73)

Die emotionale Intensität sowie das damit einhergehende Potenzial des Erwerbs negativen Wissens hängt dementsprechend von der Tiefe und Eindringlichkeit der damit verbundenen Erlebnisse ab. Emotionen, die auf eine bestimmte Handlung folgen, sind essenziell für den Erwerb negativen Wissens, da die Geschehnisse durch sie episodisch im Gedächtnis verankert werden. Man will in einer ähnlichen Situation anders handeln und baut infolgedessen Schutzwissen auf. Für den Fall, dass die Emotionen so stark ausgeprägt sind, dass sie von der jeweiligen Person nicht mehr kontrolliert werden können, ist es jedoch auch möglich, dass der Aufbau von Schutzwissen verhindert wird und die Person versucht, ähnlichen Situation in Zukunft gänzlich aus dem Weg zu gehen. (vgl. Oser 2005, S. 73 f. Gartmeier, Bauer u. a. 2008, S. 94 f.)

Diese Effekte lassen sich durch das SEC-Modell von Scherer (1981) erklären. Bei den Stimulus Evaluation Checks (kurz: SEC) wird beschrieben, wie das Bewerten eines auftretenden Reizes bzw. Stimulus das emotionale Erleben, den Fokus der Aufmerksamkeit sowie die Motivation beeinflusst. Die Bewertung erfolgt entlang folgender fünf Kriterien:

1. Neuartigkeit
2. Angenehmheit
3. Zielrelevanz
4. Bewältigbarkeit
5. Normvereinbarkeit

(1.) Bei Auftreten eines Stimulus wird zuerst dessen Neuartigkeit überprüft. Ein Fehler, der jemandem in einer ähnlichen Situation bereits passiert ist, wäre dementsprechend weniger neuartig als ein Irrtum, auf den man erst von Dritten hingewiesen werden muss. (2.) Anschließend wird überprüft, ob der Reiz angenehm ist. Fehler und Irrtümer werden hier allgemein als unangenehm empfunden. (3.) Im nächsten Schritt wird die Relevanz des Stimulus bezüglich persönlicher Ziele evaluiert. Da Menschen im Allgemeinen versuchen, Fehler zu vermeiden, sind diese für gewöhnlich nicht mit den eigenen Zielen vereinbar. (4.) Im vierten und in diesem Zusammenhang wichtigsten Schritt wird die Bewältigbarkeit des Reizes überprüft. Hier entscheidet sich im Falle eines Irrtums, ob der Verursacher resigniert und die Kontrolle über die Situation verliert oder ob versucht wird, den Fehler zu korrigieren. Der erste Fall würde dabei eher zu einer Flucht aus der Situation, beziehungsweise einer vollständigen Vermeidung zukünftiger ähnlicher Situationen führen. Der zweite Fall hingegen löst eine Generierung von Schutzwissen aus, mit dem Zweck ähnlichen Herausforderungen standhalten zu können. (5.) Im letzten Schritt wird schließlich noch evaluiert, ob der Stimulus mit den eigenen Wertvorstellungen vereinbar ist. Ähnlich wie in Schritt 3 versuchen Menschen im Allgemeinen Fehler zu vermeiden, dementsprechend sind diese üblicherweise nicht mit den eigenen Wertvorstellungen vereinbar.

Das SEC-Modell nach Scherer zeigt deutlich auf, dass Emotionen für den Erwerb negativen Wissens nicht nur hilfreich sind, sondern dass sie vielmehr einen Teil dessen darstellen. Wenn sich eine Person jedoch nicht dazu in der Lage fühlt, ihre Emotionen zu bewältigen, kann dies dazu führen, dass jeglicher Erwerb negativen Wissens blockiert wird.

2.3.2 Positive und Negative Beschämer

Nach Oser (2005, S. 74) gibt es zwei Arten von Handlungsweisen, aus denen Emotionen entstehen können. Diese sind einerseits die sogenannten „positiven oder produktiven Beschämer“ und andererseits die „negativen oder destruktiven Beschämer“.

Positive Beschämer können sowohl durch einen selbst als auch von anderen Personen herbeigeführt werden und haben grundsätzlich zur Folge, dass man sich über sich selbst ärgert, was mit Emotionen wie Zorn, Trauer oder Scham einhergeht. Man hat erneut etwas falsch gemacht, das man bereits hätte können sollen. Bei der Initiation positiver Beschämer von anderen Personen, die einem zum Beispiel dazu auffordern genauer aufzupassen oder noch einmal nachzudenken, ist es hierbei besonders wichtig, dass beide Kommunikationspartner eine akzeptierende Basisbeziehung zueinander haben. Eine Fremdindignation kann sonst zur Ablehnung von Veränderung führen, beziehungsweise den Erwerb negativen Wissens verhindern. (vgl. Oser 2005, S. 74)

Anders als bei den positiven Beschämern kommen negative Beschämer stets von außen. Sie entstehen aus einem inadäquaten Umgang von Personen mit Fehlern anderer. Wenn beim Hinweis auf Verbesserungsmöglichkeiten durch Vorwürfe oder Bloßstellungen zugleich die Integrität der jeweiligen Person verletzt wird, so führt dies zu einer Beeinträchtigung des Aufbaus negativen Wissens. Insbesondere im schulischen Kontext stellen negative Beschämer eine große Gefahr dar, da Wissen im schlimmsten Fall durch die negativen Emotionen keinen Zugang mehr zum Verstehensapparat von Schülern findet und diese stattdessen versuchen, ähnliche Situationen in Zukunft zu vermeiden. Es folgt nicht nur, dass Schüler aus Fehlern nicht mehr lernen, Fehler werden in Zukunft zudem verdrängt oder sogar als Schwäche gedeutet. (vgl. Oser 2005, S. 74 f.)

Die Entwicklung von Emotionen kann nach diesem Ansatz als Person-Situation-spezifisch und als multipler Komponentenprozess gedacht werden. Emotionen sind an das negative Wissen gekoppelt und essenziell an dessen Aufbau und Transformation in Schutzwissen geknüpft. Lehrpersonen sollten daher stets eine achtungsvolle und empathische Haltung gegenüber Lernenden anstreben, um einem Entstehen negativer Beschämer und der damit einhergehenden Blockade des Erwerbs negativen Wissens vorzubeugen. (vgl. Oser 2005, S. 81; Mascolo u. a. 2000, S. 135 f.)

2.4 Zusammenhang zwischen negativem Wissen und dem Lernfeldkonzept

Wie in Abschn. 2.1.5 beschrieben, handelt es sich bei Lernfeldern um didaktisch begründete, schulisch aufbereitete Handlungsfelder. Diese Handlungsfelder entsprechen dabei zusammengehörigen Aufgabenkomplexen mit beruflichen sowie lebens- und gesellschaftsbedeutsamen Handlungssituationen, zu deren Bewältigung durch beruflichen Unterricht befähigt werden soll. Die Bearbeitung dieser Handlungsfelder erfolgt in handlungsorientierten Lernsituationen, welche mittels einer didaktisch begründeten Konkretisierung von Lernfeldern entwickelt werden. Lernfelder werden wiederum mit Hilfe einer didaktisch begründeten Transformation von Handlungsfeldern unter ständiger Überprüfung der Bildungsrelevanz generiert und zielen auf die Vermittlung von Kompetenzen ab. Zu diesem Zweck ist es erforderlich zu prüfen, ob in den Lernfeldern alle relevanten Arbeitsprozesse bzw. alle charakteristischen Tätigkeiten sowie Arbeits- und Geschäftsprozesse eines Berufs erfasst sind. Auch die Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung sowie die Exemplarität der hierfür herangezogenen Handlungsfelder muss bei der didaktischen Transformation kontrolliert werden.

Lernfeldlehrpläne orientieren sich dementsprechend, wie auch in Abschn. 2.1.6 beschrieben, stets an realen beruflichen Handlungsabläufen und Aufgabenstellungen. Die Aufgabe von beruflichen Schulen besteht dabei auch darin, Praxis- und Erfahrungswissen durch Theorie- und Allgemeinwissen zu ergänzen. Die in den Lernfeldlehrplänen enthaltenen Ziele akzentuieren gemäß Abschn. 2.1.7 lediglich ein Verhalten, es wäre aber eigentlich nötig, das herauszustellen, was dieses Verhalten ermöglicht. Dazu müssen die kompetenzorientierten Lernfeldlehrpläne vor deren Konkretisierung in einzelne Lernsituationen erst unter Integration aller Aspekte von Kompetenzen expliziert werden. Diese Explikation kann in Form einer curricularen Matrix festgehalten werden. Fachlich-methodische Berufskompetenzen in der Technikdidaktik beziehen sich in erster Linie auf Sach-, Prozess- und Reflexionswissen, dementsprechend werden hierbei in der curricularen Matrix berufliche Handlungen stets mit deren zugehörigen Sach-, Prozess- und Reflexionswissensaspekten als Teilkompetenzen dargestellt.

Die Aneignung von Wissensaspekten nimmt infolgedessen einen hohen Stellenwert beim Erwerb beruflicher Kompetenzen ein. Wie in Abschn. 2.2 beschrieben, muss man, um zu wissen was eine Sache ist, allerdings immer auch wissen, was sie nicht ist. Gemäß Abschn. 2.2.4 bedeutet Professionalität nicht nur sich auf dem neuesten Stand der Erkenntnisse zu befinden, sondern es kommt vielmehr auch auf die Fähigkeit an, ungelöste Probleme zu erkennen und systematisch ausräumen zu können, nur so wird Fortschritt erzielt. Auch in der beruflichen Bildung ist es beispielsweise nicht ausreichend, lediglich zu erläutern, wie ein bestimmter beruflicher Prozess im Normalfall abläuft oder wie eine Maschine grundsätzlich funktioniert (positives Wissen). Um eine umfangreiche berufliche Handlungsfähigkeit

der Lernenden erzielen zu können, muss fernerhin auch geklärt werden, wodurch dieser Prozess fehlschlagen kann, welche Fehler bei der Maschine auftreten können und vor allem wie diese Probleme gelöst werden können (negatives Wissen). Abschn. 2.2.1 zufolge sollte Falsches, bzw. negatives Wissen dem Richtigen, bzw. dem positiven Wissen gegenübergestellt werden, um den Aufbau einer Art inneren Warnsystems zu begünstigen, dabei wird oft vom sogenannten Schutzwissen gesprochen. Wie in Abschn. 2.2.2 beschrieben, ermöglicht negatives Wissen in Kombination mit positivem Wissen unter anderem das Bilden von Kontrasten sowie das Vornehmen von Abgrenzungen. Es ermöglicht Transferleistungen, vermittelt Sicherheit und Gewissheit und es kann eine Schutzfunktion sowie eine Verhaltensänderung bewirken. Die gezielte Vermittlung negativen Wissens im Unterricht stellt aus diesem Grund eine exzellente Möglichkeit dar, Lernende beim Erwerb umfassender beruflicher Kompetenzen zu unterstützen.

Nach Abschn. 2.2.3 gibt es im Allgemeinen zwei Arten von Schutzwissen: Innerliches und äußerliches Schutzwissen. Das Begehen von Fehlern ist eine der besten Möglichkeiten, innerliches Schutzwissen aufzubauen, jedoch führen Fehler nicht automatisch zur Generierung negativen Wissens. Es erfordert zudem einen empathischen Umgang mit den gemachten Fehlern, so dass Lernende die Möglichkeit erhalten, Fehler durch Wiederholen der Situation zu berichtigen. Wenn Unterricht in beruflichen Schulen demgemäß speziell darauf ausgerichtet ist, Schülern durch ihre Irrtümer und deren Korrektur Wissen zu vermitteln, kann der Erwerb negativen Wissens mit hoher Sicherheit gewährleistet werden. Zudem kann durch die Etablierung einer positiven Fehlerkultur eine Beschämung der Lernenden weitestgehend ausgeschlossen werden.

Im Gegensatz zur Berufsschule werden Lernende im Betrieb nach schwerwiegenden Fehlern durch ihre Vorgesetzten aufgrund der wirtschaftlichen Verluste viel wahrscheinlicher beschämt. Wie in Abschn. 2.3.2 dargestellt, sind Emotionen an das negative Wissen gekoppelt und essenziell an dessen Transformation in Schutzwissen geknüpft. Aus einem inadäquaten Umgang mit Fehlern von Lernenden kann resultieren, dass diese aus den Fehlern nicht mehr lernen oder sie Fehler zukünftig sogar als Schwäche deuten. Aus diesem Grund wäre es sinnvoll, Lernenden die Möglichkeit zu bieten, gewisse Fehler bereits im Unterricht begehen zu können, um negativen Beschämern und einer damit einhergehenden Blockade des Aufbaus negativen Wissens vorbeugen zu können.

Manche Fehler können oder sollten Lernende aufgrund der schwerwiegenden Konsequenzen im Berufsalltag nicht selbst begehen. Um diese Fehler zu vermeiden ist es nötig, äußerliches bzw. advokatorisches Schutzwissen aufzubauen. Dies erfolgt beispielsweise mittels der Darstellung von advokatorischen Situationen im Unterricht, welche anschließend fachlich diskutiert und analysiert werden. Die Wirkung des aufgebauten negativen Wissens ist dabei gemäß Abschn. 2.2.1 indirekt auf dessen Intensität zurückzuführen. Diese wird zu diesem Zweck hierarchisch in fünf Kategorien eingeteilt. Die Kategorie mit dem zweithöchsten Intensitätsgrad betrifft dabei persönliches, episodisches Schutzwissen - einmalige

Erfahrungen, die nicht wiederholt werden wollen oder können, wie z.B. das Zerstören einer sehr teuren Maschine durch eine nicht fachgerechte Nutzung. Durch die advokatorische Darstellung von derartigen Situationen im Unterricht ergibt sich für Lernende folglich die Möglichkeit, sehr starkes negatives Wissen zu erwerben, ohne dass sie schwerwiegende Fehler selbst begehen müssen.

2.5 Berücksichtigung negativen Wissens bei der Generierung von Lernsituationen

Aus den in Abschn. 2.4 genannten Gründen sollte die Vermittlung negativen Wissens stets bei der Erstellung curricularer Matrizen und der Generierung von Lernsituationen berücksichtigt werden. Bei jeder Teilkompetenz sollten nicht nur die positiven, sondern auch alle nötigen negativen Wissensaspekte berücksichtigt und zur gezielten Vermittlung auch jeweilig gekennzeichnet werden. Bezüglich der Unterteilung der Wissensaspekte in Sach-, Prozess und Reflexionswissen kann negatives Wissen gemäß Abschn. 2.2.1 in vier verschiedene Typen eingeteilt werden: Negativ deklaratives, prozedurales, strategisches sowie schemata-orientiertes Wissen. Im Zusammenhang mit den fachlich-methodischen Kompetenzen in der Technikdidaktik kann das negativ deklarative Wissen als Gegenstück zum (positiven) Sachwissen gesehen werden. Es geht dabei wie beim (positiven) Sachwissen primär um die Abgrenzung verschiedener Wissensaspekte voneinander. Negativ prozedurales Wissen bezieht sich auf Prozesse, negativ strategisches Wissen auf die Entwicklung und Verfolgung von Lösungsstrategien. Diese beiden Wissensarten korrespondieren daher mit dem (positiven) Prozesswissen. Negativ schemata-orientiertes Wissen bezieht sich auf bestimmte grundlegende Gesetzmäßigkeiten und deckt sich in diesem Sinne mit dem (positiven) Reflexionswissen. Es kann folglich zu jedem der drei positiven Wissensaspekte ein jeweiliger negativer Wissensaspekt definiert werden: Negatives Sach-, Prozess- und Reflexionswissen. Nachdem das positive Sach- und Prozesswissen fernerhin als „Know-How“ und das positive Reflexionswissen als „Know-Why“ bezeichnet werden (vgl. Abschn. 2.1.7), kann bei deren negativen Pendanten auch vom „Know-How-Not“ und „Know-Why-Not“ gesprochen werden.

Bei der Explikation von Lernfeldern in curricularen Matrizen unter Berücksichtigung negativer Wissensaspekte sollte grundsätzlich wie bei dem in Abschn. 2.1.7 dargestellten Schema vorgegangen werden. Alle Performanzen und Wissensaspekte werden aus den Zielformulierungen der jeweiligen Lernfelder entnommen und fehlende Wissensaspekte, sowohl positiv als auch negativ, werden im Anschluss ergänzt. Der einzige Unterschied zur konventionellen Methode besteht darin, dass positive und negative Aspekte jeweils unterschiedlich gekennzeichnet werden, negative Aspekte können hierfür z.B. in roter Schriftfarbe dargestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass es nicht zwingend nötig bzw. sinnvoll ist, zu jedem positiven Wissensaspekt auch einen dazugehörigen negativen Wissensaspekt zu definieren und umgekehrt. Als Beispiel hierfür können u.A. mathematische Gesetzmäßigkeiten

Curriculare Matrix		Ausbildungsberuf: XX, X. Ausbildungsjahr Lernfeld X: XX		
Index	Performanz Die Lernenden...	Korrespondierendes Wissen		
		Pos. Sachwissen Neg. Sachwissen	Pos. Prozesswissen Neg. Prozesswissen	Pos. Reflexionswissen Neg. Reflexionswissen
LFX-1	... Performanz 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sachwissensaspekt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prozesswissensaspekt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reflexionswissensaspekt
LFX-2	... Performanz 2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sachwissensaspekt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prozesswissensaspekt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reflexionswissensaspekt
LFX-3	... Performanz 3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sachwissensaspekt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prozesswissensaspekt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reflexionswissensaspekt
LFX-4	... Performanz 4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sachwissensaspekt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prozesswissensaspekt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reflexionswissensaspekt
LFX-5	... Performanz 5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sachwissensaspekt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prozesswissensaspekt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reflexionswissensaspekt

Abb. 2.8: Schema einer curricularen Matrix, in welcher sowohl positive als auch negative Performanzen und Wissensaspekte berücksichtigt werden.

wie der „Satz des Pythagoras“ angeführt werden. Eine Diskussion darüber, wie der Satz eben nicht formuliert werden kann, ist in aller Regel unerheblich. Es ergibt sich ein Schema einer curricularen Matrix, welches in Abb. 2.8 dargestellt ist.

In Abb. 2.9 ist weiterhin ein Ausschnitt einer curricularen Matrix des „Lernfeld 3: Veranstaltungs- und Produktionsstätten beurteilen“ des Ausbildungsberufs „Fachkraft für Veranstaltungstechnik“ (siehe Abb. 9.2 im Anhang) dargestellt, in der negative Wissensaspekte integriert wurden. Zur Teilkompetenz 3 mit der Performanz „die Lernenden ermitteln die Art der Übergabepunkte nach Steckvorrichtungen

oder Steckverbindern und ermitteln Möglichkeiten der Leitungsverlegung“ wurden beispielsweise im Bereich des Sachwissens als negatives Pendant zu den „Sicherheitszeichen am Arbeitsplatz“ zusätzlich auch die „Folgen der Missachtung von Sicherheitszeichen“ aufgenommen. Die Erläuterung der Folgen einer Missachtung von Sicherheitsvorschriften unterstützt den Aufbau eines tieferen Verständnisses über die Notwendigkeit dieser. Im Bereich des Prozesswissens wurde der negative Aspekt der „Fehlersuche bei verschiedenen Netzsystemen“ integriert. Aufgrund des unterschiedlichen Aufbaus der Netzsysteme machen sich bestimmte Fehler auch unterschiedlich bemerkbar. Eine Behandlung dieses Aspekts im Unterricht ist nötig, um beispielsweise fehlerhaften Beurteilungen von Messwerten vorbeugen zu können. Bei Teilkompetenz 4 - „die Lernenden bringen den erforderlichen Brandschutz in Einklang mit den optischen und funktionalen Ansprüchen an die Materialien“ wurde im Bereich des Reflexionswissens überdies der negative Aspekt der „Auswirkungen von Rauch auf Menschen, Tiere und Pflanzen“ in die Matrix mit aufgenommen. Es ist für Lernende nicht nur wichtig zu wissen, dass die Ausbreitung von Rauchgasen vermieden werden muss, sondern auch warum diese gefährlich für Mensch und Umwelt sind. Eine genaue Erklärung dieser Phänomene fördert wiederum das Verständnis für die Erforderlichkeit bestimmter Normen und Gesetzmäßigkeiten.

Curriculare Matrix		Ausbildungsberuf: Fachkraft für Veranstaltungstechnik, 1. Ausbildungsjahr Lernfeld 3: Veranstaltungs- und Produktionsstätten beurteilen		
Index	Performanz Die Lernenden...	Korrespondierendes Wissen		
		Pos. Sachwissen Neg. Sachwissen	Pos. Prozesswissen Neg. Prozesswissen	Pos. Reflexionswissen Neg. Reflexionswissen
LF3-1	... erfassen räumliche Gegebenheiten von Veranstaltungsstätten, um Planungsaufgaben vorzubereiten.	<ul style="list-style-type: none"> Statik, Bodenbelastung, Hängepunkte, Transport, Befestigungsmöglichkeiten Verschiedenen Formen von Veranstaltungsstätten und Produktionsstätten 	<ul style="list-style-type: none"> Berechnungen und Abwägungen zu Statik, Bodenbelastung und Hängepunkten Beurteilen verschiedener statischer Systeme hinsichtlich verschiedener Formen von Veranstaltungsstätten 	<ul style="list-style-type: none"> Kräfte-dreieck, Hebelwirkung, Satz des Pythagoras, Winkelfunktionen
LF3-2	... beurteilen die Anfahrtsmöglichkeiten, Transportwege und das Lagern der Ausrüstung für die Veranstaltung.	<ul style="list-style-type: none"> Lagermöglichkeiten von normalen und Gefahrgütern Beschaffenheit der Anfahrtswege, Feuerwehranfahrtszonen Sonderbauordnungen der Länder Rahmenbedingungen für Besucherplätze und Einrichtungen für Besucher Gefahren bei falscher Lagerung von Gefahrgütern 	<ul style="list-style-type: none"> Beurteilen der Veranstaltung hinsichtlich sicherheitsrelevanter Kriterien Ableiten der baurechtlichen Ordnungsrahmen von Veranstaltungs- und Produktionsstätten aus relevanten Rechtsgrundlagen Überprüfen von Anfahrts- und Transportwegen auf Einhaltung relevanter Rechtsgrundlagen 	
LF3-3	... ermitteln die Art der Übergabepunkte nach Steckvorrichtungen oder Steckverbindern und ermitteln Möglichkeiten der Leitungsverlegung.	<ul style="list-style-type: none"> Sicherheitszeichen am Arbeitsplatz IP-Schutzklassen, Schutzklassen I II III Steckvorrichtungen (Schuko, CEE, ...) Arten der Leitungsverlegung Netzsysteme (TN-S, TN-C, TN-C-S, TT, IT) Stromübergabepunkte bei verschiedenen Netzsystemen Folgen der Missachtung von Sicherheitszeichen Fehlerquellen bei Verwendung falscher Schutzklassen oder Steckvorrichtungen 	<ul style="list-style-type: none"> Unterscheiden von Gebots-, Verbots- und Warnzeichen Auswahl geeigneter Erdverbindungen und Schutzmaßnahmen Anwendungsrichtige Kombination von Schutzklasse, Steckvorrichtung und Leitungsverlegung Fehlersuche bei verschiedenen Netzsystemen Überprüfen bereits bestehender Erdverbindungen und Schutzmaßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> Einordnung und Beschreibung sicherheits- und maschinentechnischer Einrichtungen hinsichtlich ihrer Arbeitsumgebung
LF3-4	... bringen den erforderlichen Brandschutz in Einklang mit den optischen und funktionalen Ansprüchen an die Materialien.	<ul style="list-style-type: none"> Brandverhalten von Baustoffen nach europäischen und deutschen Normen Bedarf an Löschmitteln für Veranstaltungen Brandschutzverordnungen Voraussetzungen eines Entstehungsbrandes (Brennbare Materialien, Entzündungsquellen, Sauerstoff) 	<ul style="list-style-type: none"> Planung des Materialbedarfs hinsichtlich Brandschutztechnischen Aspekten Unterscheiden der Wirkungsweise verschiedener Löschmittel Auswahl von Werkstoffen und Arbeitsmaterialien, sodass von ihnen im Brandfall keine erhöhte Gefährdung ausgeht 	<ul style="list-style-type: none"> Chemische Vorgänge bei der Verbrennung verschiedener Materialien (Fett, Öl, Holz, Plastik) Zusammensetzung von Rauch (CO, CO₂, NO_x, ...) und dessen Auswirkung auf Menschen, Tiere und Pflanzen

Abb. 2.9: Ausschnitt einer curricularen Matrix des „Lernfelds 3: Veranstaltungs- und Produktionsstätten beurteilen“ des Ausbildungsberufs „Fachkraft für Veranstaltungstechnik“, in der negative Wissensaspekte integriert wurden.

3 Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes

In Abschn. 2.4 wird beschrieben, inwiefern die Vermittlung negativen Wissens im beruflichen Unterricht eine attraktive Möglichkeit darstellt, Lernende beim Erwerb umfassender beruflicher Kompetenzen zu unterstützen. Der Vorteil besteht darin, dass negatives Wissen in Kombination mit einschlägigem positiven Wissen gewisse Funktionen erfüllt, die das Erzielen einer umfangreichen beruflichen Handlungsfähigkeit der Lernenden begünstigen. Durch die Möglichkeit des Darstellens advokatorischer Situationen im Unterricht können Schüler außerdem viele Erfahrungen sammeln, für die sie sonst schwerwiegende Fehler begehen müssten. Dies hat zur Folge, dass die Lernenden sehr starkes negatives Wissen aufbauen können, ohne dabei Gefahr zu laufen, dass sie aufgrund ihrer Fehler negativ beschämt werden. Dies hätte in vielen Fällen eine Blockade des Aufbaus negativen Wissens zur Folge.

Um diese Einflüsse negativen Wissens auf den Kompetenzerwerb von Schülern ermitteln zu können, soll untersucht werden, ob bei Unterrichtseinheiten, die auf die Vermittlung negativen Wissens ausgerichtet sind, auch tatsächlich die in Abschnitt 2.2.2 beschriebenen Funktionen feststellbar sind, da deren Ausmaß einen Indikator für die Sinnhaftigkeit der Vermittlung negativen Wissens darstellt. Parallel dazu sollen auch die Auswirkungen der Darstellung advokatorischer Situationen bezüglich des Erwerbs negativen Wissens und der Vermeidung einer negativen Beschämung der Lernenden untersucht werden. Zu diesem Zweck wird eine auf die Vermittlung negativen Wissens ausgerichtete Unterrichtssequenz geplant. Im Anschluss an die Sequenz kann die Intensität der verschiedenen Funktionen und die Effektivität advokatorischer Situationen durch eine Befragung der Schüler mittels eines Fragebogens festgestellt werden. In diesem werden Items formuliert, die sich einerseits auf die unmittelbar zuvor gehaltene Unterrichtssequenz und andererseits auch auf allgemeine Unterrichts- und Berufsaspekte beziehen.

Wie in Abschnitt 2.1.2 beschrieben, müssen Lehrkräfte unterrichtliche Entscheidungen mit einem gewissen Maß an wissenschaftlicher Legitimation treffen. Heimann (1962, zit. n. Riedl 2010, S. 103) zielt mit dem Berliner Modell der Didaktik auf eine wissenschaftliche Aufhellung praktischen Unterrichts ab, wodurch genau diese Legitimierung stattfinden kann. Vor diesem Hintergrund sollen bei der Planung von Unterrichtssequenzen zuerst die anthropogenen und soziokulturellen Voraussetzungen

der Schüler im Sinne einer Analyse der Lerngruppen und der Rahmenbedingungen des Unterrichts geklärt werden. Anschließend werden die Intentionen bzw. Lernziele sowie die Inhalte des Unterrichts ermittelt. Dies erfolgt über die Festlegung der zu unterrichtenden Lernfelder sowie deren Explikation in curricularen Matrizen. Anwendbare Methoden und Medien, mit denen die Lernziele erreicht bzw. die Inhalte vermittelt werden können, werden darauf aufbauend analysiert. Sobald die anthropogenen und soziokulturellen Voraussetzungen des Unterrichts geklärt und die Entscheidungen bzgl. der intentionalen, inhaltlichen, methodischen und medialen Gestaltung des Unterrichts getroffen sind, kann darauf aufbauend eine Unterrichtssequenz geplant werden. Diese Schritte werden im folgenden Abschnitt durchgeführt.

3.1 Analyse der Lerngruppen und der Rahmenbedingungen

Die Unterrichtssequenz zur Untersuchung des Einflusses negativen Wissens auf den Kompetenzerwerb von Schülern wird an den Beruflichen Schulen Altötting durchgeführt. Die Schüler der zu unterrichtenden Klassen befinden sich im 2. Ausbildungsjahr der Berufe „Elektroniker/in für Automatisierungstechnik“, „Elektroniker/in für Betriebstechnik“, „Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik“ und „Mechatroniker/in“. Zusätzlich wird der Unterricht in einer Klasse der „Fachschule für Elektrotechnik“ im zweiten Schuljahr gehalten. Aus demografischer Sicht befindet sich die Schule im ländlichen Raum und die Schüler kommen aus der Industrie und dem Maschinenbau.

Der Großteil der involvierten Schüler ist von deutscher Nationalität, wodurch signifikante sprachliche Verständnisschwierigkeiten während des Unterrichts weitestgehend ausgeschlossen werden können. Ferner besitzen die meisten Schüler den mittleren Schulabschluss und haben daher durchschnittlich ausgeprägte kognitive Fähigkeiten. Aufgrund ihrer Ausbildung zeichnet sich der Großteil der Schüler durch handwerkliche Begabung aus und bringt gute bis sehr gute motorische Fähigkeiten mit. Praktische Unterrichtsabschnitte können daher relativ unkompliziert in das Unterrichtsgeschehen mit integriert werden. Nachdem sich die Schüler bereits in der zweiten Hälfte ihrer Berufsausbildung befinden, müssen grundlegende fachliche Begrifflichkeiten nicht mehr erklärt werden. Bei anspruchsvollen elektrotechnischen Problematiken sollte zu Beginn neuer Themen jedoch insbesondere bei den Schülern der Fachrichtung Mechatronik darauf geachtet werden, dass spezielle Fachbegriffe von allen Schülern verstanden werden.

Der Unterrichtsraum ist ein integrierter Fachunterrichtsraum. Dieser hat im vorderen Teil 32 Arbeitsplätze vor einer Tafel sowie einer Präsentationswand mit Beamer und Dokumentenkamera. Im hinteren Teil des Unterrichtsraums befinden sich 8 Arbeitsplätze mit Lochwänden und Spannungsversorgung (24V Gleichspannung und 400V Dreiphasen Wechselspannung). Material für steuerungstechnische Aufbauten sowie Motorteststände befinden sich in Schränken im Raum. Elektrotechnische

Werkzeuge und Messgeräte sind an allen 8 Arbeitsplätzen vorhanden, lediglich einzelne Spezialmessgeräte müssen von jeweils 2 bis 3 Arbeitsplätzen gemeinsam genutzt werden. Für die Untersuchung ist eine Gruppenarbeitsphase an insgesamt 6 Praxisarbeitsplätzen geplant. Bei Schülerzahlen von mehr als 18 Schülern pro Klasse wird der Unterricht dementsprechend in geteilten Klassen erteilt, um zu große Schülergruppen während der Praxisphase zu vermeiden.

3.2 Festlegung der Lernziele und Inhalte der Unterrichtssequenz

Bezüglich der Lernziele und Inhalte liegen der zu planenden Unterrichtssequenz die Rahmenlehrpläne aus den Beschlüssen der Kultusministerkonferenz zu Grunde. Inhaltlich wurde das Thema „Drehstrom-Asynchronmotoren“ gewählt, daher wurden als Grundlage für die Unterrichtssequenz bei den Elektronikern der Fachrichtungen Automatisierungstechnik und Energie- und Gebäudetechnik das „Lernfeld 8: Energiewandlungssysteme auswählen und integrieren“ (vgl. Abb. 9.3 im Anhang), bei den Elektronikern der Fachrichtung Betriebstechnik das „Lernfeld 8: Antriebssysteme auswählen und integrieren“ (vgl. Abb. 9.4 im Anhang), bei den Mechatronikern das „Lernfeld 7: Realisieren mechatronischer Teilsysteme“ (vgl. Abb. 9.1 im Anhang) sowie bei den Fachschülern das „Lerngebiet 2: Wechselstrommaschinen untersuchen“ des Wahlpflichtfachs „Elektrische Maschinen und Antriebe“ (vgl. Abb. 9.5 im Anhang) gewählt. Diese Lernfelder wurden, unter Berücksichtigung sowohl positiver als auch negativer Wissensaspekte, in curriculare Matrizen expliziert, wie es schematisch in Abschn. 2.5 dargestellt wurde. Die Matrizen sind in den Abb. 3.1, 3.2, 3.3 und 3.4 dargestellt.

In den curricularen Matrizen aller Fachrichtungen befinden sich Performanzen, die u.a. auf das Errichten, Messen, Dokumentieren und Inbetriebnehmen von Drehstrom-Asynchronmotoren abzielen. Inhaltlich werden u.a. im Bereich des negativen Sachwissens „Fehlerarten bei verschiedenen Motoren“ und „Betriebswerte von Motoren bei verschiedenen Fehlern“ aufgeführt. Im Bereich des negativen Prozesswissens findet sich in allen Matrizen die „Fehlersuche bei versch. Motoren“ sowie die „Dokumentation der Fehlersuche in Prüfprotokollen“ und im Bereich des negativen Reflexionswissens ist in allen Fachrichtungen der Aspekt der „Auswirkungen der Verwendung von Maschinen bzw. Stoffen bei unzulässigen Bedingungen“ zu verorten. Nachdem in der Untersuchung die Auswirkungen negativen Wissens auf den Kompetenzerwerb getestet werden sollen, bietet es sich bzgl. der Intentionen und Inhalte des Unterrichts in allen Fachrichtungen an, eine Unterrichtssequenz zu planen, in welcher es thematisch um die Fehlersuche bei Drehstrom-Asynchronmotoren geht. Dabei können die verschiedenen Fehlerarten vorgestellt, deren Folgen auf Motoren anhand von Anschauungsobjekten dargestellt sowie deren Betriebswerte im Zuge einer Fehlersuche ermittelt und dokumentiert werden.

Curriculare Matrix		Ausbildungsberufe: Elektroniker/in für Automatisierungstechnik, Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik, 2. Ausbildungsjahr Lernfeld 8: Energiewandlungssysteme auswählen und integrieren		
Index	Performanz Die Lernenden...	Korrespondierendes Wissen		
		Pos. Sachwissen Neg. Sachwissen	Pos. Prozesswissen Neg. Prozesswissen	Pos. Reflexionswissen Neg. Reflexionswissen
LF8-1	... planen Energiewandlungssysteme unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer Anforderungen, Normen und Vorschriften.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutzeinrichtungen ▪ Struktur von Antriebssystemen ▪ Stellglieder ▪ Arten von Motoren ▪ Drehfrequenzsteuerung ▪ Frequenzumrichter 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anlass- und Bremsverfahren ▪ Prüfverfahren 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elektrische Leistung ▪ Wirkungsgrad ▪ Drehmoment ▪ Magnetische Grundlagen ▪ Wechsel- & Drehstrom
LF8-2	... wählen die Geräte, Baugruppen und Schutzeinrichtungen unter Berücksichtigung der Kundenvorgaben sowie nach funktionalen, wirtschaftlichen und nachhaltigen Aspekten aus und dimensionieren diese.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elektromechanische Komponenten ▪ Bauformen ▪ Betriebsarten ▪ Schutzarten ▪ Energieeffizienzklassen ▪ Kühlung von Maschinen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Folgen der Missachtung von Sicherheitsregeln auf den menschlichen Körper ▪ Fehlerquellen bei Verwendung falscher Schutzarten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchführung von Kundenaufträgen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gefährliche Körperströme ▪ Auslöseströme von RCDs und Sicherungen ▪ Auswirkungen der Verwendung von Maschinen bzw. Stoffen bei unzulässigen Bedingungen
LF8-3	... installieren und erweitern Energiewandlungssysteme. Sie nehmen die Systeme in Betrieb und stellen Parameter ein.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stern-Dreieckschaltung ▪ Dahlanderschaltung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fehlerarten bei verschiedenen Motoren 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fachgerechtes Anschließen von Motoren ▪ Errichten einfacher Steuerkreise <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verhalten und einzuhaltende Schritte im Fehlerfall 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EVA-Prinzip
LF8-4	... überprüfen die Funktion der Energiewandlungssysteme, nehmen eine systematische Fehlersuche vor und beseitigen Fehler. Sie erstellen Dokumentationen zu den Energiewandlungssystemen, erläutern den Kunden deren Leistungsmerkmale und weisen in die Nutzung ein.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elektromagnetische Verträglichkeit ▪ Fachgespräche ▪ Motor-Typenschild ▪ Motorkennlinien ▪ Schaltpläne <ul style="list-style-type: none"> ▪ Motorkennlinien bei fehlerhafter Beschaltung ▪ Betriebswerte von Motoren bei versch. Fehlern 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anlagenprüfung nach DIN VDE 0100-600 ▪ Wiederholungsprüfung nach DIN VDE 0100-105 ▪ Erstellen technischer Dokumentationen ▪ Darstellung von Funktionsplänen ▪ Messen von Signalen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fehlersuche bei versch. Motoren ▪ Dokumentation der Fehlersuche in Prüfprotokollen ▪ Überprüfen bestehender Erdverbindungen und Schutzmaßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Funktionsweisen versch. Messgeräte
LF8-5	...	....	...	...

Abb. 3.1: Ausschnitt einer curricularen Matrix des „Lernfelds 8: Energiewandlungssysteme auswählen und integrieren“ der Ausbildungsberufe „Elektroniker/in für Automatisierungstechnik“ und „Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik“, in der negative Wissensaspekte integriert wurden.

Curriculare Matrix		Ausbildungsberuf: Elektroniker/in für Betriebstechnik, 2. Ausbildungsjahr Lernfeld 8: Antriebssysteme auswählen und integrieren		
Index	Performanz Die Lernenden...	Korrespondierendes Wissen		
		Pos. Sachwissen Neg. Sachwissen	Pos. Prozesswissen Neg. Prozesswissen	Pos. Reflexionswissen Neg. Reflexionswissen
LF8-1	... errichten elektrische und pneumatische Antriebe, prüfen diese und führen nach der Parametrierung der Komponenten die Inbetriebnahme durch.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Struktur von Antriebssystemen ▪ Stellglieder ▪ Arten von Motoren ▪ Geräte und Baugruppen von Antrieben ▪ Drehzahlsteuerung ▪ Frequenzumrichter ▪ Stern-Dreieckschaltung ▪ Dahlanderschaltung ▪ Fehlerarten bei verschiedenen Motoren 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prüfverfahren ▪ Anlass- und Bremsverfahren ▪ Fachgerechtes Anschließen von Motoren ▪ Errichten einfacher Steuerkreise ▪ Verhalten und einzu-haltende Schritte im Fehlerfall 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EVA-Prinzip ▪ Elektrische Leistung ▪ Wirkungsgrad ▪ Drehmoment ▪ Magnetische Grundlagen ▪ Wechsel- & Drehstrom
LF8-2	... messen und dokumentieren Betriebswerte, erstellen rechnergestützt technische Dokumentationen sowie Schaltungsunterlagen, präsentieren diese den Nutzern und weisen sie ein.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fachgespräche ▪ Motor-Typenschild ▪ Motorkennlinien ▪ Energieeffizienzklassen ▪ Schaltpläne ▪ Motorkennlinien bei fehlerhafter Beschaltung ▪ Betriebswerte von Motoren bei versch. Fehlern 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erstellen technischer Dokumentationen ▪ Durchführung von Kundenaufträgen ▪ Darstellung von Funktionsplänen ▪ Messen von Signalen ▪ Fehlersuche bei versch. Motoren ▪ Dokumentation der Fehlersuche in Prüfprotokollen ▪ Überprüfen bestehender Erdverbindungen und Schutzmaßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Funktionsweisen versch. Messgeräte
LF8-3	... wenden Normen, Vorschriften und Regeln für die Errichtung und den Betrieb von elektrischen Antrieben an und beachten die Bestimmungen des Arbeits- und Umweltschutzes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutzeinrichtungen ▪ Bauformen ▪ Betriebsarten ▪ Schutzarten ▪ Kühlung von Maschinen ▪ Elektromagnetische Verträglichkeit ▪ Folgen der Missachtung von Sicherheitsregeln auf den menschlichen Körper ▪ Fehlerquellen bei Verwendung falscher Schutzarten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anlagenprüfung nach DIN VDE 0100-600 ▪ Wiederholungsprüfung nach DIN VDE 0100-105 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gefährliche Körperströme ▪ Auslöseströme von RCDs und Sicherungen ▪ Auswirkungen der Verwendung von Maschinen bzw. Stoffen bei unzulässigen Bedingungen
LF8-4	...	...	...	...

Abb. 3.2: Ausschnitt einer curricularen Matrix des „Lernfelds 8: Antriebssysteme auswählen und integrieren“ des Ausbildungsberufs „Elektroniker/in für Betriebstechnik“, in der negative Wissensaspekte integriert wurden.

Curriculare Matrix		Ausbildungsberuf: Mechatroniker/in, 2. Ausbildungsjahr Lernfeld 7: Realisieren mechatronischer Teilsysteme		
Index	Performanz Die Lernenden...	Korrespondierendes Wissen		
		Pos. Sachwissen Neg. Sachwissen	Pos. Prozesswissen Neg. Prozesswissen	Pos. Reflexionswissen Neg. Reflexionswissen
LF7-1	... kennen Möglichkeiten zur Realisierung von Linear- und Rotationsbewegungen mittels elektrischer, pneumatischer und hydraulischer Komponenten und wenden Kenntnisse über Steuerungen und Regelungen an, um Weg- und Bewegungsrichtung zu beeinflussen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundsaltungen und Wirkungsweise von Antrieben ▪ Stellglieder ▪ Arten von Motoren ▪ Geräte und Baugruppen von Antrieben ▪ Drehzahlsteuerung ▪ Frequenzumrichter ▪ Stern-Dreieckschaltung ▪ Dahlanderschaltung ▪ Fehlerarten bei verschiedenen Motoren 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Programmierung von Bewegungsabläufen und Steuerungsfunktionen ▪ Darstellung von Antriebseinheiten und Funktionsplänen ▪ Anlass- und Bremsverfahren ▪ Errichten von Steuerkreisen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EVA-Prinzip ▪ Elektrische Leistung ▪ Wirkungsgrad ▪ Drehmoment ▪ Magnetische Grundlagen ▪ Wechsel- & Drehstrom
LF7-2	... prüfen die Funktion von Komponenten anhand von Signaluntersuchungen und Datenanalyse und beseitigen Fehler.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Motor-Typenschild ▪ Motorkennlinien ▪ Schaltpläne ▪ Motorkennlinien bei fehlerhafter Beschaltung ▪ Betriebswerte von Motoren bei versch. Fehlern ▪ Fehlerquellen bei Verwendung unzulässiger Geräte bzw. Komponenten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prüfverfahren ▪ Darstellung von Funktionsplänen ▪ Messen von Signalen ▪ Prozessdaten auslesen, verarbeiten und interpretieren ▪ Verhalten und einzu- haltende Schritte im Fehlerfall ▪ Fehlersuche bei versch. Motoren ▪ Dokumentation der Fehlersuche in Prüfprotokollen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Funktionsweisen versch. Messgeräte ▪ Auswirkungen der Verwendung von Maschinen bzw. Stoffen bei unzulässigen Bedingungen
LF7-3	...	...	...	...

Abb. 3.3: Ausschnitt einer curricularen Matrix des „Lernfelds 7: Realisieren mechatronischer Teilsysteme“ des Ausbildungsberufs „Mechatroniker/in“, in der negative Wissensaspekte integriert wurden.

Curriculare Matrix		Fachschule für Elektrotechnik, 2. Schuljahr Wahlpflichtfach „Elektrische Maschinen und Antriebe“ Lerngebiet 2: Wechselstrommaschinen untersuchen		
Index	Performanz Die Lernenden...	Korrespondierendes Wissen		
		Pos. Sachwissen Neg. Sachwissen	Pos. Prozesswissen Neg. Prozesswissen	Pos. Reflexionswissen Neg. Reflexionswissen
LG2-1	... verschaffen sich einen Überblick über die verschiedenen Wechselstrommaschinen und deren Einsatzmöglichkeiten.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einphasen- und Drehstromtransformatoren ▪ Arten von Motoren ▪ Stern-Dreieckschaltung ▪ Dahlanderschaltung ▪ Bauformen ▪ Betriebsarten ▪ Schutzarten ▪ Kühlung von Maschinen ▪ Motor-Typenschild ▪ Folgen der Missachtung von Sicherheitsregeln auf den menschlichen Körper ▪ Fehlerquellen bei Verwendung falscher Schutzarten ▪ Fehlerarten bei verschiedenen Motoren 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anlass- und Bremsverfahren ▪ Prüfverfahren ▪ Verhalten und einzu-haltende Schritte im Fehlerfall 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elektrische Leistung ▪ Wirkungsgrad ▪ Drehmoment ▪ Magnetische Grundlagen ▪ Wechsel- & Drehstrom ▪ Gefährliche Körperströme ▪ Auslöseströme von RCDs und Sicherungen ▪ Auswirkungen der Verwendung von Maschinen bzw. Stoffen bei unzulässigen Bedingungen
LG2-2	... erkunden den Aufbau und die Wirkung des rotierenden, magnetischen Feldes und setzen ihre Kenntnisse der Energieübertragung im Transformator auf eine rotierende Maschine mit Luftspalt um.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Struktur von Antriebssystemen ▪ Elektromagnetische Verträglichkeit ▪ Energieeffizienzklassen ▪ Schaltpläne elektrischer Maschinen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berechnung der Betriebsgrößen von Transformatoren, Synchron- und Asynchronmaschinen ▪ Darstellung von Funktionsplänen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Galvanische Trennung ▪ Magnetische Kreise
LG2-3	... beurteilen die Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Maschinen an praktischen Problemstellungen und befassen sich mit den Einflussmöglichkeiten von Frequenzumrichtern auf das jeweilige Betriebsverhalten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unterschiede zwischen Synchron- und Asynchronmaschinen ▪ Drehfrequenzsteuerung ▪ Energieversorgung über Frequenzumrichter ▪ Motorkennlinien ▪ Fachgespräche ▪ Motorkennlinien bei fehlerhafter Beschaltung ▪ Betriebswerte von Motoren bei versch. Fehlern 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fachgerechtes Anschließen von Motoren ▪ Anlagenprüfung nach DIN VDE 0100-600 ▪ Wiederholungsprüfung nach DIN VDE 0100-105 ▪ Erstellen technischer Dokumentationen ▪ Messen von Signalen ▪ Fehlersuche bei versch. Motoren ▪ Dokumentation der Fehlersuche in Prüfprotokollen ▪ Überprüfen bestehender Erdverbindungen und Schutzmaßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Funktionsweisen versch. Messgeräte
LG2-4	...	...	...	...

Abb. 3.4: Ausschnitt einer curricularen Matrix des „Lerngebiets 2: Wechselstrommaschinen untersuchen“ des Wahlpflichtfachs „Elektrische Maschinen und Antriebe“ der Fachschule für Elektrotechnik, in der negative Wissensaspekte integriert wurden.

3.3 Analyse der methodischen und medialen Ausgestaltungsmöglichkeiten der Unterrichtssequenz

Aus methodischer Sicht kann bei der Unterrichtssequenz mit einer Frontalunterricht-Phase begonnen werden. Für den Unterrichtseinstieg sollten die Schüler durch eine praxisnahe Problemstellung an das Unterrichtsthema herangeführt werden. Um bestimmte Fehlerarten im späteren Unterrichtsverlauf anhand von Anschauungsobjekten erkennen zu können, müssen die Fehler bereits im Vorfeld behandelt werden. Für die theoretische Aufarbeitung bietet sich ein fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch an, dabei sollte jedoch darauf geachtet werden, diese Unterrichtsphase so kurz wie möglich zu gestalten, um die Gefahr eines Abschweifens der Schüler zu minimieren. Aus medialer Sicht können die Ergebnisse des Gesprächs über einen Tafelanschrieb oder einen Hefteintrag bzw. ein Arbeitsblatt mittels Dokumentenkamera und Beamer gesichert werden. Im Anschluss können den Lernenden die Auswirkungen der verschiedenen Fehlerarten präsentiert werden, dies kann an verschiedenen Anschauungsobjekten gezeigt werden. Nachdem die Motorenfehler aus Kostengründen nicht bei jeder Klasse an konkreten Geräten reproduziert werden können, bietet sich die Möglichkeit, die Auswirkungen des Betriebs der Maschinen bei Fehlern oder unzulässigen Bedingungen anhand von Videos zu zeigen.

In der nächsten Unterrichtsphase können die Schüler in Gruppen eingeteilt werden, um an Motoren eine Fehlersuche durchzuführen. Als Lernmedien sollten den Schülern zu diesem Zweck echte defekte Motoren zur Verfügung gestellt werden, an denen die Lernenden eine reale Fehlersuche erproben können. Diese sollte überdies in einem Prüfprotokoll dokumentiert werden. Um ein selbständiges Arbeiten seitens der Lernenden erwirken zu können, müssen den Schülern Anleitungen zur Demontage von Motoren und zur fachgerechten Verwendung der erforderlichen Messgeräte zur Verfügung gestellt werden. Aus zeitlichen Gründen werden die Schüler nicht jeden einzelnen Fehlerfall bearbeiten können, daher bietet sich die Gelegenheit, den Gruppen den Austausch ihrer Ergebnisse durch gegenseitige Vorträge im Plenum zu ermöglichen, hierbei sollte auf den Rückbezug zur ursprünglichen Problemstellung geachtet werden. Zur lückenlosen Sicherung der Ergebnisse werden die aufgenommenen Messwerte bei den verschiedenen Fehlern von den jeweiligen Gruppen in eine gemeinsame Tabelle eingetragen, welche in der nächsten Unterrichtseinheit durch die Lehrkraft an alle Schüler verteilt wird.

3.4 Erstellen der Medien und Materialien der Unterrichtssequenz

Wie in Abschn. 3.3 bereits beschrieben, soll der Einstieg der Unterrichtssequenz über eine praxisnahe Problemstellung erfolgen. Diese fungiert als „roter Faden“, welcher sich durch die gesamte Unterrichtssequenz zieht und muss daher die Notwendigkeit des Kennens der verschiedenen Fehlerarten von Drehstrom-Asynchronmotoren aufgreifen und die anschließende Praxisphase mit Fehlersuche und deren Dokumentation initiieren. Zu diesem Zweck wurde ein praxisnaher fiktiver Kundenauftrag in Textform erstellt, der von den Lernenden zu Beginn der Stunde vorgelesen und kurz diskutiert wird. Die Problemstellung ist in Abb. 9.6 im Anhang dargestellt.

Im Anschluss an die Präsentation der Problemstellung folgt ein fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch mit dem Ziel, die verschiedenen Fehlerarten bei Drehstrom-Asynchronmotoren bzw. elektrischen Maschinen allgemein zu erörtern. Das Unterrichtsgespräch wird dabei durch die Problemstellung initiiert. Die Ergebnissicherung erfolgt mittels eines Arbeitsblatts, dieses ist in Abb. 9.7 dargestellt. Ein Lösungsvorschlag zum Arbeitsblatt ist in Abb. 9.8 gezeigt. Ein Tafelanschrieb würde sich hierbei auch anbieten, auf diesen wird jedoch verzichtet, da er aufgrund der notwendigen schemenhaften Zeichnung eines Drehstrom-Asynchronmotors wesentlich mehr Zeit in Anspruch nehmen würde als das Ausfüllen eines Arbeitsblatts. Als nächstes werden den Lernenden die Auswirkungen der zuvor erschlossenen Fehlertypen auf Drehstrom-Asynchronmotoren demonstriert. Dies erfolgt über ein 23-minütiges Lehrvideo, welches über den Beamer dargestellt wird. Das Video greift thematisch wiederum den in der Problemstellung beschriebenen Kundenauftrag auf und zeigt echte Motoren, die auf sechs verschiedene Arten kaputt gehen.

Anschließend werden die Schüler in sechs Gruppen eingeteilt - eine Gruppe für jeden Fehler. Der Unterricht wird daraufhin an die Praxisarbeitsplätze verlagert. Nun dürfen die Lernenden eine Fehlersuche an jeweils einem der sechs Motoren durchführen, die sie kurz zuvor in den Videos gesehen haben, an den Drehstrommotoren liegt dabei keine elektrische Spannung an. Um Unklarheiten bzgl. der genauen Vorgehensweise bei der Fehlersuche vorzubeugen, werden den Schülern die auszuführenden Arbeitsaufträge in Form eines Arbeitsblatts bereitgestellt. Dieses ist in den Abb. 9.9 und 9.10 im Anhang dargestellt. In den Aufträgen wird auf Lehrvideos verwiesen, in denen der Umgang mit den erforderlichen Messgeräten erklärt wird. Auf einem zusätzlichen Arbeitsblatt befindet sich des Weiteren ein Leittext zur Demontage elektrischer Maschinen. Die Demontage ist für die Begutachtung und Beurteilung der Motoren notwendig. Der Leittext ist in den Abb. 9.11 und 9.12 abgebildet. Während der Fehlersuche füllen die Lernenden ein realistisches Motor-Prüfprotokoll aus, in welchem Sie ihre Messwerte dokumentieren und, im Bezug auf die Problemstellung, über mögliche Reparaturmaßnahmen entscheiden. Eine Darstellung des Prüfprotokolls ist in den Abb. 9.13 und 9.14 zu finden.

Nach Abschluss der Fehlersuche präsentieren die einzelnen Gruppen den jeweils anderen Schülern

ihren Motorenfehler sowie ihre Messwerte und bringen dabei die ursprüngliche Problemstellung zum Abschluss. Eine Reparatur des Motors ist hierbei nicht angedacht, einerseits aus Zeit- und Kostengründen, andererseits aus dem Grund, dass die Motoren für zukünftige Unterrichtseinheiten in anderen Klassen erneut gebraucht werden. Die demontierten Motoren werden von den Lernenden unter Verwendung des Leittextes wieder zusammengesetzt und aufgeräumt, alle verwendeten Werkzeuge und Messgeräte werden an ihren ursprünglichen Platz gelegt. Während den Aufräumarbeiten trägt jeweils ein Gruppenmitglied die Messwerte seines Motors in eine gemeinsame Tabelle ein. Diese wird von der Lehrkraft nach der Unterrichtssequenz kopiert und in der nächsten Unterrichtseinheit ausgeteilt, damit jeder Schüler die Messwerte aller Motoren und Fehlerarten zur Verfügung hat. Die gemeinsame Messwerttabelle ist in Abb. 9.15 im Anhang abgebildet.

Aus diesem Unterrichtskonzept ergibt sich der in Abb. 3.5 dargestellte Unterrichtsverlaufsplan. Insgesamt wird für die Unterrichtssequenz ein Zeitraum von drei Unterrichtseinheiten bzw. 135 Minuten angesetzt.

Zeit	Beschreibung/ Inhalt	Aktivitäten von LuL und SuS	Sozialform	Medien / Materialien
5 min	Einführung mit Vorstellen der Problemstellung	<ul style="list-style-type: none"> Begrüßung der Schüler. Auswählen eines Schülers, der die Problemstellung vorliest. Klärung der Aufgaben, die im Laufe der Unterrichtssequenz erledigt werden müssen. 	Frontalunterricht	<ul style="list-style-type: none"> Beamer Dokumentenkamera
15 min	Arbeitsblatt zu den verschiedenen Fehlermöglichkeiten elektrischer Maschinen	<ul style="list-style-type: none"> Fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch zwischen Lehrkraft und Schülern, in dem die verschiedenen Fehlerarten von elektrischen Maschinen diskutiert werden. Ergebnissicherung in Form eines Arbeitsblatts. 	Frontalunterricht	<ul style="list-style-type: none"> Arbeitsblatt Beamer Dokumentenkamera
25 min	Video über die Fehlerarten von Drehstrom-Asynchronmotoren	<ul style="list-style-type: none"> Vorstellung eines Videos über die verschiedenen Fehlerarten von Drehstrom-Asynchronmotoren. 	Frontalunterricht	<ul style="list-style-type: none"> Beamer
5 min	Einteilung der Schülergruppen	<ul style="list-style-type: none"> Einteilung der Schüler in sechs Gruppen – eine Gruppe für jeden verfügbaren Motor. Verlagerung des Unterrichts an die Praxisarbeitsplätze Austeilen der Arbeitsblätter mit den Arbeitsaufträgen, dem Leittext zur Motordemontage, Leihvideolinks zur Arbeit mit speziellen Messgeräten und dem Prüfprotokoll für die Fehlersuche. Erklären des anschließenden Ablaufs der Fehlersuche. 	Plenum	<ul style="list-style-type: none"> Arbeitsblätter
60 min	Fehlersuche an defekten Drehstrom-Asynchronmotoren	<ul style="list-style-type: none"> Fehlersuche an den defekten Motoren aus dem zuvor gezeigten Video durch die Schüler. Dokumentation der Fehlersuche im Prüfprotokoll durch die Schüler. 	Gruppenarbeit	<ul style="list-style-type: none"> Arbeitsblätter Defekte Drehstrom-Asynchronmotoren Messgeräte und Werkzeuge
10 min	Präsentation der Motorenfehler	<ul style="list-style-type: none"> Vorstellung der Ergebnisse unter Rückbezug auf die anfängliche Problemstellung seitens der Schüler. Objektivierung seitens der Lehrkraft. 	Plenum	<ul style="list-style-type: none"> Arbeitsblätter Defekte Drehstrom-Asynchronmotoren
15 min	Aufräumen der Motoren	<ul style="list-style-type: none"> Zusammensetzen und Aufräumen der demontierten Motoren durch die Schüler. Aufräumen der verwendeten Messgeräte und Werkzeuge. Eintragen der Messwerte in eine gemeinsame Tabelle durch jeweils ein Gruppenmitglied. Verabschiedung der Schüler. 	Gruppenarbeit	<ul style="list-style-type: none"> Arbeitsblätter Defekte Drehstrom-Asynchronmotoren Messgeräte und Werkzeuge

Abb. 3.5: Unterrichtsverlaufsplan zur Unterrichtssequenz über die Fehlerarten von Drehstrom-Asynchronmotoren.

4 Methodisches Vorgehen der Untersuchung

Bei allen Schülergruppen, die an der Untersuchung der Auswirkungen negativen Wissens auf den Kompetenzerwerb teilnehmen, wird dieselbe Unterrichtssequenz gehalten, die Untersuchung wird bei jeder Schülergruppe nur einmal durchgeführt. Daher handelt es sich hierbei um eine Querschnittstudie. Inhaltlich soll bei der Untersuchung mit Hilfe von persönlichen Einschätzungen der Lernenden festgestellt werden, welchen Einfluss negatives Wissen auf den Kompetenzerwerb von Schülern hat. Hierzu werden die Schüler bezüglich Unterrichtssituationen, in denen negatives Wissen vermittelt wird, befragt. Da die Ergebnisse einer Querschnittstudie grundsätzlich rein beschreibenden Charakter haben, besteht die Zielsetzung in erster Linie darin, Anhaltspunkte zu liefern, welche Aspekte negativen Wissens für den Kompetenzerwerb förderlich zu sein scheinen und bei welchen Aspekten nur wenig Effektivität zu erwarten ist. Diese Anhaltspunkte können als Orientierung für zukünftige Forschungsprojekte verwendet werden.

Die Ergebnisse der Untersuchung werden mit Hilfe eines Schülerfragebogens ermittelt. Dieser wurde mit dem Online-Umfrageersteller „Microsoft Forms“ gestaltet. Durch diese Form der Datenerhebung ist der Zeit- bzw. Arbeitsaufwand für die teilnehmenden Schüler relativ gering, außerdem können hierdurch mehrere Themen unter Betrachtung verschiedener Gesichtspunkte untersucht werden. Die Datenerhebung erfolgt hierbei anonym. Der Fragebogen beinhaltet insgesamt 29 Items, die vorrangig als Single-Choice-Fragen mit vier Antwortmöglichkeiten konzipiert wurden - 1. „Trifft gar nicht zu“, 2. „Trifft eher nicht zu“, 3. „Trifft eher zu“ und 4. „Trifft voll zu“. Das Antwortformat dieser Ratingskala suggeriert gleiche Abstände zwischen den einzelnen Antwortmöglichkeiten und wird daher als Intervallskaliert betrachtet. Durch die Verwendung von nur vier Antwortmöglichkeiten soll den ungewünschten Antworttendenzen zur Mitte bzw. zur Härte entgegengesteuert werden, auf diese Weise wird die Validität des Fragebogens erhöht. Zur Steigerung der Reliabilität werden die Fragen so prägnant wie möglich formuliert.

Bei der Konstruktion des Schülerfragebogens wurde nach dem Erstellen einer ersten Version eine umfangreiche Revision durchgeführt. Hierzu wurden mehrere Lehrkräfte der Beruflichen Schulen Altötting bezüglich den Inhalten und Formulierungen der jeweiligen Items sowie der vierfach abgestuften Ratingskala befragt. Nach der Überarbeitung des Fragebogens wurde zudem mit einem Pretest überprüft, ob die Verständlichkeit der Fragen, die Länge des Fragebogens sowie die Bearbeitungsdauer

für die Zielgruppe angemessen ist. Hierfür konnten keine Schüler aus der Zielgruppe befragt werden, da die Kenntnis der in der Unterrichtssequenz vermittelten Inhalte unerlässlich für die Bearbeitung eines Großteils des Fragebogens ist. Aus diesem Grund wurden hierfür erneut erfahrene Lehrkräfte der Beruflichen Schulen Altötting darum gebeten, an dem Pretest teilzunehmen und sich dabei so gut wie möglich in die Lage der Zielgruppe hineinzusetzen. Nach einer letzten Revision wurden alle Items in die oben erwähnte Microsoft-Forms-Umfrage eingepflegt. Aufgrund der im Pretest erprobten relativ kurzen Ausfülldauer des Fragebogens von weniger als fünf Minuten wurde auf die Integration negativ formulierter Items zur Überprüfung der Antwortplausibilität verzichtet. Es gibt weiterhin keine objektiv richtigen oder falschen Antworten bzw. Punktabzug, es sollen lediglich Meinungen und persönliche Einschätzungen der Schüler zur anschließenden Auswertung ermittelt werden.

Die erste Frage bezieht sich lediglich auf die berufliche Fachrichtung der Schüler. Bei zwei weiteren Fragen wurde eine Verzweigung eingerichtet, da die darauf folgenden Items nur unter bestimmten Umständen beantwortet werden können. Falls diese Umstände nicht erfüllt werden, entfällt das jeweils nachfolgende Item. Diese beiden Verzweigungsfragen werden aus diesem Grund nicht in die Auswertung miteinbezogen. In dem Fragebogen befindet sich außerdem eine offene Frage, bei der die Schüler schriftliche Anmerkungen zur durchgeführten Unterrichtssequenz treffen können. Diese Frage kann nicht quantitativ ausgewertet werden und wird daher gesondert betrachtet. In Summe umfasst der Fragebogen daher 25 quantitativ auswertbare Items sowie eine qualitativ auswertbare offene Frage. Eine Liste aller Items ist in den Abb. 4.1 und 4.2 dargestellt, überdies sind Screenshots des Fragebogens in den Abb. 9.16, 9.17 und 9.18 im Anhang abgebildet.

Item Nr.	Thema	Frage	Bem.
1	1	Durch diese Unterrichtsstunde fühle ich mich besser darauf vorbereitet, eine Fehlersuche an Drehstrom-Asynchronmotoren durchzuführen.	
2	1	Ich fühle mich durch diesen Unterricht sicherer im Umgang mit (funktionierenden) Drehstrom-Asynchronmotoren.	
3	1	Durch das Kennen der Motorenfehler sowie deren Auswirkungen habe ich jetzt ein tieferes Verständnis von Drehstrom-Asynchronmotoren.	
4	1	Durch die Szenen im Video habe ich etwas über Motoren gelernt, was ich davor noch nicht wusste.	
5	1	Durch diesen Unterricht verstehe ich besser, warum bestimmte Schutzvorkehrungen getroffen werden müssen (z.B. 3fach-Sicherungen bei Drehstrommotoren, die immer zusammen auslösen müssen).	
6	1	Durch diesen Unterricht kann ich besser beurteilen, ob getroffene Schutzvorkehrungen ausreichend sind oder nicht.	
7	1	Ich denke, dass ich durch diesen Unterricht in Zukunft schneller beurteilen kann, ob ein Motor defekt ist oder nicht.	
8	1	Durch diesen Unterricht kann ich unterscheiden, was bei Drehstrommotoren zu einem Defekt führt und was nicht.	
9	1	Durch die Szenen im Video kann ich besser beurteilen, ob jemand fachgerecht mit Motoren umgeht oder nicht.	
10	1	Durch diesen Unterricht kann ich besser beurteilen, ob die Reparatur eines Motors sinnvoll ist oder nicht.	
11	1	Ich finde es sinnvoll, die Fehlersuche an Drehstrommotoren in der Schule und nicht durch Kundenaufträge im Betrieb zu lernen.	
12	1	Ich finde es gut, dass wir die echten Auswirkungen verschiedenen Fehlerarten an Drehstrommotoren durch das Video sehen konnten.	
13	2	Ich hatte bereits einen oder mehrere Arbeitsunfälle, weil ich Sicherheitsrichtlinien missachtet habe (z.B. keine Schutzbrille getragen, unter Spannung gearbeitet, keine Sicherheitsschuhe getragen, ...). Seit dem Unfall / den Unfällen achte ich mehr auf meine Sicherheit am Arbeitsplatz.	a
14	2	Ich war bereits Zeuge von Arbeitsunfällen, die sich wegen missachteten Sicherheitsrichtlinien ereignet haben (z. B. wenn Kollegen keine Schutzbrille getragen, unter Spannung gearbeitet oder keine Sicherheitsschuhe getragen haben). Seit dem Unfall / den Unfällen achte ich mehr auf meine Sicherheit am Arbeitsplatz.	a
15	2	Ich befolge die allgemeinen Sicherheitsrichtlinien am Arbeitsplatz (z.B. Sicherheitsschuhe tragen, Schutzbrille aufsetzen, Arbeit unter Spannung verboten, etc.).	
16	2	Sicherheitszeichen (wie z.B. "Rauchen verboten" oder "Schutzbrille tragen") nutze ich, um zu erkennen, worauf ich in der Arbeit Acht geben muss.	
17	2	Wenn ich sehe, dass Kollegen gewisse Sicherheitsmaßnahmen nicht einhalten, weise ich sie darauf hin.	

Abb. 4.1: Items 1-17 des Fragebogens über negatives Wissen im Unterricht an beruflichen Schulen.

Item Nr.	Thema	Frage	Bem.
18	3	Bei Schwierigkeiten im Unterricht bitte ich Mitschüler um Hilfe.	
19	3	Erklärungen von Mitschülern helfen mir, Fehler in Zukunft zu vermeiden.	
20	3	Bei Schwierigkeiten im Unterricht bitte ich Lehrkräfte um Hilfe.	
21	3	Erklärungen von Lehrkräften helfen mir, Fehler in Zukunft zu vermeiden.	
22	3	Wenn Lehrer im Unterricht vorweg auf mögliche Fehler aufmerksam machen, hilft mir das dabei, diese Fehler zu vermeiden (z.B. typische Fehler beim Zeichnen von Schalt- oder Konstruktionsplänen).	
23	3	Ich gebe im Betrieb ungern Fehler gegenüber meinen Kollegen zu.	
24	3	Ich gebe in der Schule ungern Fehler gegenüber meinen Mitschülern zu.	
25	3	Ich gebe in der Schule ungern Fehler gegenüber Lehrkräften zu.	
26	4	Was ich sonst noch zum Unterricht sagen möchte.	b

Thema:

- 1 = Fragen zur Unterrichtssequenz.
- 2 = Fragen zur Arbeitssicherheit.
- 3 = Fragen zu allgemeinen Unterrichtssituationen.
- 4 = Schriftliche Anmerkungen zur durchgeführten Unterrichtssequenz.

Bemerkung: a = Bei dieser Frage wurden nur Antworten von Schülern aufgenommen, die bereits einen Arbeitsunfall hatten bzw. Zeuge eines Arbeitsunfalls waren.
b = Keine quantitative Auswertung möglich.

Abb. 4.2: Items 18-26 des Fragebogens über negatives Wissen im Unterricht an beruflichen Schulen.

Die in Abschn. 2.2.2 dargestellten Funktionen negativen Wissens sollen als Faktoren zur Überprüfung des Einflusses negativen Wissens auf den Kompetenzerwerb fungieren. Mit Hilfe von Fragen zur durchgeführten Unterrichtssequenz können die vier der insgesamt sechs Funktionen „Transfer ermöglichen, Sicherheit und Gewissheit vermitteln, Kontraste bilden und Abgrenzungen vornehmen“ gezielt dahingehend überprüft werden, ob die gewünschten Effekte in Erscheinung treten oder nicht. Für die anderen beiden Funktionen „Schutzfunktion für das Richtige bewirken und Verhaltensänderung bewirken“ werden im Fragebogen noch weitere Fragen über Arbeitssicherheit und allgemeine Unterrichtssituationen integriert. Die jeweiligen Items des Fragebogens dienen als Indikatoren für die Präsenz der verschiedenen Funktionen negativen Wissens. Diese überschneiden sich zum Teil gegenseitig, aus diesem Grund werden mit den meisten Items mehrere Funktionen gleichzeitig überprüft. Des Weiteren zielt die Untersuchung auch darauf ab, zu ermitteln, wie sich das Darstellen advokatorischer Situationen, verglichen mit selbst getätigten Erfahrungen, auf Schüler auswirkt (vgl. Abschn. 2.2.3). Darüber hinaus soll geklärt werden, ob die Vermittlung negativen Wissens im Unterricht einer negativen Beschämung der Lernenden, beispielsweise durch Kollegen oder Vorgesetzte im Betrieb, vorbeugen kann (vgl. Abschn. 2.3.2).

In der Untersuchung sollen Schüler aus insgesamt 5 verschiedenen Fachrichtungen befragt werden (vgl. Abschn. 3.1). Zur Ermittlung, ob es bezüglich der Antwortmuster der Lernenden Unterschiede zwischen den verschiedenen Fachrichtungen gibt, wird nach der Untersuchung eine Faktoranalyse mit Erstellung einer Korrelationsmatrix und Ermittlung der erklärten Gesamtvarianz durchgeführt. Hierbei werden die vier als intervallskaliert behandelten Antwortmöglichkeiten in numerische Werte überführt, die Antworten „Trifft gar nicht zu“, „Trifft eher nicht zu“, „Trifft eher zu“ und „Trifft voll zu“ entsprechen dabei den Werten 1, 2, 3 und 4. Die Korrelationsmatrix wird auf Basis der arithmetischen Mittelwerte der Antworten aller Items, abhängig von den jeweiligen Fachrichtungen, errechnet. Um entscheiden zu können, ob die Unterschiede zwischen den Fachrichtungen so gering sind, dass die weitere Auswertung des Fragebogens unabhängig von den Fachrichtungen der Lernenden durchgeführt werden kann, muss das Ergebnis der Analyse darauf hinweisen, dass ein Faktor ausreichend ist, um die Gesamtvarianz zwischen den jeweiligen Antwortmustern zu erklären. Falls dies nicht der Fall sein sollte, müsste geklärt werden, welche Fachrichtungen bei der weiteren Auswertung getrennt voneinander betrachtet werden müssen. Als Kriterien für die Anzahl der benötigten Faktoren werden das Kaiser-Kriterium (vgl. Reinboth 2006) sowie ein Wert des kumulierten prozentualen Anteils der erklärten Gesamtvarianz von $\geq 80\%$ herangezogen. Das Kaiser-Kriterium besagt, dass so viele Faktoren benötigt werden, wie es Eigenwerte der Korrelationsmatrix mit einem Wert ≥ 1 gibt. Überdies sagt der kumulierte prozentuale Anteil der erklärten Gesamtvarianz aus, welcher Anteil der Varianz zwischen den Antwortmustern der jeweiligen Items durch wie viele Faktoren erklärt wird. Wenn mit nur einem Faktor bereits mehr als 80% der Gesamtvarianz erklärt werden kann, so gilt dies als Kriterium dafür, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Fachrichtungen gibt.

Zur Überprüfung, ob mit den jeweiligen Items des Fragebogens tatsächlich ein und dieselbe latente Variable bzw. Funktion negativen Wissens betrachtet wird und nicht vielmehr zwei oder mehr Variablen gemessen werden, folgt auf die Untersuchung für alle Funktionen negativen Wissens eine weitere Faktoranalyse. Die Basis für die Berechnung der hierfür erforderlichen Korrelationsmatrizen stellen die Häufigkeiten der verschiedenen Antwortmöglichkeiten 1-4 bei den jeweiligen Items dar. Als Kriterien für die Anzahl der benötigten Faktoren werden wiederum das Kaiser-Kriterium sowie ein Wert des kumulierten prozentualen Anteils der erklärten Gesamtvarianz von $\geq 80\%$ herangezogen. Wenn mit nur einem Faktor bereits mehr als 80% der Gesamtvarianz zwischen den Häufigkeiten der Antwortmöglichkeiten erklärt werden kann, so gilt dies wiederum als Beleg dafür, dass mit den Items jeweils dieselbe latente Variable bzw. Funktion negativen Wissens gemessen wird.

Durch das während des Unterrichts neu erworbene Wissen sollen die Schüler dazu befähigt werden, *Transferleistungen vorzunehmen*, aber auch die *Vermittlung von Sicherheit und Gewissheit* spielt hierbei eine wichtige Rolle. Mit den Items 1-5 soll daher überprüft werden, inwiefern der Erwerb negativen Wissens einen Einfluss auf die beiden oben genannten Funktionen hat. Weiterhin soll durch die Unterrichtssequenz erreicht werden, dass Schüler Urteile über die Sinnhaftigkeit gewisser Maßnahmen fällen, bzw. dass Schüler Sachverhalte bestimmten Kategorien zuordnen können. Die Items 6 bis 10 zielen diesbezüglich auf das *Bilden von Kontrasten* sowie das *Vornehmen von Abgrenzungen* ab. Der Erwerb negativen Wissens begünstigt den Aufbau von Schutzwissen, die Items 13-16, 19, 21 und 22 überprüfen, ob dessen Erwerb tatsächlich eine *Schutzfunktion für das Richtige* bewirkt. Es handelt sich hierbei um die Fragen zur Arbeitssicherheit und den allgemeinen Unterrichtssituationen. Im Bereich der Arbeitssicherheit findet beispielsweise durch Unfälle oftmals ein Perspektivwechsel seitens der betroffenen Personen statt, der sich in Form einer Veränderung persönlicher Verhaltensmuster bezüglich gewisser Sicherheitsaspekte im Beruf äußern kann. Daher wird mit den Items 13-17 überprüft, ob der diesbezügliche Erwerb negativen Wissens bei den betroffenen Personen eine *Verhaltensänderung bewirken* kann. Auch die Items 18 und 20 aus dem Themenbereich der allgemeinen Unterrichtssituationen werden bei dieser Funktion negativen Wissens in die Auswertung miteinbezogen. Die Antworthäufigkeiten der jeweiligen Items werden aufgrund der teilweise unterschiedlichen Stichprobengrößen als prozentuale Anteile aller Antworten in Gestapelte-Säulen-Diagrammen dargestellt. Alle zu einer Funktion negativen Wissens zugehörigen Items werden nebeneinander in jeweils einem Diagramm abgebildet.

In der Unterrichtssequenz werden advokatorische Situationen in Bezug auf den fehlerhaften Umgang mit Elektromotoren dargestellt. Daher werden die Schüler in den Items 11 und 12 zu einer persönlichen Einschätzung über den Nutzen dieser Form der Unterrichtsgestaltung befragt. Auch die Items 13 und 14 zum Thema Arbeitssicherheit sowie das Item 22 zum Themenbereich der allgemeinen Unterrichtssituationen beziehen sich auf advokatorische Situationen. Mit diesen fünf Items soll folglich die Sinnhaftigkeit des Darstellens advokatorischer Situationen im Unterricht untersucht werden. Für die

Items 11, 12 und 22 wird, entsprechend den Funktionen negativen Wissens, erneut eine Faktoranalyse durchgeführt. Die Antworten dieser Items werden wiederum in einem Gestapelte-Säulen-Diagramm abgebildet.

Bei den Items 13 und 14 werden die Schüler dazu befragt, wie sich ihr Verhalten bezüglich Sicherheitsmaßnahmen im Betrieb nach Arbeitsunfällen verändert hat, einerseits nach eigenen Unfällen und andererseits nach Unfällen von Kollegen, bei denen die Lernenden als Zeugen vor Ort waren. Diese Fragen wurden nur von Schülern beantwortet, die bereits einen Arbeitsunfall hatten bzw. Zeuge eines Arbeitsunfalls waren, daher unterscheiden sich die Stichproben bei diesen Items deutlich voneinander. Dementsprechend soll mit Hilfe eines zweiseitigen Zweistichproben-t-Tests geklärt werden, ob signifikante Unterschiede bezüglich der Verhaltensänderung nach eigenen Unfällen und nach Unfällen von Kollegen bestehen, um Rückschlüsse auf die Wirkung von advokatorischen Situationen ziehen zu können. Es werden folgende Null- und Alternativhypothesen H_0 und H_1 formuliert:

H_0 : Eine Verhaltensänderung ist unabhängig davon, ob man einen Unfall selbst erleidet oder diesen lediglich beobachtet.

H_1 : Eine Verhaltensänderung ist abhängig davon, ob man einen Unfall selbst erleidet oder diesen lediglich beobachtet.

Die Abhängige Variable (*AV*) stellt hierbei der jeweilige Unfallkontext dar, die Unabhängige Variable (*UV*) ist die mit dem Unfall einhergehende individuelle Verhaltensänderung. Es wird ein Signifikanzniveau von 5% für die Ablehnung der Nullhypothese festgelegt.

Die Items 23-25 handeln inhaltlich von dem Umgang mit eigenen Fehlern unter verschiedenen kontextuellen Umständen. Es soll ermittelt werden, ob die Schüler das Zugeben von Fehlern gegenüber Kollegen mehr belastet als gegenüber Mitschülern oder Lehrkräften. Diese Items können von allen Teilnehmern der Untersuchung beantwortet werden, daher soll mit Hilfe eines zweiseitigen Zweistichproben-t-Tests überprüft werden, ob es für die Lernenden einen Unterschied macht, wem gegenüber sie Fehler zugeben müssen. Dies gibt Aufschluss darüber, ob Lernende im Betrieb stärker bzw. öfter negativ beschämt werden als in der Berufsschule, die Vermittlung negativen Wissens im Unterricht und die damit einhergehende Vorwegnahme gewisser Fehlerquellen könnte gegebenenfalls die Gefahr einer negativen Beschämung der Lernenden verringern. Es werden folgende Null- und Alternativhypothesen H_0 und H_1 formuliert:

H_0 : Es macht keinen Unterschied, wem gegenüber Lernende Fehler zugeben müssen.

H_1 : Es macht einen Unterschied, wem gegenüber Lernende Fehler zugeben müssen.

Die Abhängige Variable (AV) ist die Person, gegenüber der ein Fehler zugegeben werden muss, die Unabhängige Variable (UV) ist der jeweilige Grad an psychischer Belastung der Lernenden. Es wird ebenfalls ein Signifikanzniveau von 5% für die Ablehnung der Nullhypothese festgelegt.

Letztendlich soll Item 26 den Schülern als offene Frage noch die Möglichkeit geben, weitere Anmerkungen über die Unterrichtssequenz bzw. das Unterrichtskonzept im Allgemeinen anzubringen. Aufgrund des Fragebogendesigns und der Faktoranalysen wird eine hohe Validität der Untersuchung gewährleistet. Es wird bei allen zu messenden latenten Variablen im Vorfeld beurteilt, ob die jeweiligen Items auch tatsächlich Aufschluss über das erwünschte Merkmal geben. Bezüglich der Reliabilität muss bei der Untersuchungsdurchführung jedoch darauf geachtet werden, dass in die Konzeption der hierfür entwickelten Unterrichtssequenz außerordentlich viel Zeit für dessen Planung und Umsetzung investiert wurde, verglichen mit gewöhnlichen Unterrichtseinheiten. Für den Fall, dass die Schüler das vorgestellte Unterrichtskonzept sehr gut akzeptieren, bestünde die Möglichkeit, dass sie unabhängig vom Inhalt der Fragen stets mit „Trifft voll zu“ oder „Trifft eher zu“ antworten. Um das Problem einer ausgeprägten Akquieszenz zu minimieren, sollten die Lernenden daher unmittelbar vor der Datenerhebung auf die Bedeutsamkeit einer absolut ehrlichen Beantwortung der Fragen hingewiesen werden. Die Durchführung der Untersuchung ist weitestgehend unabhängig vom Anwender. Es werden lediglich Meinungen und Einschätzung von Lernenden erfasst, diese erhalten hierbei für das Ausfüllen des Fragebogens so viel Zeit wie nötig. Lediglich die Unterrichtssequenz sollte von einer Lehrkraft mit viel Erfahrung im behandelten Themenfeld gehalten werden, damit alle im Unterricht auftretenden Fragen beantwortet werden können. Nachdem es sich beim Großteil der Items im Fragebogen um ein geschlossenen Aufgabenformat handelt, ist zudem auch die Auswertung und Interpretation der Daten weitgehend unabhängig vom Anwender. Die Untersuchung weist somit sowohl eine hohe Validität und Reliabilität als auch eine hohe Durchführungs-, Auswertungs- und Interpretationsobjektivität auf, was letztlich auf eine hohe Güte des Tests schließen lässt.

5 Beschreibung der Untersuchungsdurchführung

Für die Durchführung der Untersuchung wurde im ersten Schritt ein geeigneter Zeitraum ausgewählt, in welchem die notwendige Unterrichtssequenz in möglichst vielen Klassen gehalten werden kann. Nachdem der Unterricht an den Beruflichen Schulen Altötting in Form von einwöchigen Unterrichtsblöcken, welche sich nach drei Schulwochen wiederholen, organisiert ist, wurde ein Zeitraum von insgesamt drei Schulwochen ausgewählt. Die Untersuchungsphase erstreckte sich vom 25.10.2021 bis hin zum 19.11.2021, dieser Schuljahresabschnitt beinhaltet eine Woche Schulferien.

Die Unterrichtssequenz war auf eine Dauer von drei Schulstunden ausgelegt, alle Klassen überschreiten die maximale Zahl von 18 Personen, mit welcher der Unterricht ungeteilt gehalten werden könnte. Aus diesem Grund wurde in diesen drei Schulwochen nach geeigneten Zeitfenstern gesucht, in welchen die für die Untersuchung in Frage kommenden Berufsschul- und Fachschulklassen geteilten Unterricht in mindestens drei aufeinanderfolgenden Stunden hatten. Insgesamt kamen hierfür fünf Klassen in Frage - eine Klasse der Elektroniker/innen für Energie- & Gebäudetechnik, eine Klasse der Elektroniker/innen für Automatisierungstechnik, zwei Klassen der Mechatroniker/innen sowie eine Klasse der Fachschule für Elektrotechnik. Auf eine Untersuchung bei einer Klasse der Elektroniker/innen für Betriebstechnik musste aus organisatorischen Gründen verzichtet werden. Der Unterricht wurde aufgrund der Klassenteilungen somit insgesamt zehn mal abgehalten. Die Elektroniker/innen und Mechatroniker/innen befanden sich im zweiten Ausbildungsjahr, die Fachschüler/innen im zweiten Schuljahr. Durch den gewählten Zeitraum passte die geplante Unterrichtssequenz sehr gut in die aktuelle Unterrichtsthematik der ausgewählten Klassen. Hierdurch konnten die jeweiligen Lehrkräfte ihre Unterrichtszeit problemlos für die Untersuchung zur Verfügung stellen.

Die Unterrichtssequenz wurde, wie bereits in Abschn. 3.4 beschrieben, geplant, alle nötigen Medien und Materialien wurden vor den jeweiligen Untersuchungen vorbereitet. Die defekten Motoren wurden in dem für die Untersuchung vorgesehenen Unterrichtsraum aufgestellt, alle notwendigen Messgeräte wurden auf deren Funktionsfähigkeit geprüft. Zum besseren Verständnis des Induktions- und Hochspannungs-Prüfgeräts „PI 5000“, welches von der Firma „SynFlex Elektro GmbH“ vertrieben wird, wurde fernerhin ein Treffen mit dem Hersteller „Schmid Elektro-Maschinen & Gerätebau GmbH“ aus

Wasentegernbach im Landkreis Erding arrangiert. Der Firmeninhaber persönlich sowie dessen Neffe und Schwester ermöglichten tiefe Einblicke in den Aufbau und die Funktionsweise des Messgeräts und leisteten daher einen beachtlichen Beitrag zur Optimierung der Unterrichtsqualität.

Die Unterrichtssequenzen verliefen bei allen Schülergruppen weitestgehend identisch, es gab trotz der organisatorischen Schwierigkeiten mit den zum Zeitpunkt der Unterrichtsdurchführung geltenden Coronaregeln keine erwähnenswerten Komplikationen. Ausnahmslos alle Schülergruppen wiesen aufgrund der hohen beruflichen Relevanz der Unterrichtsthematik ein reges Interesse und ein umfangreiches Vorwissen auf. Der Großteil der Lernenden war dazu bereit, konstruktiv im Unterricht mitzuarbeiten. Die Komplexität der Aufgaben, welche in der Praxisphase des Unterrichts bewältigt werden mussten, deckte sich mit dem Fähigkeitsniveau der Lernenden, wodurch diese weitestgehend ohne Hilfestellungen der Lehrkraft auskamen. Speziell bei den Fachschülern gab es nahezu gar keine Fragen in Bezug auf die Aufgabenstellung, von der Lehrkraft wurden lediglich einige tiefergehende Fragen zur Unterrichtsthematik beantwortet. Am Ende der jeweiligen Unterrichtssequenzen füllten die Schüler den für die Untersuchung erstellten Fragebogen aus. Um diesen für die Schüler so zugänglich wie möglich zu machen, wurde der Zugangslink zur Microsoft-Forms-Umfrage als QR-Code bereitgestellt. Alle Schüler konnten so mit ihrem Smartphone an der Umfrage teilnehmen, es gab keine nennenswerten technischen Schwierigkeiten.

Insgesamt nahmen 122 Lernende an der Untersuchung teil. Davon waren 31 Schüler/innen aus der Fachrichtung Elektroniker/in für Automatisierungstechnik, 26 Schüler/innen aus der Fachrichtung Elektroniker/in für Energie- & Gebäudetechnik, 42 Schüler/innen aus der Fachrichtung Mechatroniker/in und 23 Schüler/innen aus der Fachschule für Elektrotechnik. Die Untersuchungsergebnisse werden beim Online-Umfrageersteller „Microsoft Forms“ automatisch in einer Excel-Tabelle festgehalten, diese wurde als Grundlage für die Untersuchungsauswertung herangezogen. Zur Auswertung wurden in der Tabelle alle vier Antwortmöglichkeiten durch die numerischen Werte 1-4 ersetzt (vgl. Abschn. 4). Die Items mit den Verzweigungsfragen darüber, ob der jeweilige Schüler bereits selbst einen Arbeitsunfall hatte oder bereits Zeuge eines Arbeitsunfalls seitens Kollegen war, wurden aus der Datenbank entfernt. Sie besitzen keinen für die Untersuchung relevanten Informationsgehalt sondern entscheiden lediglich, ob die jeweils darauf folgenden Fragen beantwortet werden können oder übersprungen werden. Bis auf die erste Frage zur Fachrichtung der Schüler musste bei keinem Item zwingend eine Antwort ausgewählt werden, daher gibt es zwischen den Items kleinere Schwankungen in der Stichprobengröße. Die statistische Auswertung wurde mit dem Tabellenkalkulationsprogramm „Microsoft Excel“ durchgeführt, welches auch zur Erstellung der Ergebnisdiagramme verwendet wurde.

6 Ergebnisse der Untersuchung

Wie in Abschn. 5 beschrieben, nahmen insgesamt 122 Lernende an der Untersuchung teil. Davon waren 31 Schüler aus der Fachrichtung Elektroniker/in für Automatisierungstechnik, 26 Schüler aus der Fachrichtung Elektroniker/in für Energie- & Gebäudetechnik, 42 Schüler aus der Fachrichtung Mechatroniker/in und 23 Schüler aus der Fachschule für Elektrotechnik. Die Verteilung der Untersuchungsteilnehmer ist grafisch in Abb. 6.1 als Tortendiagramm dargestellt.

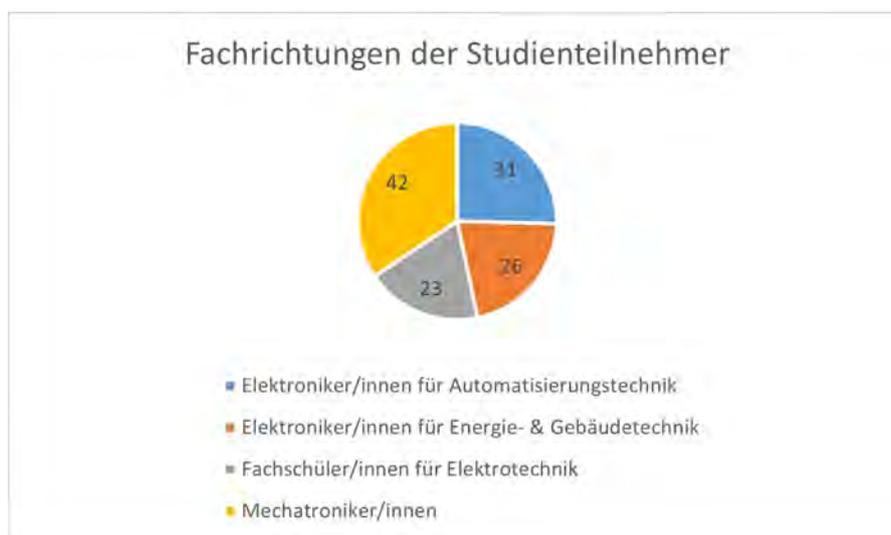


Abb. 6.1: Fachrichtungen der Studienteilnehmer, Angaben der Teilnehmerzahlen in Absolutwerten.

Alle Antworten des Fragebogens wurden in numerische Werte überführt, der Wert 1 entspricht hierbei der Antwort „Trifft gar nicht zu“, der Wert 2 der Antwort „Trifft eher nicht zu“, der Wert 3 der Antwort „Trifft eher zu“ und der Wert 4 der Antwort „Trifft voll zu“. Nachdem die Ratingskala des Fragebogens als intervallskaliert angenommen wird, wurde für alle Items der arithmetische Mittelwert, die Standardabweichung sowie die Varianz berechnet, aufgeteilt nach Fachrichtungen und im Gesamten. Die Werte, einschließlich der Stichprobengröße n aller Items, sind in Abb. 6.2 dargestellt. Es ist zu beobachten, dass sich die Mittelwerte aller Items zwischen den Fachrichtungen nur geringfügig unterscheiden, die einzige Ausnahme bildet dabei Item 13. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die

Daten der einzelnen Fachrichtungen aufgrund der teilweise sehr geringen Stichprobengrößen von z.B. $n = 1$ bei den Elektroniker/innen nur wenig repräsentativ sind.

6.1 Unterschiede zwischen den Fachrichtungen

Für die Entscheidung, ob die weitere Auswertung des Fragebogens im Gesamten oder aufgeteilt nach Fachrichtungen durchgeführt wird, wurde eine Faktoranalyse mit Erstellung der Korrelationsmatrix und Ermittlung der erklärten Gesamtvarianz durchgeführt. Die Korrelationsmatrix wird auf Basis der arithmetischen Mittelwerte der Antworten aller Items, abhängig von den jeweiligen Fachrichtungen, errechnet. Die Ergebnisse der Faktoranalyse sind in Abb. 6.3 dargestellt.

Es gibt nur einen Eigenwert der Korrelationsmatrix ≥ 1 , nach dem Kaiser-Kriterium ist folglich zur Erklärung der Varianz zwischen den Fachrichtungen nur ein Faktor notwendig. Überdies erklärt ein Faktor bereits 91,7% der Gesamtvarianz zwischen den Fachrichtungen und liegt damit über dem in Abschn. 4 festgelegten Mindestwert des kumulierten prozentualen Anteils der erklärten Gesamtvarianz von $\geq 80\%$. Demnach werden alle Antworten zu den Items des Fragebogens unabhängig von der Fachrichtung der Schüler ausgewertet. Alle Antworten zu den jeweiligen Items des Fragebogens, aufgeteilt nach den vier Antwortmöglichkeiten, sind in Abb. 6.4 dargestellt.

Item Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Elektroniker/innen für Automatisierungstechnik																										
Anzahl n:	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	1	5	30	30	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Mittelwert M:	3,77	3,58	3,61	3,77	3,68	3,23	3,58	3,61	3,58	3,29	3,55	3,87	3,00	3,40	3,60	3,50	3,00	3,16	3,16	2,97	3,16	3,52	2,23	2,26	2,45	
Stabw. SD:	0,43	0,62	0,56	0,43	0,54	0,56	0,50	0,50	0,56	0,74	0,62	0,34	/	0,89	0,50	0,68	0,69	0,69	0,78	0,71	0,73	0,51	0,84	0,82	0,89	
Varianz SD ² :	0,18	0,38	0,31	0,18	0,29	0,31	0,25	0,25	0,32	0,55	0,39	0,12	/	0,80	0,25	0,47	0,48	0,47	0,61	0,50	0,54	0,26	0,71	0,66	0,79	
Elektroniker/innen für Energie- & Gebäudetechnik																										
Anzahl n:	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	4	9	23	23	23	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Mittelwert M:	3,69	3,46	3,58	3,73	3,65	3,54	3,54	3,58	3,50	3,50	3,65	3,77	4,00	3,44	3,52	3,65	3,17	3,23	3,38	3,31	3,38	3,38	2,62	2,54	2,65	
Stabw. SD:	0,47	0,51	0,58	0,45	0,49	0,51	0,58	0,50	0,51	0,81	0,56	0,43	0,00	0,73	0,79	0,71	0,78	0,59	0,64	0,62	0,50	0,50	1,13	1,10	1,02	
Varianz SD ² :	0,22	0,26	0,33	0,20	0,24	0,26	0,34	0,25	0,26	0,66	0,32	0,18	0,00	0,53	0,62	0,51	0,60	0,34	0,41	0,38	0,25	0,25	1,29	1,22	1,04	
Mechatroniker/innen																										
Anzahl n:	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	41	42	4	14	41	41	41	42	42	42	42	42	42	41	42	42
Mittelwert M:	3,60	3,10	3,36	3,62	3,45	2,76	3,17	3,33	3,31	3,05	3,49	3,88	3,25	3,21	3,51	3,44	2,90	3,21	3,29	3,17	3,24	3,64	2,15	2,07	2,02	
Stabw. SD:	0,63	0,48	0,53	0,58	0,74	0,76	0,54	0,61	0,60	0,79	0,64	0,33	0,96	0,80	0,51	0,67	0,77	0,65	0,60	0,76	0,58	0,58	0,53	0,71	0,78	
Varianz SD ² :	0,39	0,23	0,28	0,34	0,55	0,58	0,29	0,37	0,37	0,63	0,41	0,11	0,92	0,64	0,26	0,45	0,59	0,42	0,36	0,58	0,33	0,33	0,28	0,51	0,61	
Fachschule für Elektrotechnik																										
Anzahl n:	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	9	12	22	22	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Mittelwert M:	3,65	3,30	3,70	3,78	3,39	3,13	3,39	3,52	3,61	3,26	3,52	3,96	3,33	3,25	3,50	3,36	3,05	3,78	3,48	3,09	3,04	3,39	1,74	1,74	1,78	
Stabw. SD:	0,49	0,70	0,56	0,42	0,84	0,69	0,58	0,51	0,58	0,69	0,67	0,21	0,50	0,75	0,51	0,66	0,65	0,42	0,59	0,79	0,71	0,50	0,54	0,75	0,74	
Varianz SD ² :	0,24	0,49	0,31	0,18	0,70	0,48	0,34	0,26	0,34	0,47	0,44	0,04	0,25	0,57	0,26	0,43	0,43	0,18	0,35	0,63	0,50	0,25	0,29	0,57	0,54	
Gesamt																										
Anzahl n:	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	121	122	18	40	116	116	116	122	122	122	122	122	121	122	122	122
Mittelwert M:	3,67	3,34	3,53	3,71	3,54	3,11	3,39	3,49	3,48	3,25	3,55	3,87	3,44	3,30	3,53	3,48	3,01	3,31	3,31	3,13	3,21	3,51	2,19	2,16	2,22	
Stabw. SD:	0,52	0,60	0,56	0,49	0,67	0,71	0,57	0,55	0,58	0,77	0,62	0,34	0,62	0,76	0,57	0,68	0,73	0,64	0,66	0,73	0,63	0,53	0,82	0,87	0,90	
Varianz SD ² :	0,27	0,36	0,32	0,24	0,45	0,50	0,32	0,30	0,33	0,60	0,38	0,11	0,38	0,57	0,32	0,46	0,53	0,41	0,43	0,53	0,40	0,29	0,67	0,76	0,82	

Abb. 6.2: Stichprobengrößen, Arithmetische Mittelwerte, Standardabweichungen und Varianzen aller Items, getrennt nach Fachrichtungen und insgesamt.

Korrelationsmatrix der verschiedenen Fachrichtungen				
Fachr.	EAT	EFEF	MECH	FS
EAT	1,00	0,85	0,91	0,91
EFEF	0,85	1,00	0,86	0,88
MECH	0,91	0,86	1,00	0,93
FS	0,91	0,88	0,93	1,00

Komponente	Erklärte Gesamtvarianz		
	Eigenwerte der Korr.-Matrix	% der Gesamtvarianz	Kumulierte %-Anteile
1	3,667	91,7	91,7
2	0,166	4,2	95,8
3	0,101	2,5	98,4
4	0,065	1,6	100,0

Abb. 6.3: Korrelationsmatrix und Tabelle der erklärten Gesamtvarianz der Mittelwerte aller Items, aufgeteilt auf die verschiedenen Fachrichtungen.

Item Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Trifft gar nicht zu (1):	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0
Trifft eher nicht zu (2):	0	5	4	2	6	18	5	3	5	22	8	0	1
Trifft eher zu (3):	37	68	49	31	38	66	64	56	54	45	39	16	8
Trifft voll zu (4):	84	48	69	89	76	36	53	63	63	54	74	106	9
Gesamt:	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	121	122	18

Item Nr.:	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Trifft gar nicht zu (1):	1	1	1	3	1	1	3	2	0	21	27	26
Trifft eher nicht zu (2):	4	1	9	21	9	10	16	8	2	66	60	56
Trifft eher zu (3):	17	49	39	64	63	61	65	74	56	24	24	27
Trifft voll zu (4):	18	65	67	28	49	50	38	38	64	10	11	13
Gesamt:	40	116	116	116	122	122	122	122	122	121	122	122

Abb. 6.4: Antworthäufigkeiten der Items des Fragebogens.

6.2 Analyse der Korrelationen zwischen den Items des Fragebogens

Zur Untersuchung des Einflusses negativen Wissens auf den Kompetenzerwerb von Schülern wurden die in Abschn. 2.2.2 dargestellten Funktionen negativen Wissens herangezogen. Mit den Items 1-5 sollen dabei die Auswirkungen neg. Wissens auf den Transfer und die Vermittlung von Gewissheit und Sicherheit untersucht werden, mit den Items 6-10 die Auswirkungen auf die Kontrastbildung und das Vornehmen von Abgrenzungen, mit den Items 13-16, 19, 21 und 22 das Bewirken einer Schutzfunktion für das Richtige sowie mit den Items 13-18 und 20 das Bewirken einer Verhaltensänderung. Zusätzlich sollen mit den Items 11, 12 und 22 die Auswirkungen des Darstellens advokatorischer Situationen im Unterricht auf Lernende untersucht werden. Zur Überprüfung, ob mit den für die Verschiedenen Funktionen bestimmten Items jeweils dieselbe latente Variable gemessen wird, wurde jeweils eine Faktoranalyse mit Erstellung der Korrelationsmatrix und Ermittlung der erklärten Gesamtvarianz durchgeführt. Die Korrelationsmatrix wird auf Basis der der Häufigkeiten der vier Antwortmöglichkeiten aller jeweiliger Items errechnet. Die Ergebnisse der insgesamt fünf Faktoranalysen sind in den Abb. 6.5, 6.6, 6.7, 6.8 und 6.9 dargestellt.

In allen fünf Fällen wird sowohl von nur einem Faktor das Kaiserkriterium erfüllt als auch bereits bei einem Faktor der Mindestwert des kumulierten prozentualen Anteils der erklärten Gesamtvarianz von $\geq 80\%$ überschritten. Dies bestätigt, dass die ausgewählten Items als Indikatoren zur Messung der jeweiligen latenten Variablen geeignet sind.

Korrelationsmatrix der Items 1 - 5					
Items	1	2	3	4	5
1	1,00	0,73	0,96	0,99	1,00
2	0,73	1,00	0,88	0,65	0,75
3	0,96	0,88	1,00	0,93	0,97
4	0,99	0,65	0,93	1,00	0,99
5	1,00	0,75	0,97	0,99	1,00

Komponente	Erklärte Gesamtvarianz		
	Eigenwerte der Korr.-Matrix	% der Gesamtvarianz	Kumulierte %-Anteile
1	4,564	91,3	91,3
2	0,434	8,7	100,0
3	0,002	0,0	100,0
4	0,000	0,0	100,0
5	0,000	0,0	100,0

Abb. 6.5: Korrelationsmatrix und Tabelle der erklärten Gesamtvarianz der Items 1-5 zur Untersuchung der Funktionen neg. Wissens „Transfer ermöglichen“ und „Sicherheit und Gewissheit vermitteln“.

Korrelationsmatrix der Items 6 - 10					
Items	6	7	8	9	10
6	1,00	0,93	0,83	0,82	0,81
7	0,93	1,00	0,97	0,97	0,91
8	0,83	0,97	1,00	1,00	0,94
9	0,82	0,97	1,00	1,00	0,94
10	0,81	0,91	0,94	0,94	1,00

Komponente	Erklärte Gesamtvarianz		
	Eigenwerte der Korr.-Matrix	% der Gesamtvarianz	Kumulierte %-Anteile
1	4,660	93,2	93,2
2	0,256	5,1	98,3
3	0,084	1,7	100,0
4	0,000	0,0	100,0
5	0,000	0,0	100,0

Abb. 6.6: Korrelationsmatrix und Tabelle der erklärten Gesamtvarianz der Items 6-10 zur Untersuchung der Funktionen neg. Wissens „Kontraste bilden“ und „Abgrenzungen vornehmen“.

Korrelationsmatrix der Items 13 - 16, 19, 21 und 22							
Items	13	14	15	16	19	21	22
13	1,00	1,00	0,99	0,95	0,97	0,85	1,00
14	1,00	1,00	0,98	0,94	0,98	0,87	0,99
15	0,99	0,98	1,00	0,98	0,93	0,79	0,99
16	0,95	0,94	0,98	1,00	0,86	0,66	0,95
19	0,97	0,98	0,93	0,86	1,00	0,95	0,96
21	0,85	0,87	0,79	0,66	0,95	1,00	0,85
22	1,00	0,99	0,99	0,95	0,96	0,85	1,00

Komponente	Erklärte Gesamtvarianz		
	Eigenwerte der Korr.-Matrix	% der Gesamtvarianz	Kumulierte %-Anteile
1	6,568	93,8	93,8
2	0,416	5,9	99,8
3	0,016	0,2	100,0
4	0,000	0,0	100,0
5	0,000	0,0	100,0
6	0,000	0,0	100,0
7	0,000	0,0	100,0

Abb. 6.7: Korrelationsmatrix und Tabelle der erklärten Gesamtvarianz der Items 13-16, 19, 21 und 22 zur Untersuchung der Funktion neg. Wissens „Schutzfunktion für das Richtige bewirken“.

Korrelationsmatrix der Items 13 - 18 und 20							
Items	13	14	15	16	17	18	20
13	1,00	1,00	0,99	0,95	0,74	0,96	0,87
14	1,00	1,00	0,98	0,94	0,77	0,97	0,89
15	0,99	0,98	1,00	0,98	0,64	0,92	0,79
16	0,95	0,94	0,98	1,00	0,52	0,84	0,69
17	0,74	0,77	0,64	0,52	1,00	0,89	0,97
18	0,96	0,97	0,92	0,84	0,89	1,00	0,97
20	0,87	0,89	0,79	0,69	0,97	0,97	1,00

Komponente	Erklärte Gesamtvarianz		
	Eigenwerte der Korr.-Matrix	% der Gesamtvarianz	Kumulierte %-Anteile
1	6,239	89,1	89,1
2	0,742	10,6	99,7
3	0,019	0,3	100,0
4	0,000	0,0	100,0
5	0,000	0,0	100,0
6	0,000	0,0	100,0
7	0,000	0,0	100,0

Abb. 6.8: Korrelationsmatrix und Tabelle der erklärten Gesamtvarianz der Items 13-18 und 20 zur Untersuchung der Funktion neg. Wissens „Verhaltensänderung bewirken“.

Korrelationsmatrix der Items 11, 12 und 22			
Items	11	12	22
11	1,00	0,93	0,94
12	0,93	1,00	0,76
22	0,94	0,76	1,00

Komponente	Erklärte Gesamtvarianz		
	Eigenwerte der Korr.-Matrix	% der Gesamtvarianz	Kumulierte %-Anteile
1	2,753	91,8	91,8
2	0,243	8,1	99,9
3	0,004	0,1	100,0

Abb. 6.9: Korrelationsmatrix und Tabelle der erklärten Gesamtvarianz der Items 11, 12 und 22 zur Untersuchung der Auswirkungen des Darstellens advokatorischer Situationen im Unterricht.

6.3 Funktionen negativen Wissens

6.3.1 Transfer ermöglichen und Sicherheit & Gewissheit vermitteln

Die Schülerantworten zu den Items 1-5 zur Untersuchung der Funktionen neg. Wissens „Transfer ermöglichen“ und „Sicherheit und Gewissheit vermitteln“ sind als Gestapelte-Säulen-Diagramm in Abb. 6.10 dargestellt.

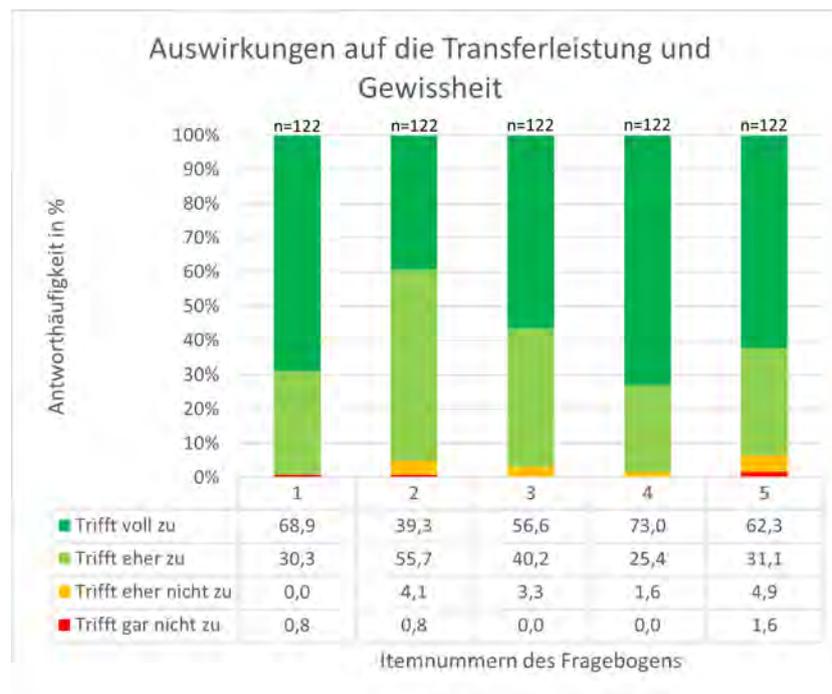


Abb. 6.10: Gestapelte-Säulen-Diagramm der Items 1-5 zur Untersuchung der Funktionen neg. Wissens „Transfer ermöglichen“ und „Sicherheit und Gewissheit vermitteln“.

Item 1: Durch diese Unterrichtsstunde fühle ich mich besser darauf vorbereitet, eine Fehlersuche an Drehstrom-Asynchronmotoren durchzuführen.

Mehr als zwei Drittel der Befragten (68,9%, $n = 84$) gaben mit der Antwort „Trifft voll zu“ an, dass sie sich durch die durchgeführte Unterrichtseinheit nun besser darauf vorbereitet fühlen, eine Fehlersuche an Motoren durchzuführen. 30,3% ($n = 37$) stimmten dieser Aussage „eher zu“. Nur 0,8% ($n = 1$) stimmten der Aussage „gar nicht zu“, die Antwort „Trifft eher nicht zu“ trat nicht auf.

Item 2: Ich fühle mich durch diesen Unterricht sicherer im Umgang mit (funktionierenden) Drehstrom-Asynchronmotoren.

Etwas mehr als die Hälfte der Befragten (55,7%, n = 68) beantworteten die Frage mit der Antwort „Trifft eher zu“, 39,3% (n = 48) mit „Trifft voll zu“. Nur 4,1% (n = 5) der Schüler stimmten der Antwort „eher nicht“ sowie 0,8% (n = 1) „gar nicht“ zu.

Item 3: Durch das Kennen der Motorenfehler sowie deren Auswirkungen habe ich jetzt ein tieferes Verständnis von Drehstrom-Asynchronmotoren.

Über die Hälfte der Schüler (56,6%, n = 69) gab mit der Antwort „Trifft voll zu“ an, dass sie durch das Kennen der Motorenfehler nun ein tieferes Verständnis von Drehstrom-Asynchronmotoren besitzen. Weitere 40,2% (n = 49) gaben an, dass diese Aussage „eher zuträfe“, die restlichen 3,3% (n = 4) stimmten der Aussage „eher nicht zu“.

Item 4: Durch die Szenen im Video habe ich etwas über Motoren gelernt, was ich davor noch nicht wusste.

Nahezu alle Lernenden gaben an, dass sie durch das Video neue Kenntnisse über Motoren erlangt haben („Trifft voll zu“: 73,0% mit n = 89; „Trifft eher zu“: 25,4% mit n = 31). Nur 1,6% (n = 2) bemerkten, dass dies „eher nicht“ zuträfe.

Item 5: Durch diesen Unterricht verstehe ich besser, warum bestimmte Schutzvorkehrungen getroffen werden müssen (z.B. 3fach-Sicherungen bei Drehstrommotoren, die immer zusammen auslösen müssen).

62,3% (n = 76) der Befragten bestätigten die Aussage mit der Antwort „Trifft voll zu“, 31,1% (n = 38) mit „Trifft eher zu“. 4,9% (n = 6) stimmten „eher nicht“ und 1,6% (n = 2) „gar nicht“ zu.

6.3.2 Kontraste bilden und Abgrenzungen vornehmen

Die Schülerantworten zu den Items 6-10 zur Untersuchung der Funktionen neg. Wissens „Kontraste bilden“ und „Abgrenzungen vornehmen“ sind als Gestapelte-Säulen-Diagramm in Abb. 6.11 dargestellt.

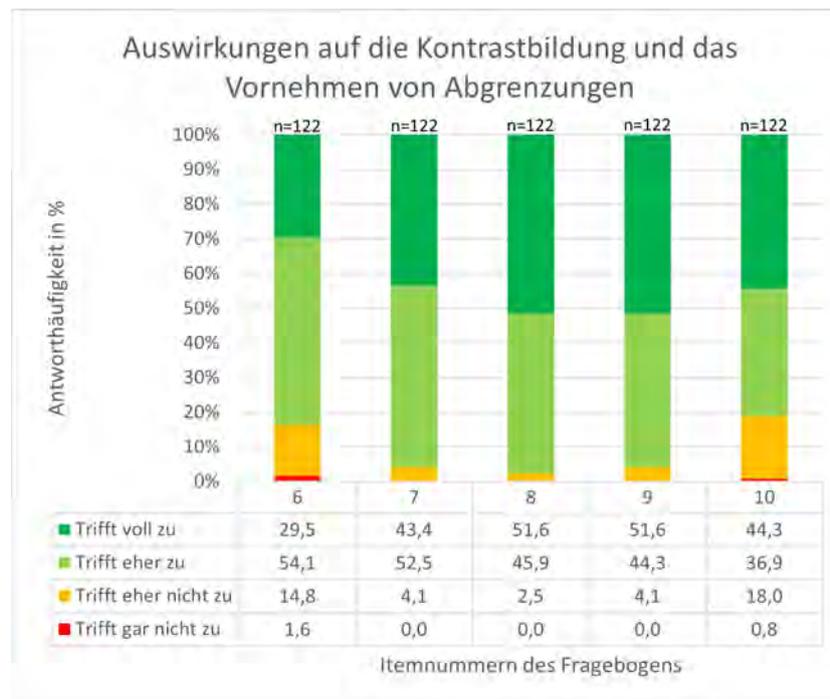


Abb. 6.11: Gestapelte-Säulen-Diagramm der Items 6-10 zur Untersuchung der Funktionen neg. Wissens „Kontraste bilden“ und „Abgrenzungen vornehmen“.

Item 6: Durch diesen Unterricht kann ich besser beurteilen, ob getroffene Schutzvorkehrungen ausreichend sind oder nicht.

Bei diesem Item stimmten 29,5% ($n = 36$) „voll zu“, dass sie getroffene Schutzvorkehrungen nun besser beurteilen können. 54,1% ($n = 66$) antworteten mit „Trifft eher zu“ und 14,8% ($n = 18$) mit „Trifft eher nicht zu“. Lediglich 1,6% ($n = 2$) gaben die Antwort „Trifft gar nicht zu“.

Item 7: Ich denke, dass ich durch diesen Unterricht in Zukunft schneller beurteilen kann, ob ein Motor defekt ist oder nicht.

Dass sie durch die Unterrichtssequenz besser beurteilen können, ob ein Motor defekt ist oder nicht, gaben über 95% der Schüler an, davon antworteten 43,4% ($n = 53$) mit „Trifft voll zu“ und 51,6% ($n = 64$) mit „Trifft eher zu“. Die restlichen 4,1% ($n = 5$) stimmten der Aussage „eher nicht“ zu.

Item 8: Durch diesen Unterricht kann ich unterscheiden, was bei Drehstrommotoren zu einem Defekt führt und was nicht.

Die Ergebnisse dieses Items ähneln sehr stark den Ergebnissen von Item 7, 51,6% (n = 63) der Schüler antworteten mit „Trifft voll zu“, 45,9% (n = 56) mit „Trifft eher zu“ und lediglich 2,5% (n = 3) mit „Trifft eher nicht zu“. Die Antwort „Trifft gar nicht zu“ wurde nicht gewählt.

Item 9: Durch die Szenen im Video kann ich besser beurteilen, ob jemand fachgerecht mit Motoren umgeht oder nicht.

Auch bei diesem Item ähnelt die Verteilung der Antworten sehr stark denen der Items 7 und 8. 51,6% (n = 63) der Lernenden stimmten der Aussage „voll zu“, 44,3% (n = 54) stimmten „eher zu“. Die übrigen 4,1% (n = 5) können durch das Video „eher nicht“ besser beurteilen, ob jemand fachgerecht mit Motoren umgeht oder nicht.

Item 10: Durch diesen Unterricht kann ich besser beurteilen, ob die Reparatur eines Motors sinnvoll ist oder nicht.

Auf die Aussage, ob sie durch den Unterricht nun besser beurteilen könnten, ob eine Motorreparatur als sinnvoll erscheint, beantworteten 44,3% (n = 54) der Schüler mit „Trifft voll zu“ und 36,9% (n = 45) mit „Trifft eher zu“. Knapp ein Fünftel der Schüler (18,0%, n = 22) stimmten der Aussage „eher nicht“ zu und 0,8% (n = 1) antworteten mit „Trifft gar nicht zu“.

6.3.3 Schutzfunktion für das Richtige bewirken

Die Schülerantworten zu den Items 13-16, 19, 21 und 22 zur Untersuchung der Funktion neg. Wissens „Schutzfunktion für das Richtige bewirken“ sind als Gestapelte-Säulen-Diagramm in Abb. 6.12 dargestellt.

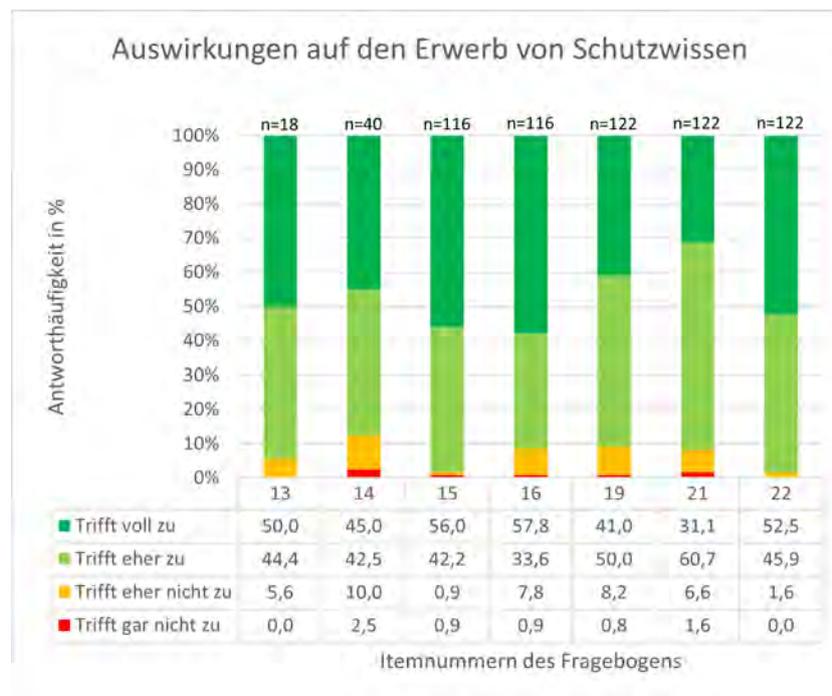


Abb. 6.12: Gestapelte-Säulen-Diagramm der Items 13-16, 19, 21 und 22 zur Untersuchung der Funktion neg. Wissens „Schutzfunktion für das Richtige bewirken“.

Item 13: Ich hatte bereits einen oder mehrere Arbeitsunfälle, weil ich Sicherheitsrichtlinien missachtet habe (z.B. keine Schutzbrille getragen, unter Spannung gearbeitet, keine Sicherheitsschuhe getragen, ...). Seit dem Unfall / den Unfällen achte ich mehr auf meine Sicherheit am Arbeitsplatz.

Dieses Item wurde nur von den Schülern beantwortet, die bereits selbst einen Arbeitsunfall erleiden mussten, dies traf bei 18 der insgesamt 122 Untersuchungsteilnehmer ein. Der Aussage, dass sie seit dem Unfall mehr auf ihre Sicherheit achten würden, stimmten 50% (n = 9) „voll zu“ und 44,4% (n = 8) „eher zu“. Lediglich 5,6% (n = 1) der Befragten stimmten „eher nicht“ zu, dass ein Unfall gar keine Auswirkungen auf die jeweilige Person hatte, gab niemand an.

Item 14: Ich war bereits Zeuge von Arbeitsunfällen, die sich wegen missachteten Sicherheitsrichtlinien ereignet haben (z.B. wenn Kollegen keine Schutzbrille getragen, unter Spannung gearbeitet oder keine Sicherheitsschuhe getragen haben). Seit dem Unfall / den Unfällen achte ich mehr auf meine Sicherheit am Arbeitsplatz.

Hier wurden, ähnlich wie bei Item 13, nur Daten von Schülern erhoben, die bereits Zeuge eines Arbeitsunfalls von Kollegen waren, dies war bei 40 Teilnehmern der Fall. Bezüglich der Frage, ob die Befragten seit der Beobachtung des Unfalls bzw. der Unfälle mehr auf die Arbeitssicherheit achten würden, antworteten 45% (n = 18) mit „Trifft voll zu“, 42,5% (n = 17) mit „Trifft eher zu“, 10,0% (n = 4) mit „Trifft eher nicht zu“ und 2,5% (n = 1) mit „Trifft gar nicht zu“.

Item 15: Ich befolge die allgemeinen Sicherheitsrichtlinien am Arbeitsplatz (z.B. Sicherheitsschuhe tragen, Schutzbrille aufsetzen, Arbeit unter Spannung verboten, etc.).

Hier gaben 56,0% (n = 65) der Befragten mit „Trifft voll zu“ an, dass sie die allgemeinen Sicherheitsrichtlinien am Arbeitsplatz einhalten würden, 42,2% (n = 49) bestätigten dies mit der Antwort „Trifft eher zu“. Lediglich jeweils 0,9% (n = 1) antworteten auf dieses Item mit „Trifft eher nicht zu“ bzw. „Trifft gar nicht zu“.

Item 16: Sicherheitszeichen (wie z.B. „Rauchen verboten“ oder „Schutzbrille tragen“) nutze ich, um zu erkennen, worauf ich in der Arbeit Acht geben muss.

Auch bezüglich der Aussage, ob sie Sicherheitszeichen am Arbeitsplatz beachten würden, sah die Antwortverteilung ähnlich aus. 57,8% (n = 67) der Befragten stimmten der Aussage „voll“ zu, 33,6% (n = 39) stimmten „eher“ zu. Der Anteil der Lernenden, die „eher nicht“ zustimmten, lag bei 7,8% (n = 9) und lediglich 0,9% (n = 1) antworteten mit „Trifft gar nicht zu“.

Item 19: Erklärungen von Mitschülern helfen mir, Fehler in Zukunft zu vermeiden.

Die Hälfte der Befragten (50,0%, n = 61) gaben an, dass es „eher“ zuträfe, dass ihnen Erklärungen von Mitschülern helfen würden, zukünftige Fehler zu vermeiden. 41,0% (n = 50) antworteten hierauf mit „Trifft voll zu“. Nur 8,2% (n = 10) gaben an, dass dies „eher nicht“ zutrifft, bei 0,8% (n = 1) trifft diese Aussage „gar nicht“ zu.

Item 21: Erklärungen von Lehrkräften helfen mir, Fehler in Zukunft zu vermeiden.

Im Falle der Erklärungen durch Lehrkräfte gaben 60,7% (n = 74) an, dass die Aussage „eher“ zuträfe, der Anteil der Antwort „Trifft voll zu“ ist mit 31,1% (n = 38) etwas geringer als bei Erklärungen durch Mitschüler. Mit 6,6% (n = 8) bei „Trifft eher nicht zu“ und 1,6% (n = 2) bei „Trifft gar nicht zu“ verhält es sich bei diesen Antworten ähnlich wie bei Item 19.

Item 22: Wenn Lehrer im Unterricht vorweg auf mögliche Fehler aufmerksam machen, hilft mir das dabei, diese Fehler zu vermeiden (z.B. typische Fehler beim Zeichnen von Schalt- oder Konstruktionsplänen).

Über die Hälfte der Befragten (52,5%, n = 64) gaben hier mit der Antwort „Trifft voll zu“ an, dass ihnen das Vorwegnehmen von Fehlern durch Lehrkräfte im Unterricht helfen würde, zukünftige Fehler zu vermeiden. Weitere 45,9% (n = 56) stimmten dieser Aussage „eher“ zu. Lediglich 1,6% (n = 2) antworteten mit „Trifft eher nicht zu“, die Antwort „Trifft gar nicht zu“ wurde nicht gewählt.

6.3.4 Verhaltensänderung bewirken

Die Schülerantworten zu den Items 13-18 und 20 zur Untersuchung der Funktion neg. Wissens „Verhaltensänderung bewirken“ sind als Gestapelte-Säulen-Diagramm in Abb. 6.13 dargestellt.

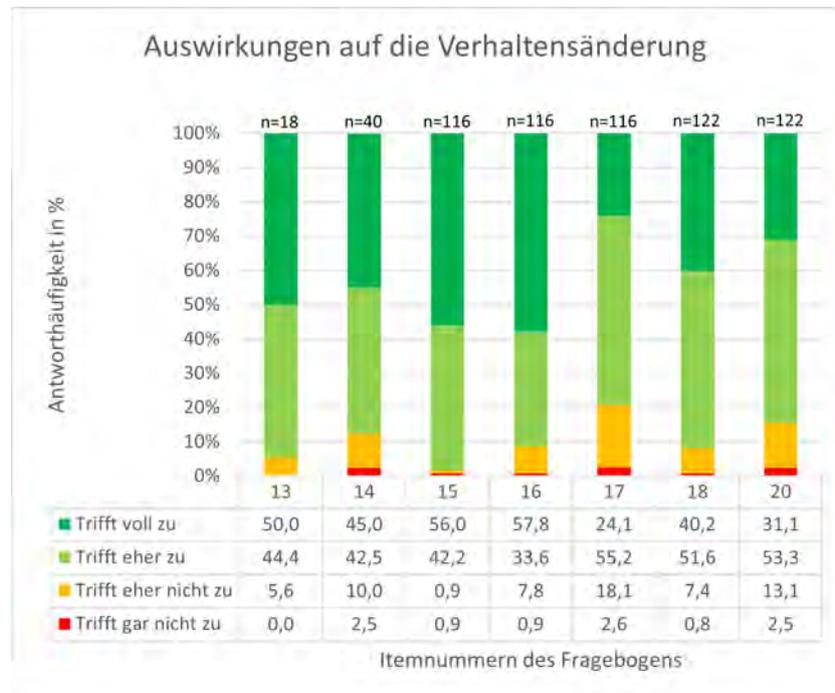


Abb. 6.13: Gestapelte-Säulen-Diagramm der Items 13-18 und 20 zur Untersuchung der Funktion neg. Wissens „Verhaltensänderung bewirken“.

Wie in Abschn. 2.2.2 beschrieben, überschneiden sich die Funktionen negativen Wissens zum Teil gegenseitig, daher werden die Items 13-16 nicht nur im Rahmen der Funktion „Schutzfunktion für das Richtige bewirken“, sondern auch hier betrachtet. Eine Beschreibung der Ergebnisse dieser Items ist bei Abb. 6.12 zu finden.

Item 17: Wenn ich sehe, dass Kollegen gewisse Sicherheitsmaßnahmen nicht einhalten, weise ich sie darauf hin.

Mit den Antworten „Trifft voll zu“ (24,1%, n = 28) und „Trifft eher zu“ (55,2%, n = 64) gab ein Großteil der Lernenden an, dass Kollegen auf nicht eingehaltene Sicherheitsmaßnahmen hinweisen würden. Etwa ein Fünftel („Trifft eher nicht zu“: 18,1%, n = 21; „Trifft gar nicht zu“: 2,6%, n = 3) gab an, dass sie ihre Kollegen eher nicht oder gar nicht darauf hinweisen würden.

Item 18: Bei Schwierigkeiten im Unterricht bitte ich Mitschüler um Hilfe.

Über 90% der Schüler gaben an, dass diese Aussage „voll“ (40, 2%, n = 49) oder „eher“ (51, 6%, n = 63) zuträfe, 7, 4% (n = 9) gaben an, dass dies „eher nicht“ zutrifft. Dass sie ihre Mitschüler „gar nicht“ um Hilfe bitten würden, gaben lediglich 0, 8% (n = 1) an.

Item 20: Bei Schwierigkeiten im Unterricht bitte ich Lehrkräfte um Hilfe.

Im Vergleich zu Item 18 gaben etwas weniger Schüler an, dass sie Lehrkräfte um Hilfe bitten würden. 31, 1% (n = 38) antworteten mit „Trifft voll zu“, 53, 3% (n = 65) mit „Trifft eher zu“. Dass sie Lehrkräfte „eher nicht“ um Hilfe bitten würden, gaben 13, 1% (n = 16) an und, dass sie diese „gar nicht“ um Hilfe bitten würden 2, 5% (n = 3).

6.4 Advokatorische Situationen im Unterricht

Zur Untersuchung der Auswirkungen des Darstellens advokatorischer Situationen im Unterricht wurden die Items 11-14 und 22 herangezogen. Mit den Items 11, 12 und 22 sollen hierbei Einschätzungen und Ansichten von Schülern festgestellt werden. Mit den Items 13 und 14 soll mit Hilfe eines statistischen Signifikanztests überprüft werden, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den Auswirkungen eigener Fehler und den Auswirkungen von beobachteten Fehlern anderer gibt.

Die Schülerantworten zu den Items 11, 12 und 22 zur Untersuchung der Auswirkungen des Darstellens advokatorischer Situationen im Unterricht sind als Gestapelte-Säulen-Diagramm in Abb. 6.14 dargestellt.

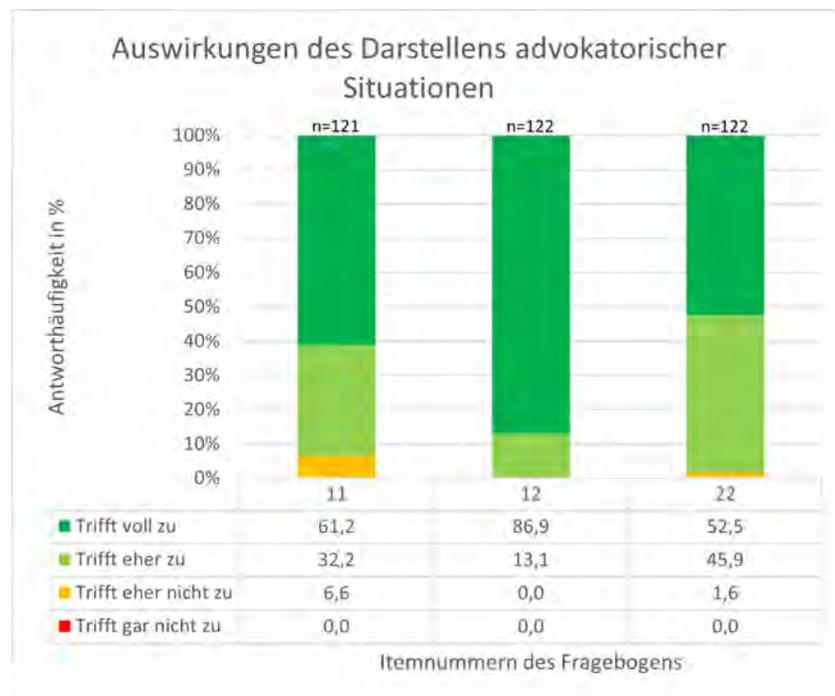


Abb. 6.14: Gestapelte-Säulen-Diagramm der Items 11, 12 und 22 zur Untersuchung der Auswirkungen des Darstellens advokatorischer Situationen im Unterricht.

Item 11: Ich finde es sinnvoll, die Fehlersuche an Drehstrommotoren in der Schule und nicht durch Kundenaufträge im Betrieb zu lernen.

Über 90% der Schüler gaben durch die Antworten „Trifft voll zu“ (61,2%, n = 74) und „Trifft eher zu“ (32,2%, n = 39) an, dass sie es sinnvoll finden, eine Fehlersuche an Drehstrommotoren bereits in der Schule zu erproben. Nur 6,6% gaben an, dass sie es „eher nicht“ (n = 8) sinnvoll finden, die Antwort „Trifft gar nicht zu“ trat nicht auf.

Item 12: Ich finde es gut, dass wir die echten Auswirkungen verschiedenen Fehlerarten an Drehstrommotoren durch das Video sehen konnten.

Es ist zu beobachten, dass es alle Schüler gut fanden, die realen Auswirkungen von Fehlern auf Drehstrommotoren durch das in der Unterrichtssequenz gezeigte Video sehen zu können. 86,9% ($n = 106$) stimmten der Aussage „voll“ zu, die restlichen 13,1% ($n = 16$) stimmten „eher“ zu.

Item 22 wurde bereits im Rahmen der Analyse der Funktion „Schutzfunktion für das Richtige bewirken“ untersucht. Eine Beschreibung der Ergebnisse dieses Items ist bei Abb. 6.12 zu finden.

Bei den Items 13 bzw. 14 wird mit Hilfe eines zweiseitigen Zweistichproben-t-Tests untersucht, ob signifikante Unterschiede bezüglich der Verhaltensänderung nach eigenen Unfällen und nach Unfällen von Kollegen bestehen, um Rückschlüsse auf die Wirkung advokatorischer Situationen ziehen zu können. Es werden dabei die Null- und Alternativhypothesen H_0 und H_1 formuliert:

H_0 : Eine Verhaltensänderung ist unabhängig davon, ob man einen Unfall selbst erleidet oder diesen lediglich beobachtet.

H_1 : Eine Verhaltensänderung ist abhängig davon, ob man einen Unfall selbst erleidet oder diesen lediglich beobachtet.

Die Abhängige Variable (AV) stellt hierbei der jeweilige Unfallkontext dar, die Unabhängige Variable (UV) ist die mit dem Unfall einhergehende individuelle Verhaltensänderung. Es wird ein Signifikanzniveau von 5% für die Ablehnung der Nullhypothese festgelegt. Die Stichprobengrößen von Item 13 ($n = 18$) und Item 14 ($n = 40$) sind von unterschiedlicher Größe, da es sich dabei jedoch ausschließlich um Schüler der selben Schule bzw. Klassen handelt, werden diese als abhängig gewertet. Die Ergebnisse des t-Tests sind in Abb. 6.15 dargestellt.

Ergebnis des Tests sind ein t-Wert von 0,7091 sowie ein p-Wert (2-seitig) von 0,4812, die Unterschiede zwischen den Stichproben sind nicht signifikant und daher wird die Nullhypothese H_0 beibehalten. Es kann nach dieser Untersuchung folglich mit einer Konfidenz von 95% behauptet werden, dass kein signifikanter Unterschied zwischen der Verhaltensänderung von Schülern nach eigenen Unfällen und nach Unfällen von Kollegen besteht.

	Mittelwert	N	Standard- abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Verhaltensänderung nach eigenen Unfällen	3,444	18	0,616	0,145
Verhaltensänderung nach Unfällen von Kollegen	3,300	40	0,758	0,120

T-Test für die Mittelwertgleichheit							
Mittelwert	Standard- abweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz		T	df	Sig. (2-seitig)
			Untere	Obere			
0,14	-0,14	0,20	-0,26	0,55	0,7091	56	0,4812

Abb. 6.15: Ergebnisse des zweiseitigen Zweistichproben-t-Tests zur Untersuchung der Unterschiede bezüglich der Verhaltensänderung von Schülern nach eigenen Unfällen und nach Unfällen von Kollegen.

6.5 Negative Beschämung der Lernenden verringern

Für die Untersuchung, ob die Vermittlung negativen Wissens im Unterricht das Risiko einer negativen Beschämung der Lernenden verringern kann, wird mit den Items 23-25 ermittelt, ob Lernende das Zugeben von Fehlern gegenüber Kollegen mehr belastet als gegenüber Mitschülern oder Lehrkräften. Die Schülerantworten zu den Items sind als Gestapelte-Säulen-Diagramm in Abb. 6.16 dargestellt.¹

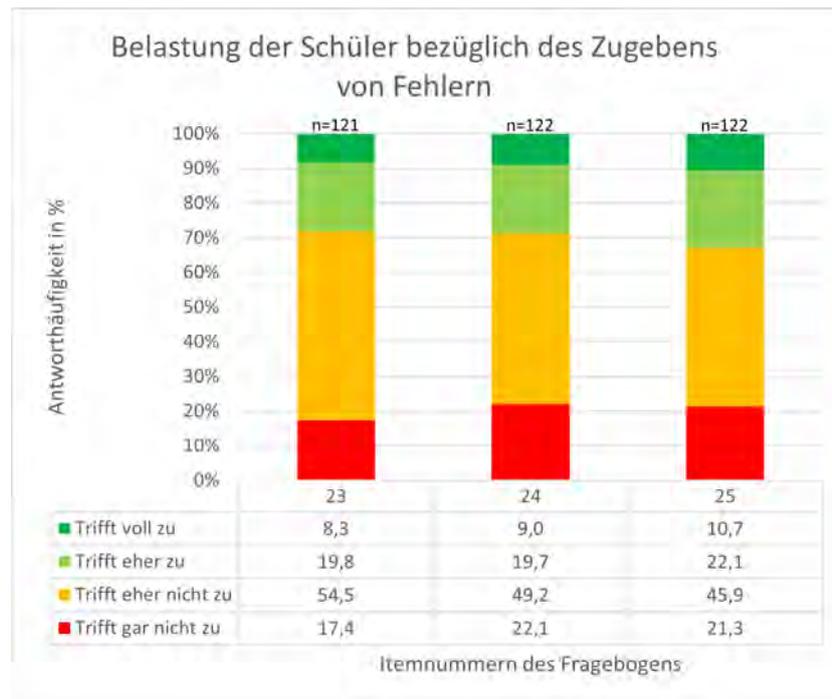


Abb. 6.16: Gestapelte-Säulen-Diagramm der Items 23, 24 und 25 zur Untersuchung der psychischen Belastung der Lernenden beim Zugeben von Fehlern.

Item 23: Ich gebe im Betrieb ungerne Fehler gegenüber meinen Kollegen zu.

Nur ein geringer Teil der Befragten gaben an, dass diese Aussage „voll“ (8,3%, n = 10) oder „eher“ (19,8%, n = 24) zutrifft. 54,5% (n = 66) beantworteten dieses Item mit „Trifft eher nicht zu“ sowie 17,4% (n = 21) mit „Trifft gar nicht zu“. Dementsprechend haben über 70% der Lernenden keine oder fast keine Schwierigkeiten bzgl. des Zugebens von Fehlern gegenüber Kollegen.

¹Die Ergebnisse der Items 23-25 unterscheiden sich sehr stark von den sehr homogen verteilten Antwortmustern der Items 1-22. Dies ist ein deutliches Zeichen dafür, dass die Schüler nicht nur immer dieselbe Antwort unabhängig von der Fragestellung gewählt haben, sondern, dass sie tatsächlich bei jedem Item ihre ehrliche und reflektierte Meinung angegeben haben.

Item 24: Ich gebe in der Schule ungern Fehler gegenüber meinen Mitschülern zu.

Die Ergebnisse dieses Items ähneln sehr stark denen des Items 23. 9,0% (n = 11) stimmten der Aussage „voll“ zu, 19,7% (n = 24) stimmten „eher“ zu. 49,2% (n = 60) der Schüler antworteten mit „Trifft eher nicht zu“ und 22,1% (n = 27) sogar mit „Trifft gar nicht zu“.

Item 25: Ich gebe in der Schule ungern Fehler gegenüber Lehrkräften zu.

Auch bei Item 25 sind nur geringfügige Unterschiede zu den Items 23 und 24 zu sehen. 10,7% (n = 13) der Befragten antworteten mit „Trifft voll zu“, 22,1% (n = 27) mit „Trifft eher zu“, 45,9% (n = 56) mit „Trifft eher nicht zu“ und 21,3% (n = 26) mit „Trifft gar nicht zu“.

Mit Hilfe eines zweiseitigen Zweistichproben-t-Tests wird überprüft, ob es für die Lernenden einen signifikanten Unterschied macht, wem gegenüber sie Fehler zugeben müssen. Dies soll Aufschluss darüber geben, ob Lernende im Betrieb stärker bzw. öfter negativ beschämt werden als in der Berufsschule. Es werden folgende Null- und Alternativhypothesen H_0 und H_1 formuliert:

H_0 : Es macht keinen Unterschied, wem gegenüber Lernende Fehler zugeben müssen.

H_1 : Es macht einen Unterschied, wem gegenüber Lernende Fehler zugeben müssen.

Die Abhängige Variable (AV) ist die Person, gegenüber der ein Fehler zugegeben werden muss, die Unabhängige Variable (UV) ist der jeweilige Grad an psychischer Belastung der Lernenden. Es wird ebenfalls ein Signifikanzniveau von 5% für die Ablehnung der Nullhypothese festgelegt. Die Stichprobengrößen von Item 23 (n = 121) ist um 1 geringer als die Stichprobengrößen der Items 24 und 25 (n = 122). Die Daten des Schülers, welcher bei Item 23 keine Antwort abgegeben hat, werden bei den Stichproben der Items 24 und 25 demnach nicht berücksichtigt, um einen gepaarten t-Test für zwei gleiche Stichproben durchführen zu können. Es wird ein Test für die Items 23 und 24 durchgeführt, um die Unterschiede bezüglich des Zugebens von Fehlern gegenüber Kollegen und Mitschülern untersuchen zu können. Auch wird ein Test für die Items 23 und 25 durchgeführt, um die Unterschiede bezüglich des Zugebens von Fehlern gegenüber Kollegen und Lehrkräften zu prüfen. Die Ergebnisse der t-Tests sind in Abb. 6.17 dargestellt.

Bei dem Test bzgl. der Unterschiede zwischen Kollegen und Mitschülern wurden ein t-Wert von 0,8839 sowie ein p-Wert (zweiseitig) von 0,3785 errechnet, bei dem Test bzgl. der Unterschiede zwischen Kollegen und Lehrkräften ergaben sich ein t-Wert von 0,2616 sowie ein p-Wert (zweiseitig) von 0,7941. Die Unterschiede sind bei keinem der beiden Tests signifikant und daher wird die Nullhypothese H_0 in beiden Fällen beibehalten. Es kann in Zusammenhang mit dieser Untersuchung folglich mit einer Konfidenz von 95% behauptet werden, dass kein signifikanter Unterschied bezüglich der psychischen

Belastung von Schülern beim Zugeben von Fehlern gegenüber Kollegen und Mitschülern bzw. Kollegen und Lehrkräften besteht.

	Mittelwert	N	Standard- abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Belastung beim Zugeben von Fehlern gegenüber Kollegen	2,190	121	0,820	0,075
Belastung beim Zugeben von Fehlern gegenüber Mitschülern	2,140	121	0,859	0,078

Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
Mittelwert	Standard- abweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
0,05	-0,04	0,056	-0,06	0,16	0,8839	120	0,3785

	Mittelwert	N	Standard- abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Belastung beim Zugeben von Fehlern gegenüber Kollegen	2,190	121	0,820	0,075
Belastung beim Zugeben von Fehlern gegenüber Lehrkräften	2,207	121	0,894	0,081

Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
Mittelwert	Standard- abweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
-0,02	-0,07	0,063	-0,14	0,11	0,2616	120	0,7941

Abb. 6.17: Ergebnisse der zweiseitigen Zweistichproben-t-Tests zur Untersuchung der Unterschiede bezüglich der psychischen Belastung von Schülern beim Zugeben von Fehlern gegenüber Kollegen und Mitschülern bzw. Kollegen und Lehrkräften.

6.6 Schriftliche Anmerkungen zur Unterrichtssequenz

In der Schülerbefragung erhielten die Lernenden mit Item 26 - „Was ich sonst noch zum Unterricht sagen möchte“ - zudem die Möglichkeit, optional und anonym Anmerkungen zur durchgeführten Unterrichtssequenz anzubringen. Insgesamt wurde das Item von 55 der insgesamt 122 Befragten beantwortet, bis auf wenige Ausnahmen fiel die Kritik sehr positiv aus. Die Antworten wurden zur Auswertung in verschiedene Kategorien eingeteilt.

In 38 Fällen bemerkten die Schüler, dass sie den Unterricht allgemein sehr gut fanden, davon gingen die Schüler in 4 Fällen speziell auf die gelungene Kombination aus Theorie und Praxis ein. Der Unterricht wurde als sehr aufschlussreich, interessant, informativ, verständlich und gut strukturiert beschrieben. Fernerhin merkten einige der Befragten an, dass sie diese Form des Unterrichts als sehr abwechslungsreich und anschaulich empfanden.

4 Schüler merkten an, dass das für die Unterrichtssequenz gedrehte Video über die Fehlerarten bei Drehstrommotoren gewinnbringend fanden, hauptsächlich deswegen, weil in dem Video die Motoren durch die zuvor theoretisch aufgearbeiteten Fehlerarten zerstört wurden. 1 weiterer Schüler hob dabei jedoch hervor, dass das Video etwas zu lange sei, dieses sollte ihm zufolge noch etwas kürzer gehalten werden.

Bei der Beantwortung des Items gingen 5 Lernende speziell auf den Praxisbezug der Unterrichtsinhalte ein. Sie merkten beispielsweise an, dass sie es sehr interessant fanden zu sehen, wie sich Motoren bei verschiedenen Fehlern verhalten. Auch die Demontage und die damit verbundene Begutachtung der einzelnen Bauteile der Motoren nach Eintritt eines Fehlers wurde hier als sehr positiv bewertet.

Überdies gingen 4 Schüler darauf ein, dass die Unterrichtssequenz von der Lehrkraft sehr gut gestaltet wurde.

Ein Kritikpunkt, der von 5 Lernenden aufgegriffen wurde, war, dass die Zeit für die Unterrichtssequenz mit drei Unterrichtseinheiten etwas zu knapp bemessen war, aus diesem Grund mussten einzelne Unterrichtsabschnitte zum Teil etwas schneller besprochen werden. Dies hatte zur Folge, dass es beispielsweise für einen Schüler am Ende noch nicht ganz klar war, wie man aus den Messdaten auf die Art des Motorenfehlers schließen kann.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Unterrichtskonzept von den Lernenden sehr gut angenommen wurde. Insbesondere der Praxisbezug der Unterrichtsinhalte hinsichtlich der verschiedenen Motorenfehler sowie die Möglichkeit, durch das im Unterricht gezeigte Video die realen Auswirkungen dieser Fehler auf Drehstrommotoren sehen zu können, wurden von den Schülern als sehr positiv bewertet. Die einzigen negativen Kritikpunkte stellten eine etwas zu lange Abspieldauer des Videos sowie eine etwas zu knapp bemessene Unterrichtszeit dar, diese Problematiken beziehen

sich jedoch nicht auf das Unterrichtskonzept an sich, sondern vielmehr auf die Rahmenbedingungen des Unterrichts und die verwendeten Lehrmedien.

7 Interpretation der Ergebnisse

Allgemein kann festgestellt werden, dass das Konzept der gezielten Vermittlung negativen Wissens im Unterricht bei den Schülern sehr viel Anklang fand. Die Antworten zu den Items 1-12 über den persönlichen Nutzen der im Unterricht behandelten Themen (u. a. dargestellt in den Abb. 6.10, 6.11 und 6.14) fielen sehr positiv aus, 56% der Antworten wurden mit „Trifft voll zu“ und 38% mit „Trifft eher zu“ beantwortet. Dies deutet grundsätzlich auf ein hohes Potenzial der Vermittlung negativen Wissens für den Kompetenzerwerb der Schüler hin. Im Folgenden werden die Ergebnisse aller im Fragebogen untersuchten Aspekte genauer erläutert und interpretiert.

7.1 Unterschiede zwischen den Fachrichtungen

Es nahmen insgesamt 122 Lernende an der Studie teil, die genaue Zusammensetzung der Schüler bzgl. deren Fachrichtung wie sie in Abb. 6.1 gezeigt ist, kam durch die organisatorischen Gegebenheiten an den Beruflichen Schulen Altötting zustande. Die im Rahmen der Untersuchung durchgeführte Unterrichtssequenz sollte so gut wie möglich in die aktuelle Unterrichtsthematik der jeweiligen Klassen eingefügt werden, eine Durchführung in einer Klasse der Elektroniker/innen für Betriebstechnik war diesbezüglich leider nicht möglich. Zu Beginn der Ergebnisauswertung wurde mit Hilfe einer Faktoranalyse überprüft, ob die Antwortmuster der Schüler beim Ausfüllen des Fragebogens von deren jeweiliger Fachrichtung abhängen. Das Ergebnis der Analyse war, dass die Antwortmuster der jeweiligen Schüler sehr gut miteinander korrelieren. Der ermittelte Wert der erklärten Gesamtvarianz von 91,7% bei nur einem Faktor (vgl. Abb. 6.3) sagt hierbei aus, dass es nur unwesentliche Schwankungen zwischen den Antwortmustern der jeweiligen Fachrichtungen gibt, wodurch die weitere Auswertung der Ergebnisse ohne Berücksichtigung der verschiedenen Berufsgruppen der Schüler statt fand.

Diese Analyse zeigt sehr deutlich, dass die Akzeptanz des Unterrichtskonzepts nur marginal von der Fachrichtung der Schüler abhängt. Gewisse Unterschiede bzgl. des Vorwissens der Lernenden aufgrund unterschiedlicher Lehrpläne bzw. des angestrebten Berufsabschlusses im Allgemeinen spielen nur eine geringfügige Rolle. Die Ergebnisse der Untersuchung geben somit nicht nur Aufschluss über die Auswirkungen negativen Wissens bei den hier befragten Berufsgruppen, sondern können auch auf andere technische Berufe übertragen werden.

7.2 Funktionen negativen Wissens

Gemäß Abschn. 2.4 nimmt die Aneignung von Wissensaspekten einen hohen Stellenwert beim Erwerb beruflicher Kompetenzen ein. Um zu wissen was eine Sache ist, muss man allerdings immer auch wissen, was sie nicht ist (vgl. Abschn. 2.2). In der beruflichen Bildung ist es daher nicht ausreichend, lediglich zu erläutern, wie ein bestimmter beruflicher Prozess im Normalfall abläuft, sondern es muss fernerhin auch geklärt werden, wodurch dieser Prozess fehlschlagen kann und wie die damit einhergehenden Probleme gelöst werden können. Negatives Wissen sollte dem Richtigen, bzw. dem positiven Wissen gegenübergestellt werden um den Aufbau einer Art inneren Warnsystems zu begünstigen.

Zur Untersuchung des tatsächlichen Einflusses negativen Wissens auf den Kompetenzerwerb von Schülern wurden mehrere Faktoren bestimmt, durch welche auf die Wirksamkeit dieses Konzepts geschlossen werden kann. Zu diesem Zweck wurden die in Abschn. 2.2.2 aufgeführten Funktionen negativen Wissens mit jeweils verschiedenen Items des Fragebogens untersucht. Es handelt sich bei diesem Teil der Untersuchung um eine reine Querschnittstudie, es gibt nur eine Stichprobe, deren Daten zudem nur zu einem Zeitpunkt erhoben wurden. Daher sind die nachfolgend dargestellten Ergebnisse von rein beschreibender Natur, sie sollen jedoch Anhaltspunkte liefern, ob eine weitere Untersuchung des Konzepts, beispielsweise in zukünftigen Forschungsarbeiten, sinnvoll ist oder ob der Grundgedanke der gezielten Vermittlung negativen Wissens im Unterricht verworfen werden kann.

7.2.1 Transfer ermöglichen und Sicherheit & Gewissheit vermitteln

Durch den Erwerb negativen Wissens sollen sich positive Auswirkungen auf die Transferleistungen von Schülern ergeben. Beim Transfer geht es hauptsächlich um die Fähigkeit der Lernenden, gelernte Problemlösungen auf ähnliche, vergleichbare Situationen zu übertragen. Daher sollte mittels der Items 1-5 untersucht werden, wie sich die Schüler ihrer Ansicht nach, basierend auf dem in der Unterrichtssequenz vermittelten negativen Wissen, auf vergleichbare Situationen vorbereitet fühlen. Hierzu gehört auch das Verständnis der technischen Hintergründe für bestimmte zu treffende Sicherheitsvorkehrungen oder bestimmte Arbeitsabläufe. Diese Hintergründe vermitteln jedoch auch Sicherheit und Gewissheit, beispielsweise im Umgang mit Maschinen oder Messgeräten, wodurch diese Funktion negativen Wissens ebenfalls durch diese Items überprüft werden kann.

Die Ergebnisse, dargestellt in Abb. 6.10, zeigen deutlich, dass die Schüler ihrer Einschätzung nach in allen fünf Bereichen einen Zuwachs an diesbezüglichen Fähigkeiten erhielten, der Anteil der Antworten „Trifft eher nicht zu“ und „Trifft gar nicht zu“, welche auf keine Verbesserung diesbezüglicher Fähigkeiten hinweisen, beträgt lediglich 3, 4%. Die Vermutung, dass die Vermittlung negativen Wissens

im Unterricht positive Auswirkungen auf die Transferleistung von Schülern und die Vermittlung von Gewissheit und Sicherheit hat, liegt dementsprechend nahe.

7.2.2 Kontraste bilden und Abgrenzungen vornehmen

Auch das Bilden von Kontrasten sowie das Vornehmen von Abgrenzungen soll durch den Erwerb negativen Wissens begünstigt werden. Bei der Kontrastbildung geht es in erster Linie darum, Sachverhalte erkenntnisstärkend einordnen zu können, die Vornahme von Abgrenzungen hingegen dient der Klärung, wo ein komplexes Konzept in das nächste übergeht. Die Items 6-10 handeln inhaltlich davon, ob Schüler durch das im Unterricht erworbene negative Wissen beispielsweise Urteile über getroffene Schutzvorkehrungen treffen oder bewerten können, ob Motoren fachgerecht verwendet werden und eignen sich daher gut, um die hier dargestellten Funktionen negativen Wissens zu überprüfen.

Über 90% der Schüler beantworteten diese fünf Items mit „Trifft eher zu“ oder „Trifft voll zu“ (vgl. Abb. 6.11), in Bezug auf die im Unterricht behandelten Themen schätzen die Lernenden ihre Fähigkeiten der Kontrastbildung und Vornahme von Abgrenzungen dementsprechend stärker ein als vor der Unterrichtssequenz. Es kann die Annahme getroffen werden, dass die Vermittlung negativen Wissens im Unterricht auch bei den hier untersuchten Funktionen einen positiven Effekt auf Schüler bewirken könnte.

7.2.3 Schutzfunktion für das Richtige bewirken

Ein weiterer Aspekt negativen Wissens ist das Bewirken einer Schutzfunktion für das Richtige, man spricht hierbei oft vom sogenannten Schutzwissen. Dieses kann einerseits durch eigene Fehler, andererseits aber auch durch die Beobachtung von Fehlern anderer oder allgemein der Auseinandersetzung mit Mängeln, Defekten und Irrtümern erworben werden. Bei den Items 13 und 14 geht es inhaltlich um die Verhaltensänderung, die bei Schülern auf eigene Unfälle bzw. auf das Beobachten von Unfällen anderer folgte. Es soll dabei gezeigt werden, dass sich die Lernenden aufgrund der negativen Erfahrungen vor zukünftigen Unfällen schützen wollen. Bei den Items 15 und 16 geht es um das Befolgen von Sicherheitsrichtlinien am Arbeitsplatz bzw. darum, ob die Befragten auf Sicherheitszeichen am Arbeitsplatz achten. Sofern die Schüler den Aussagen zustimmen, gilt dies als Anhaltspunkt dafür, dass sie z.B. durch Sicherheitsschulungen, in denen die Richtlinien und Zeichen erklärt wurden, Schutzwissen aufgebaut haben. Die Items 19, 21 und 22 handeln von Situationen im Unterricht, in denen die Schüler gelernt haben, gewisse Fehler zukünftig zu vermeiden, bei den Items 19 und 21 wurde den Lernenden durch Erklärungen von Mitschülern und Lehrkräften nach eigenen Fehlern der Erwerb von Schutzwissen ermöglicht, im Fall von Item 22 geschah dies dadurch, dass möglichen Fehlerquellen durch Lehrkräfte

vorgebeugt wurde. Die Antworten auf die Fragen geben folglich Rückschluss darauf, ob Schülern durch Fehlersituationen der Erwerb von Schutzwissen ermöglicht wurde.

Die Auswertung dieser Ergebnisse, dargestellt in Abb. 6.12, zeigt, dass nur 6,3% der Schüler mit den Antworten „Trifft eher nicht zu“ und „Trifft gar nicht zu“ angedeutet haben, dass sie in diesbezüglichen Situationen kein oder nur sehr wenig Schutzwissen aufbauen konnten, dies weist auf eine hohe Effektivität des Darstellens von Fehlersituationen bzw. auf einen hohen Lehrgehalt von Unfällen hin. Besonders hervorzuheben ist, dass die Vorwegnahme von möglichen Fehlern durch die Lehrkraft (Item 22) von insgesamt 98,4% der Lernenden mit den Antworten „Trifft eher zu“ oder „Trifft voll zu“ als sehr hilfreich bewertet wurde. Die Vermutung liegt nahe, dass die Behandlung von Fehlersituationen essenziell für den Erwerb von Schutzwissen ist.

7.2.4 Verhaltensänderung bewirken

Die letzte hier untersuchte Funktion negativen Wissens ist das Bewirken einer Verhaltensänderung. Grundsätzlich geht es dabei darum, dass verletzendes Verhalten gegenüber anderen Personen zu Konflikten führt, mit denen man sich gezwungenermaßen auseinandersetzen muss. Durch die Rekonstruktion und das Überdenken dieser Situationen erwirbt man negatives Wissen und wird für bestimmte Verhaltensweisen sensibilisiert. In dieser Untersuchung geht es weniger um Situationen, in denen sich die Schüler gegenüber anderen verwerflich verhalten haben, sondern vielmehr um Situationen, in denen innere Konflikte entstanden sind. So führt z.B. bei den Items 13 und 14 das Erleiden oder Beobachten eines Unfalls, welcher hätte vermieden werden können, zu einem Auseinandersetzen mit dessen Ursachen. Auch bei den Items 15 und 16 bezüglich der Sicherheitsrichtlinien und Sicherheitszeichen kann davon ausgegangen werden, dass sich die Lernenden aufgrund des Mehraufwands, welcher oftmals mit dem Befolgen von Sicherheitsvorschriften einhergeht, mit inneren Konflikten auseinandersetzen mussten. Item 17 handelt davon, ob die Befragten ihre Kollegen auf missachtete Sicherheitsmaßnahmen hinweisen würden und beschreibt dementsprechend, ob bereits eine derartige Reflektion mit dem Ergebnis einer Verhaltensänderung stattgefunden hat. Die Items 18 und 20 thematisieren letztlich die Bereitschaft der Befragten, Mitschüler und Lehrkräfte bei Schwierigkeiten um Hilfe zu bitten. Dieser Schritt erfordert, dass man sich zuvor selbst eingestehen musste, einer Aufgabe nicht gewachsen zu sein, was wiederum innere Konflikte auslöst. Die Angabe, dass man bei Problemen um Hilfe bittet, deutet dementsprechend darauf hin, dass man bereits eine Änderung des eigenen Verhaltens durchlaufen hat, da das öffentliche Zugeben eigener Schwächen für Menschen prinzipiell eher unüblich ist.

Die in Abb. 6.13 dargestellten Ergebnisse weisen hier auf eine hohe Wirksamkeit negativen Wissens bzgl. Verhaltensänderungen von Schülern hin. Bei den Items 13-16 antworteten 93,8% der Befragten

mit „Trifft eher zu“ oder „Trifft voll zu“. Dies lässt darauf schließen, dass sich die Lernenden bereits mit inneren Konflikten bzgl. Unfällen und Sicherheitsrichtlinien auseinandersetzen mussten. Bei Item 17 war der Anteil dieser beiden Antwortkategorien mit 79,4% wesentlich geringer. Dies lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass sich das Verhalten der Befragten bzgl. Sicherheitsmaßnahmen zwar bereits verändert hatte, das Ausmaß dieser Veränderung war jedoch noch nicht ausgeprägt genug, als dass sie sich wirklich mit den geforderten Werten identifizieren würden. Öffentlich für diese Werte einzustehen und andere auf die Missachtung der Maßnahmen hinzuweisen würde ein sehr hohes Maß an Überzeugung erfordern. Im Falle der Items 18 und 20 ist zu bemerken, dass die Befragten mit den Aussagen „Trifft eher zu“ oder „Trifft voll zu“ eher dazu tendieren, ihre Schwierigkeiten gegenüber Mitschülern (91,8%) als gegenüber Lehrkräften (84,4%) zuzugeben. Nichtsdestotrotz ist die Bereitschaft in beiden Fällen sehr groß. Diese Ergebnisse lassen folglich darauf schließen, dass mit dem Erwerb negativen Wissens eine positive Änderung des Verhaltens einhergehen kann.

7.2.5 Gesamtinterpretation der Funktionen

Resümierend deuten die Ergebnisse der Untersuchung darauf hin, dass alle beschriebenen Funktionen negativen Wissens wie in der Theorie beschrieben festgestellt werden können. Die Vermittlung negativen Wissens im Unterricht würde damit exakt die in Abschn. 2.4 beschriebenen Effekte bewirken die nötig sind, um Lernende bei deren Erwerb beruflicher Kompetenzen zu unterstützen. Es kann aus diesem Grund der Schluss gefasst werden, dass die Vermittlung negativen Wissens im berufsschulischen Kontext ein hohes Potenzial für die Unterstützung des Kompetenzerwerbs der Lernenden und damit auch für das Erlangen umfangreicher beruflicher Handlungsfähigkeit birgt.

7.3 Advokatorische Situationen im Unterricht

Die einfachste Art und Weise, negatives Wissen zu erwerben wäre, selbst negative Erfahrungen zu machen und im Anschluss zu reflektieren. Lernende können gewisse Fehler jedoch aufgrund der teils schwerwiegenden Konsequenzen im Berufsalltag nicht selbst begehen. Um diese Art von Fehlern vermeiden zu können, müssen die Schüler allerdings zuvor negatives Wissen in Form von Schutzwissen aufbauen. Dieses kann durch die advokatorische Darstellung gewisser Fehlersituationen im Unterricht erworben werden (vgl. Abschn. 2.4).

Es stellt sich hierbei die Frage, ob das durch die Behandlung und Reflektion advokatorischer Situationen erworbene Schutzwissen bei Schülern ähnlich stark ausgeprägt ist, wie beim Wissenserwerb durch eigene Fehlererfahrungen. In dieser Untersuchung wurde daher mit verschiedenen Items des Fragebogens versucht, Einschätzungen von Schülern über die Sinnhaftigkeit des Darstellens advokatorischer

Situationen im Unterricht zu erhalten. Mit den Items 11 und 12 wurden die Schüler befragt, ob sie es sinnvoll fanden, eine exemplarische Fehlersuche an Drehstrommotoren in der Berufsschule durchzuführen bzw. ob sie es damit einhergehend sinnvoll fanden, die realen Auswirkungen der verschiedenen Motorenfehler sehen zu können. Zusätzlich wurde mittels Item 22 überprüft, ob Schüler generell die Möglichkeit schätzen, gewisse Fehlerquellen bereits im Unterricht aufzugreifen, zu analysieren und zu reflektieren.

Die Ergebnisse dieser drei Items, dargestellt in Abb. 6.14 zeigen sehr deutlich, dass die Schüler die Darstellung advokatorischer Situationen im Unterricht als positiv empfinden. 97,3% der Befragten antworteten mit „Trifft eher zu“ oder „Trifft voll zu“, die restlichen 2,7% antworteten mit „Trifft eher nicht zu“. Dementsprechend sind nahezu alle Schüler von der Sinnhaftigkeit dieser Vorgehensweise überzeugt, fernerhin war niemand der Auffassung, dass diese advokatorischen Situationen gar keinen positiven Effekt hätten. Bemerkenswert ist hierbei, dass 100% der Lernenden Item 12 über den persönlichen Nutzen des Videos über die Motorenfehler mit „Trifft voll zu“ (86,9%) oder „Trifft eher zu“ (13,1%) beantwortet haben.

Zusätzlich wurde mit den Items 13 und 14 untersucht, ob es einen signifikanten Unterschied bzgl. der Verhaltensänderung nach eigenen Unfällen oder Unfällen von Kollegen, bei denen die Schüler Zeugen waren, gibt. Hierfür wurden die Schüler erst befragt, ob sie bereits einen Arbeitsunfall hatten bzw. Zeuge eines Unfalls waren, im Anschluss wurden die Lernenden, bei denen dies zutraf danach gefragt, ob sich ihr Verhalten bzgl. der Arbeitssicherheit daraufhin verändert hat.

Zur Untersuchung der Unterschiede wurde ein statistischer t-Test durchgeführt, die Ergebnisse sind in Abb. 6.15 dargestellt. Es konnte mit einer Konfidenz von 95% festgestellt werden, dass kein signifikanter Unterschied zwischen der Verhaltensänderung von Schülern nach eigenen Unfällen und nach Unfällen von Kollegen besteht. Dementsprechend kann der Schluss gezogen werden, dass das Darstellen advokatorischer Situationen im Unterricht den Lernenden nicht nur dabei hilft, Schutzwissen zu erwerben, für welches sie sonst teils schwerwiegende Fehler hätten begehen müssen, sondern auch, dass sich die Ausprägung des so erworbenen Wissens nicht signifikant von dem durch eigene Erfahrungen generierten Wissen unterscheidet.

Die Darstellung advokatorischer Situationen im Unterricht bzw. das dadurch erworbene Schutzwissen unterstützt dementsprechend mit hoher Wahrscheinlichkeit Lernende beim Erwerb umfassender beruflicher Kompetenzen. Der einzige Kritikpunkt an diesem Signifikanztest ist die relativ geringe Stichprobenzahl von $n = 18$ bei Item 13 und $n = 40$ bei Item 14. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich die insgesamt 122 Studienteilnehmer erst am Anfang ihres zweiten Ausbildungsjahres befanden und dementsprechend noch nicht oft mit beruflichen Unfallsituationen konfrontiert wurden. Es wäre sinnvoll, in Zukunft weitere ähnliche Tests mit größeren Stichproben durchzuführen, um dieses Ergebnis bestätigen zu können.

7.4 Negative Beschämung der Lernenden verringern

Wenn Auszubildende in deren Betrieb Fehler begehen, welche zum Teil große finanzielle Verluste mit sich bringen, ist es möglich, dass sie durch ihre Kollegen bzw. Vorgesetzten negativ beschämt werden. Die daraus resultierenden negativen Emotionen können dabei den Erwerb negativen Wissens bzw. dessen Transformation in Schutzwissen hemmen oder sogar gänzlich unterbinden. Ein inadäquater Umgang mit Fehlern von Lernenden kann dazu führen, dass diese nicht mehr aus ihren Fehlern lernen oder sie sogar als Schwäche deuten. Lernenden die Möglichkeit zu geben, gewisse Fehler bereits im Unterricht begehen zu können, in Kombination mit einer durch pädagogisch geschulte Lehrkräfte etablierten positiven Fehlerkultur, kann daher einer negativen Beschämung der Schüler sowie einer damit einhergehenden Blockade des Erwerbs negativen Wissens vorbeugen.

Im Rahmen dieser Untersuchung sollte dementsprechend festgestellt werden, ob dieser Effekt tatsächlich bei Lernenden zu beobachten ist. Mit den Items 23, 24 und 25 des Fragebogens wurden die Schüler dazu befragt, ob sie im Betrieb bzw. in der Berufsschule ungern Fehler gegenüber ihren Kollegen, Mitschülern und Lehrkräften zugeben. Dies lässt auf den Grad psychischer Belastung seitens der Schüler schließen, welchen die Schüler nach begangenen Fehlern im Betrieb oder in der Berufsschule erleben. Für den Fall, dass es den Befragten leichter fällt, Fehler gegenüber Mitschülern oder Lehrkräften zuzugeben als gegenüber Kollegen würde dies dafür sprechen, dass Risiko einer negativen Beschämung der Lernenden in der Berufsschule geringer ist, als im Betrieb.

Die Ergebnisse der drei Items (vgl. Abb. 6.16) zeigen, dass die Unterschiede bzgl. des Zugebens von Fehlern gegenüber Kollegen, Mitschülern und Lehrkräften auffallend gering sind. Zur Überprüfung, ob signifikante Unterschiede zwischen den drei Fällen bestehen, wurden zwei t-Tests durchgeführt, Ersterer um die Unterschiede zwischen Kollegen und Mitschülern zu untersuchen und Zweiterer für die Beurteilung der Kontraste zwischen Kollegen und Lehrkräften. Die Ergebnisse der Tests sind in Abb. 6.17 abgebildet. In beiden Fällen konnte mit einer Konfidenz von 95% festgestellt werden, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Zugeben von Fehlern gegenüber Kollegen oder Mitschülern bzw. Lehrkräften gibt. Die These, dass die Möglichkeit des Begehens von Fehlern in der Berufsschule bzw. eine von pädagogisch geschulten Lehrkräften initiierte positive Fehlerkultur das Risiko einer negativen Beschämung von Schülern verringern würde, kann somit nicht bestätigt werden. Im Betrieb getätigte Fehler und das damit erworbene negative Wissen haben mit hoher Wahrscheinlichkeit denselben Einfluss auf den Kompetenzerwerb von Lernenden wie Fehler, die in der Berufsschule getätigt wurden.

7.5 Schriftliche Anmerkungen zur Unterrichtssequenz

Bei den schriftlichen Anmerkungen zur Unterrichtssequenz erhielten die befragten Schüler die Möglichkeit, weitere Anmerkungen zum durchgeführten Unterricht bzw. zu diesem Unterrichtskonzept im Allgemeinen anzubringen, 55 der insgesamt 122 Studienteilnehmer haben eine schriftliche Anmerkung verfasst. Allgemein fiel die Kritik sehr positiv aus, in den meisten Fällen ging es bei den Antworten darum, dass die Lernenden den Unterricht als sehr gelungen empfanden. Insbesondere die Kombination aus Theorie und Praxis, das Video über die Motorenfehler sowie die Möglichkeit der Demontage der Motoren wurde sehr häufig erwähnt.

Dies zeigt deutlich, dass den Lernenden diese Art von Unterricht Spaß macht und, dass sie dabei, in Bezug auf die hier durchgeführte Unterrichtssequenz, auch umfangreiches Wissen über Drehstrommotoren bzw, Motorenfehler erwerben konnten. Die einzigen negativen Kritikpunkte, die seitens der Lernenden geäußert wurden, bezogen sich darauf, dass die angesetzte Unterrichtszeit von drei Unterrichtseinheiten etwas zu kurz war und, dass ein Teil des gezeigten Videos etwas kürzer hätte sein können. Diese Punkte beziehen sich jedoch nicht auf das Konzept der Vermittlung negativen Wissens, sondern vielmehr auf die Rahmenbedingungen des Unterrichts und die im Unterricht verwendeten Medien.

Insgesamt kann demnach festgestellt werden, dass das angebotene Unterrichtskonzept von den Schülern außerordentlich gut akzeptiert wird und hervorragend dafür geeignet ist, Schüler bei deren Kompetenzerwerb zu unterstützen.

8 Ausblick

Im Rahmen der Untersuchung wird deutlich, dass die Vermittlung negativen Wissens im Unterricht mit hoher Wahrscheinlichkeit einen positiven Einfluss auf den Kompetenzerwerb von Schülern hat. Durch die Auswertung des Schülerfragebogens zur durchgeführten Unterrichtssequenz, zur Arbeitssicherheit und zu allgemeinen Unterrichtssituationen kann festgestellt werden, dass die Lernenden Unterricht, in dem sie gezielt negatives Wissen erwerben können, als äußerst positiv bewerten. Anhand der schriftlichen Anmerkungen zur Unterrichtssequenz wird zudem deutlich, dass das generelle Unterrichtskonzept von den Schülern gut akzeptiert wird. Es wird untersucht, ob die verschiedenen Funktionen negativen Wissens wie „Transfer ermöglichen, Sicherheit und Gewissheit vermitteln, Kontraste bilden, Abgrenzungen vornehmen, Schutzfunktion für das Richtige bewirken und Verhaltensänderung bewirken“ als Faktoren zur Überprüfung des Einflusses negativen Wissens auf den Kompetenzerwerb bei den befragten Schülern tatsächlich zu beobachten sind. Bei allen Funktionen deuten die Ergebnisse der Befragung darauf hin, dass die gezielte Vermittlung negativen Wissens im Unterricht mit großer Wahrscheinlichkeit sehr positive Auswirkungen auf den Kompetenzerwerb hat. Jedoch ist zu bemerken, dass die Untersuchung als Querschnittstudie nur bei einem kleinen Kreis von Schülern und nur zu einem Zeitpunkt durchgeführt wurde, auf eine Vergleichsgruppe zur Überprüfung der Ergebnisse musste aus organisatorischen Gründen verzichtet werden. Die hier dargestellten Ergebnisse können somit keinen Zusammenhang zwischen der Vermittlung negativen Wissens und dem Kompetenzerwerb von Schülern beweisen, sondern müssen als Anhaltspunkte dafür betrachtet werden, dass es eine derartige Relation gibt. Zur abschließenden Klärung, welchen Einfluss negatives Wissen auf den Kompetenzerwerb von Schülern hat, müssen in zukünftigen Forschungsarbeiten daher noch weitere Studien durchgeführt werden, mit denen ein statistisch signifikanter Zusammenhang tatsächlich bewiesen werden kann. Dabei sollten auch unbedingt andere Fachrichtungen miteinbezogen werden.

Etwas anders gestaltete sich die Untersuchung bezüglich der Sinnhaftigkeit des Darstellens advokatorischer Situationen im Unterricht. Bei diesem Aspekt wird durch die Ergebnisse des Fragebogens einerseits gezeigt, dass die Schüler das Behandeln advokatorische Situationen im Unterricht stark befürworten. Andererseits kann durch einen t-Test bei den Antworten zweier Items auch nachgewiesen werden, dass kein statistisch signifikanter Unterschied in Bezug auf die Verhaltensänderung der Lernenden nach eigenen Unfällen und Unfällen von Kollegen, bei denen sie Zeugen waren, besteht.

Dies spricht mit hoher Wahrscheinlichkeit dafür, dass advokatorische Situationen einen gleichwertigen Effekt auf Schüler haben, wie wenn diese gewisse Fehler selbst begehen. Demnach können Lernende durch die Behandlung advokatorischer Situationen im Unterricht wichtige Erfahrungen sammeln, die sie beim Erwerb umfassender beruflicher Kompetenzen unterstützen. Aufgrund der geringen Stichprobenzahlen der hierfür analysierten Items von $n = 18$ und $n = 40$ wäre es allerdings sinnvoll, in zukünftigen Arbeiten noch weitere diesbezügliche Untersuchungen durchzuführen, um dieses Ergebnis bestätigen zu können.

Zusätzlich wurde noch überprüft, ob Lernende im Betrieb stärker bzw. öfter negativ beschämt werden als in der Berufsschule. Es kann anhand eines t-Tests gezeigt werden, dass es für die Lernenden keinen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich deren psychischen Belastungserleben darstellt, ob sie begangene Fehler gegenüber Kollegen im Betrieb oder Mitschülern bzw. Lehrkräften in der Schule zugeben. Es kann folglich entgegen der ursprünglichen Annahme zumindest angenommen werden, dass es Lernende beim Kompetenzerwerb nicht zusätzlich unterstützt, wenn sie bestimmte Fehler bereits in der Schule begehen können. Die psychische Belastung, mit welcher eine Blockade des Aufbaus negativen Wissens einhergehen könnte, ist im Betrieb nicht größer als in der Berufsschule. Diese These kann demnach verworfen werden.

9 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist es, darzustellen, wodurch sich das didaktische Konzept des negativen Wissens auszeichnet und wie es bei der Konzeption von Lernsituationen und Unterrichtseinheiten mitberücksichtigt werden kann. Weiterhin soll geprüft werden, welche Auswirkungen dessen Vermittlung auf den Kompetenzerwerb von Schülern hat. Dies wird hierbei im Rahmen der Planung technischen Unterrichts an beruflichen Schulen gezeigt.

Durch die Aufarbeitung der Theorie des negativen Wissens, insbesondere anhand der Literatur des Schweizer Pädagogen Fritz Oser, können alle damit verbundenen Aspekte systematisch erschlossen werden. Unter Miteinbeziehung der Theorie der Technikdidaktik sowie der Lernfeldorientierten Lehrpläne kann fernerhin dargestellt werden, dass es für den Kompetenzerwerb von Lernenden grundsätzlich von Vorteil sein kann, negatives Wissen gezielt in die Planung und Konzeption von Lernsituationen und Unterrichtseinheiten miteinzubeziehen. Um hierfür eine geeignete Methode darzubieten, wird das Konzept der Curricularen Matrizen von Tenberg u. a. dahingehend erweitert, dass in den Spalten der Sach-, Prozess- und Reflexionswissensaspekte zwischen positivem und negativem Wissen unterschieden wird, dies wird mittels farbiger Kennzeichnung der negativen Wissensaspekte realisiert.

Die eigentliche Untersuchung der Arbeit befasst sich mit der Frage, welche Auswirkungen die Vermittlung negativen Wissens auf den Kompetenzerwerb von Schülern hat. Hierzu wurde eine Unterrichtssequenz über Drehstrom-Asynchronmotoren entwickelt, in welcher gezielt negatives Wissen vermittelt wird. Durchgeführt wurde der Unterricht in mehreren Klassen der Elektroniker/innen für Anlagentechnik, der Elektroniker/innen für Energie- & Gebäudetechnik, der Mechatroniker/innen und der Fachschule für Elektrotechnik an den Beruflichen Schulen Altötting. Am Ende der jeweiligen Unterrichtssequenzen füllten die teilnehmenden Schüler einen Fragebogen über den kurz zuvor gehaltenen Unterricht, aber auch über Fragen der Arbeitssicherheit sowie allgemeine Unterrichtssituationen aus. Die Auswertung zeigt unter anderem, dass die Antwortmuster zwischen den Fachrichtungen nur unwesentlich variieren, die Erkenntnisse der Untersuchung können daher auf alle Fachrichtungen bzw. technische Berufe im Allgemeinen übertragen werden.

Mit dem Schülerfragebogen sollten verschiedene Funktionen negativen Wissens als Faktoren zur Überprüfung dessen Auswirkungen auf den Kompetenzerwerb der Lernenden untersucht werden.

Es kann dabei gezeigt werden, dass die gezielte Vermittlung negativen Wissens im Unterricht mit hoher Wahrscheinlichkeit sehr positive Auswirkungen auf den Kompetenzerwerb hat. Nachdem die Untersuchung als Querschnittstudie ausgelegt war, ist dieser Zusammenhang aber noch nicht eindeutig bewiesen, dies müsste in zukünftigen Studien noch weiter untersucht werden.

Fernerhin wird auch die Sinnhaftigkeit des Darstellens advokatorischer Situationen im Unterricht untersucht. Es kann gezeigt werden, dass diese einen gleichwertigen Effekt auf Schüler haben, wie wenn Lernende gewisse Fehlererfahrungen selbst machen. Durch die Darstellung advokatorischer Situationen im Unterricht können Schüler demnach wichtige Erfahrungen sammeln, die sie beim Erwerb umfassender beruflicher Kompetenzen unterstützen. Den einzigen Kritikpunkt stellt hierbei die relativ kleine Stichprobengröße bei den hierfür untersuchten Items dar, weshalb es sinnvoll wäre, diesen Aspekt künftig noch weiter zu überprüfen.

Zusätzlich wird noch ermittelt, ob es Lernende mehr belastet, begangene Fehler gegenüber Kollegen im Betrieb oder Mitschülern bzw. Lehrkräften in der Schule zuzugeben, um herauszufinden, ob die Wahrscheinlichkeit einer negativen Beschämung der Lernenden im Betrieb größer ist als in der Schule. In diesem Fall wäre es sinnvoll, den Schülern die Möglichkeit zu geben, bereits im Unterricht gewisse Fehler zu begehen, um so das Risiko einer Blockade des Erwerbs negativen Wissens und den damit einhergehenden negativen Auswirkungen auf den Kompetenzerwerb verringern zu können. Die These, dass Lernende im Betrieb stärker oder öfter negativ beschämt werden als in der Schule wird mit den Ergebnissen der Untersuchung nicht bestätigt und kann daher verworfen werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Vermittlung negativen Wissens im Unterricht ein hohes Potenzial birgt, Lernende beim Erwerb beruflicher Kompetenzen und damit auch beim Erlangen einer umfassenden beruflichen Handlungsfähigkeit zu unterstützen. Dieses didaktische Konzept sollte daher zweifellos bei der zukünftigen Forschung zur Konzeption technischen Unterrichts berücksichtigt werden.

Literatur

- Achtenhagen, F. (1984): *Didaktik des Wirtschaftslehreunterrichts*. Opladen: Leske und Budrich.
- Ausubel, D. (1974): *Psychologie des Unterrichts*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Bader, R. (2004): „Handlungsfelder - Lernfelder - Lernsituationen. Eine Anleitung zur Erarbeitung von Rahmenlehrplänen sowie didaktischer Jahresplanungen für die Berufsschule“. In: *Unterrichtsgestaltung nach dem Lernfeldkonzept*. Hrsg. von R. Bader und M. Müller. Bielefeld: Bertelsmann, S. 11–36.
- Gartmeier, M., Bauer, J., Gruber, H. und Heid, H. (2008): „Negative Knowledge: Understanding Professional Learning and Expertise“. In: *Vocations and Learning* 1.2, S. 87–103.
- Gartmeier, M., Papadakis, C. und Strasser, J. (2017): „The Negative Knowledge of Educational Counselors: Forms, Expertise-Related Differences, Contextualization, and Embeddedness in Episodes“. In: *The European Journal of Counselling Psychology* 6.1, S. 25–40.
- Heimann, P. (1962): „Didaktik als Theorie und Lehre“. In: *Die Deutsche Schule*, Jg. 54, S. 407–472.
- Heimann, P. (1976): *Didaktik als Unterrichtswissenschaft*. Stuttgart: Klett.
- Hewson, P. (1992): „Conceptual change in science teaching and teacher education“. In: ISB (2004): *Lehrplanrichtlinien für die Berufsschule, Fachklassen Elektroniker/Elektronikerin Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik*. Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung.
- ISB (2008): *Lehrpläne für die Fachschule für Elektrotechnik, 1. und 2. Schuljahr*. Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung.
- Jank, W. und Meyer, H. (2002): *Didaktische Modelle (14. Auflage)*. Cornelsen Vlg Scriptor. 400 S.
- Klafki, W. (2007): *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik*. Beltz. 327 S.
- KMK (1998): *Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Mechatroniker/Mechatronikerin (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 30.01.1998 i.d.F. vom 23.02.2018)*.
- KMK (2003): *Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Betriebstechnik/ Elektronikerin für Betriebstechnik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.05.2003 i.d.F. vom 23.02.2018)*.
- KMK (2016): *Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Fachkraft für Veranstaltungstechnik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 17.03.2016)*.
- KMK (2020): *Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Elektroniker/Elektronikerin (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.12.2020)*.
- Kron, F. (2008): *Grundwissen Didaktik*. München/Basel: UTB Reinhardt.

- Mascolo, M. F., Harkins, D. und Harakal, T. (2000): „The Dynamic Construction of Emotion: Varieties in Anger“. In: *Emotion, Development, and Self-Organization*. Cambridge University Press, S. 125–152.
- Mindnich, A., Wuttke, E. und Seifried, J. (2008): „Aus Fehlern wird man klug? : Eine Pilotstudie zur Typisierung von Fehlern und Fehlersituationen“. In: *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung*. Hrsg. von E.-M. Lankes. Münster: Waxmann, S. 153–164.
- Oser, F. (2005): *Lernen ist schmerzhaft - Zur Theorie des negativen Wissens und zur Praxis der Fehlerkultur*. Weinheim/Basel: Beltz Verlag.
- Pätzold, G. und Reinisch, H. (2010): „Didaktik der beruflichen Fachrichtungen“. In: *Handbuch Berufs- und Wirtschaftspädagogik*. Hrsg. von R. Nickolaus, G. Pätzold, H. Reinisch und T. Tramm. Stuttgart: UTB, S. 160–168.
- Peterßen, W. (2000): *Handbuch Unterrichtsplanung. Grundfragen, Modelle, Stufen, Dimensionen*. München: Oldenbourg.
- Pittich, D. (2013): *Diagnostik fachlich-methodischer Kompetenzen*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Rebmann, K., Tenfelde, W. und Schlömer, T. (2011): *Berufs- und Wirtschaftspädagogik. Eine Einführung in Strukturbegriffe*. Wiesbaden: Gabler.
- Reinboth, C. (2006): „Multivariate Analyseverfahren in der Marktforschung“. Diss.
- Riedl, A. (2010): *Grundlagen der Didaktik*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag. 280 S.
- Riedl, A. (2011): *Didaktik der beruflichen Bildung*. Steiner Franz Verlag. 312 S.
- Scherer, K. R. (1981): „Wider die Vernachlässigung der Emotion in der Psychologie“. In: *Bericht über den 32. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Zürich*. Bd. 1, S. 304–317.
- Schütte, F. (2006): *Berufliche Fachdidaktik: Theorie und Praxis der Fachdidaktik Metall- und Elektrotechnik; ein Lehr- und Studienbuch*. Stuttgart: Steiner.
- Selman, R. L. und Essen, C. v. (1984): *Die Entwicklung des sozialen Verstehens. entwicklungspsychologische und klinische Untersuchungen*. ger. 1. Aufl. Beiträge zur Soziogenese der Handlungsfähigkeit. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 315 S.
- Tenberg, R., Bach, A. und Pittich, D. (2018): *Didaktik technischer Berufe Band 1 - Theorie und Grundlagen*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag. 227 S.
- Tenberg, R., Bach, A. und Pittich, D. (2019): *Didaktik technischer Berufe Band 2 - Praxis und Reflexion*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag. 181 S.
- Weinert, F. E. (2001): „Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit“. In: *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim: Beltz-Verlag, S. 17–31.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Berliner Modell der Didaktik.	5
2.2	Zusammenhang zwischen Didaktik, den Fachdidaktiken und der Technikdidaktik. . .	10
2.3	Zusammenhang zwischen Handlungsfeld, Lernfeld und Lernsituation	11
2.4	Lernfeld 11 des Rahmenlehrplans für den Ausbildungsberuf Mechatroniker/Mechatronikerin.	14
2.5	Ausgestaltung der Lernfelder.	15
2.6	Verschiedene Wissensarten	17
2.7	Curriculare (Lern-)Matrix am Beispiel des „Lernfelds 5: Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten“ des Ausbildungsberufs „Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik“.	20
2.8	Schema einer curricularen Matrix, in welcher sowohl positive als auch negative Performanzen und Wissensaspekte berücksichtigt werden.	36
2.9	Ausschnitt einer curricularen Matrix des „Lernfelds 3: Veranstaltungs- und Produktionsstätten beurteilen“ des Ausbildungsberufs „Fachkraft für Veranstaltungstechnik“, in der negative Wissensaspekte integriert wurden.	38
3.1	Ausschnitt einer curricularen Matrix des „Lernfelds 8: Energiewandlungssysteme auswählen und integrieren“ der Ausbildungsberufe „Elektroniker/in für Automatisierungstechnik“ und „Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik“, in der negative Wissensaspekte integriert wurden.	42
3.2	Ausschnitt einer curricularen Matrix des „Lernfelds 8: Antriebssysteme auswählen und integrieren“ des Ausbildungsberufs „Elektroniker/in für Betriebstechnik“, in der negative Wissensaspekte integriert wurden.	43
3.3	Ausschnitt einer curricularen Matrix des „Lernfelds 7: Realisieren mechatronischer Teilsysteme“ des Ausbildungsberufs „Mechatroniker/in“, in der negative Wissensaspekte integriert wurden.	44
3.4	Ausschnitt einer curricularen Matrix des „Lerngebiets 2: Wechselstrommaschinen untersuchen“ des Wahlpflichtfachs „Elektrische Maschinen und Antriebe“ der Fachschule für Elektrotechnik, in der negative Wissensaspekte integriert wurden.	45

3.5	Unterrichtsverlaufsplan zur Unterrichtssequenz über die Fehlerarten von Drehstrom-Asynchronmotoren.	49
4.1	Items 1-17 des Fragebogens über negatives Wissen im Unterricht an beruflichen Schulen.	52
4.2	Items 18-26 des Fragebogens über negatives Wissen im Unterricht an beruflichen Schulen.	53
6.1	Fachrichtungen der Studienteilnehmer, Angaben der Teilnehmerzahl n in Absolutwerten.	60
6.2	Stichprobengrößen, Arithmetische Mittelwerte, Standardabweichungen und Varianzen aller Items, getrennt nach Fachrichtungen und insgesamt.	62
6.3	Korrelationsmatrix und Tabelle der erklärten Gesamtvarianz der Mittelwerte aller Items, aufgeteilt auf die verschiedenen Fachrichtungen.	63
6.4	Antworthäufigkeiten der Items des Fragebogens.	63
6.5	Korrelationsmatrix und Tabelle der erklärten Gesamtvarianz der Items 1-5 zur Untersuchung der Funktionen neg. Wissens „Transfer ermöglichen“ und „Sicherheit und Gewissheit vermitteln“.	64
6.6	Korrelationsmatrix und Tabelle der erklärten Gesamtvarianz der Items 6-10 zur Untersuchung der Funktionen neg. Wissens „Kontraste bilden“ und „Abgrenzungen vornehmen“.	65
6.7	Korrelationsmatrix und Tabelle der erklärten Gesamtvarianz der Items 13-16, 19, 21 und 22 zur Untersuchung der Funktion neg. Wissens „Schutzfunktion für das Richtige bewirken“.	65
6.8	Korrelationsmatrix und Tabelle der erklärten Gesamtvarianz der Items 13-18 und 20 zur Untersuchung der Funktion neg. Wissens „Verhaltensänderung bewirken“.	66
6.9	Korrelationsmatrix und Tabelle der erklärten Gesamtvarianz der Items 11, 12 und 22 zur Untersuchung der Auswirkungen des Darstellens advokatorischer Situationen im Unterricht.	66
6.10	Gestapelte-Säulen-Diagramm der Items 1-5 zur Untersuchung der Funktionen neg. Wissens „Transfer ermöglichen“ und „Sicherheit und Gewissheit vermitteln“.	67
6.11	Gestapelte-Säulen-Diagramm der Items 6-10 zur Untersuchung der Funktionen neg. Wissens „Kontraste bilden“ und „Abgrenzungen vornehmen“.	69
6.12	Gestapelte-Säulen-Diagramm der Items 13-16, 19, 21 und 22 zur Untersuchung der Funktion neg. Wissens „Schutzfunktion für das Richtige bewirken“.	71
6.13	Gestapelte-Säulen-Diagramm der Items 13-18 und 20 zur Untersuchung der Funktion neg. Wissens „Verhaltensänderung bewirken“.	74

6.14	Gestapelte-Säulen-Diagramm der Items 11, 12 und 22 zur Untersuchung der Auswirkungen des Darstellens advokatorischer Situationen im Unterricht.	76
6.15	Ergebnisse des zweiseitigen Zweistichproben-t-Tests zur Untersuchung der Unterschiede bezüglich der Verhaltensänderung von Schülern nach eigenen Unfällen und nach Unfällen von Kollegen.	78
6.16	Gestapelte-Säulen-Diagramm der Items 23, 24 und 25 zur Untersuchung der psychischen Belastung der Lernenden beim Zugeben von Fehlern.	79
6.17	Ergebnisse der zweiseitigen Zweistichproben-t-Tests zur Untersuchung der Unterschiede bezüglich der psychischen Belastung von Schülern beim Zugeben von Fehlern gegenüber Kollegen und Mitschülern bzw. Kollegen und Lehrkräften.	81
9.1	Lernfeld 7: „Realisieren mechatronischer Teilsysteme“ des Ausbildungsberufs „Mechatroniker/Mechatronikerin“.	102
9.2	Lernfeld 3: „Veranstaltungs- und Produktionsstätten beurteilen“ des Ausbildungsberufs „Fachkraft für Veranstaltungstechnik“.	103
9.3	Lernfeld 8: „Energiewandlungssysteme auswählen und integrieren“ der Ausbildungsberufe „Elektroniker und Elektronikerin für Automatisierungstechnik“ und „Elektroniker und Elektronikerin für Energie- und Gebäudetechnik“.	104
9.4	Lernfeld 8: „Antriebssysteme auswählen und integrieren“ des Ausbildungsberufs „Elektroniker und Elektronikerin für Betriebstechnik“.	105
9.5	Lerngebiet 2: „Wechselstrommaschinen untersuchen“ des Wahlpflichtfachs „Elektrische Maschinen und Antriebe“ der Fachschule für Elektrotechnik.	106
9.6	Problemstellung der Unterrichtssequenz.	107
9.7	Arbeitsblatt über die verschiedenen Fehlermöglichkeiten elektrischer Maschinen.	108
9.8	Lösungsvorschlag zum Arbeitsblatt über die verschiedenen Fehlermöglichkeiten elektrischer Maschinen.	109
9.9	Seite 1 des Arbeitsblatts mit den Arbeitsaufträgen zur Fehlersuche bei Drehstrom-Asynchronmotoren.	110
9.10	Seite 2 des Arbeitsblatts mit den Arbeitsaufträgen zur Fehlersuche bei Drehstrom-Asynchronmotoren.	111
9.11	Seite 1 des Leittextes zur Demontage elektrischer Maschinen.	112
9.12	Seite 2 des Leittextes zur Demontage elektrischer Maschinen.	113
9.13	Seite 1 des Prüfprotokolls zur Dokumentation der Fehlersuche bei Drehstrom-Asynchronmotoren.	114
9.14	Seite 2 des Prüfprotokolls zur Dokumentation der Fehlersuche bei Drehstrom-Asynchronmotoren.	115

9.15	Tabelle für die Messwerte von Drehstrom-Asynchronmotoren bei verschiedenen Fehlerarten.	116
9.16	Screenshot der ersten angezeigten Seite des Fragebogens.	117
9.17	Screenshot der zweiten angezeigten Seite des Fragebogens.	118
9.18	Screenshot der beiden Verzweigungsfragen des Fragebogens.	119

Anhang

Lernfeld 7: Realisieren mechatronischer Teilsysteme	2. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert in Stunden: 100
Zielformulierung: Die Schülerinnen und Schüler beschreiben die Strukturen mechatronischer Teilsysteme. Sie erklären die Wirkungsweise von Sensoren und Wandlern und justieren Sensoren. Sie kennen Möglichkeiten zur Realisierung von Linear- und Rotationsbewegungen mittels elektrischer, pneumatischer und hydraulischer Komponenten und wenden Kenntnisse über Steuerungen und Regelungen an, um Weg- und Bewegungsrichtung zu beeinflussen. Anhand von Signaluntersuchungen und Datenanalyse prüfen sie die Funktion von Komponenten und beseitigen Fehler. Sie entwerfen grundlegende Schaltungen und beschreiben deren Wirkungsweise auch in englischer Sprache. Einfache Programmierverfahren werden beherrscht.	
Inhalte: Steuerkette und Regelkreis, Blockschaltbilder Kenngrößen von Steuerungen und Regelungen Wirkungsweise von Sensoren und Wandlern Signalverhalten von Sensoren und Wandlern Programmierung von einfachen Bewegungsabläufen und Steuerungsfunktionen Entwurf von Schaltungen, auch durch Anwendung branchenüblicher Software Grafische Darstellungen von Steuerungs- und Regelungsabläufen Messen von Signalen Prozessdaten auslesen, verarbeiten und interpretieren Grundsaltungen und Wirkungsweise von Antrieben Darstellung von Antriebseinheiten und Funktionsplänen	

Abb. 9.1: Lernfeld 7: „Realisieren mechatronischer Teilsysteme“ des Ausbildungsberufs „Mechatroniker/Mechatronikerin“ (vgl. KMK 1998, S. 15).

Lernfeld 3:	Veranstaltungs- und Produktionsstätten beurteilen	1. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 60 Stunden
<p>Die Schülerinnen und Schüler besitzen die Kompetenz, auf Grund baurechtlicher Vorschriften und Arbeitsschutzbestimmungen Veranstaltungs- und Produktionsstätten zu analysieren.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler verschaffen sich einen Überblick über die verschiedenen Formen von Veranstaltungsstätten und Produktionsstätten und entwickeln Kriterien zu deren Unterscheidung.</p> <p>Sie erfassen räumliche Gegebenheiten von Veranstaltungsstätten, um Planungsaufgaben vorzubereiten (<i>Statik, Bodenbelastung, Hängepunkte, Transport</i>).</p> <p>Sie leiten die baurechtlichen Ordnungsrahmen von Veranstaltungs- und Produktionsstätten aus relevanten Rechtsgrundlagen ab. Sie geben die Anwendungsbereiche der Sonderbauordnungen der Länder wieder, arbeiten die Führung und Bemessung der Rettungswege heraus und umreißen die Rahmenbedingungen für Besucherplätze und Einrichtungen für Besucher.</p> <p>Sie beurteilen die Anfahrtsmöglichkeiten, Transportwege und das Lagern der Ausrüstung für die Veranstaltung und beachten dabei sicherheitsrelevante Kriterien.</p> <p>Sie ordnen sicherheits- und maschinentechnische Einrichtungen hinsichtlich ihrer Arbeitsumgebung ein und beschreiben diese. Sie unterscheiden die verschiedenen Sicherheitszeichen der Sicherheitskennzeichnung am Arbeitsplatz.</p> <p>Sie verschaffen sich einen Überblick über Netzsysteme. Sie unterscheiden die Stromübergabepunkte unter Berücksichtigung von Netzsystemen nach Art der Erdverbindung und Schutzmaßnahmen. Sie ermitteln die Art der Übergabepunkte nach Steckvorrichtungen oder Steckverbindern und ermitteln Möglichkeiten der Leitungsverlegung.</p> <p>Sie unterscheiden die Ursachen, die zur Entstehung eines Brandes führen und beschreiben die Voraussetzungen eines Entstehungsbrandes. Sie wählen Werkstoffe und Arbeitsmaterialien so aus, dass von ihnen im Brandfall keine erhöhte Gefährdung ausgeht. Sie bringen den erforderlichen Brandschutz in Einklang mit den optischen und funktionalen Ansprüchen an die Materialien. Sie erläutern das Brandverhalten von Baustoffen nach europäischen und deutschen Normen. Sie unterscheiden die Wirkungsweise verschiedener Löschmittel unter Berücksichtigung der Brandklasse des brennbaren Stoffs und beachten den Bedarf an Löschmitteln für eine Veranstaltung.</p> <p>Sie beschreiben den Aufbau einer betrieblichen Arbeitsschutzorganisation und verschaffen sich einen Überblick über die gesetzlichen Grundlagen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes. Sie betrachten wirksame Maßnahmen des Gesundheitsschutzes und der Arbeitssicherheit (<i>Regelwerk der Unfallversicherungsträger</i>). Sie ordnen Maßnahmen, Mittel und Methoden zum Schutz der Beschäftigten vor arbeitsbedingten Sicherheits- und Gesundheitsgefährdungen in ihrem Arbeitsfeld ein. Sie beurteilen die Arbeitsbedingungen, um an der Unfallverhütung und dem Schutz der Arbeitnehmer mitzuwirken.</p> <p>Sie stimmen sich mit den verantwortlichen Personen ab und verstehen Arbeitsaufträge als Teamaufgabe. Dabei reflektieren sie auch ihr eigenes Verhalten in Bezug auf die Zusammenarbeit während der gesamten Prozesse. Sie bereiten deutsch- und fremdsprachliche Unterlagen anwendergerecht auf.</p>		

Abb. 9.2: Lernfeld 3: „Veranstaltungs- und Produktionsstätten beurteilen“ des Ausbildungsberufs „Fachkraft für Veranstaltungstechnik“ (vgl. KMK 2016, S. 11).

Lernfeld 8:	Energiewandlungssysteme auswählen und integrieren	2. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 60 Stunden
Die Schülerinnen und Schüler besitzen die Kompetenz, Energiewandlungssysteme auszuwählen und zu integrieren.		
Die Schülerinnen und Schüler analysieren Aufträge hinsichtlich kundenspezifischer Anforderungen an Energiewandlungssysteme. Dazu informieren sich über die Eigenschaften verschiedener Energiewandlungssysteme (<i>Drehfrequenzsteuerung, Stromrichter</i>).		
Die Schülerinnen und Schüler planen Energiewandlungssysteme unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer Anforderungen, Normen und Vorschriften (<i>Schutzeinrichtungen, Anlass- und Bremsverfahren</i>).		
Die Schülerinnen und Schüler wählen die Geräte, Baugruppen und Schutzeinrichtungen (<i>elektromechanische Komponenten, Arten von Motoren, Bauformen, Betriebsarten, Schutzarten</i>) unter Berücksichtigung der Kundenvorgaben sowie nach funktionalen, wirtschaftlichen und nachhaltigen Aspekten (<i>Energieeffizienzklassen</i>) aus und dimensionieren diese.		
Die Schülerinnen und Schüler installieren und erweitern Energiewandlungssysteme. Sie nehmen die Systeme in Betrieb und stellen Parameter ein.		
Die Schülerinnen und Schüler überprüfen die Funktion der Energiewandlungssysteme, nehmen eine systematische Fehlersuche vor und beseitigen Fehler. Sie erstellen Dokumentationen zu den Energiewandlungssystemen, erläutern den Kunden deren Leistungsmerkmale und weisen in die Nutzung ein (<i>Elektromagnetische Verträglichkeit</i>).		
Die Schülerinnen und Schüler bewerten ihr Vorgehen bei der Auswahl und der Integration von Energiewandlungssystemen und leiten daraus Verbesserungen für zukünftige Aufträge ab.		

Abb. 9.3: Lernfeld 8: „Energiewandlungssysteme auswählen und integrieren“ der Ausbildungsberufe „Elektroniker und Elektronikerin für Automatisierungstechnik“ und „Elektroniker und Elektronikerin für Energie- und Gebäudetechnik“ (vgl. KMK 2020, S. 18).

Lernfeld 8:	Antriebssysteme auswählen und integrieren	2. Ausbildungsjahr Zeitrichtwert: 60 Stunden
Zielformulierung:		
<p>Die Schülerinnen und Schüler planen die Auftragsabwicklung von antriebstechnischen Aufgabenstellungen nach Kundenanforderungen. Sie analysieren Aufträge für Antriebssysteme und planen die technische Realisierung des Antriebs.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler koordinieren die Beschaffung von aufgabenbezogenen, auch englischsprachigen Informationen im Team. Dazu führen sie Fachgespräche und werten ihre Erkenntnisse aus.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler wählen die erforderlichen Geräte, Baugruppen und Schutzeinrichtungen unter funktionalen, ökonomischen und ökologischen Aspekten aus und dimensionieren diese.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler errichten elektrische und pneumatische Antriebe, prüfen diese und führen nach der Parametrierung der Komponenten die Inbetriebnahme durch. Sie messen und dokumentieren Betriebswerte, erstellen rechnergestützt technische Dokumentationen sowie Schaltungsunterlagen, präsentieren diese den Nutzern und weisen sie ein.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler wenden Normen, Vorschriften und Regeln für die Errichtung und den Betrieb von elektrischen Antrieben an und beachten die Bestimmungen des Arbeits- und Umweltschutzes. Sie überprüfen und dokumentieren fachgerecht deren Einhaltung. Die Schülerinnen und Schüler bewerten die Arbeitsergebnisse ganzheitlich.</p>		
Inhalte:		
<ul style="list-style-type: none"> Struktur von Antriebssystemen Stellglieder Gleich- und Wechselstrommaschinen Schutzeinrichtungen Bauformen, Betriebsarten, Schutzarten und Kühlung von Maschinen Geräte und Baugruppen zum Schalten und Steuern von Antrieben Anlass- und Bremsverfahren Drehzahlsteuerung Prüfverfahren Fachgespräch Technische Dokumentationen 		

Abb. 9.4: Lernfeld 8: „Antriebssysteme auswählen und integrieren“ des Ausbildungsberufs „Elektroniker und Elektronikerin für Betriebstechnik“ (vgl. KMK 2003, S. 17).

Lerngebiet 2 Wechselstrommaschinen untersuchen	60 Std.
Zielformulierung <p>Die Schülerinnen und Schüler verschaffen sich einen Überblick über die verschiedenen Wechselstrommaschinen und deren Einsatzmöglichkeiten.</p> <p>Sie machen sich mit dem Aufbau, der Wirkungsweise und dem Betriebsverhalten eines Ein-, bzw. Dreiphasentransformators vertraut und entwickeln deren Ersatzschaltbilder.</p> <p>Sie erkennen die Notwendigkeit der Parallelschaltung von Transformatoren bei der Erweiterung elektrischer Anlagen und arbeiten die entsprechenden Anforderungen an die Transformatoren heraus.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler erkunden den Aufbau und die Wirkung des rotierenden, magnetischen Feldes und setzen ihre Kenntnisse der Energieübertragung im Transformator auf eine rotierende Maschine mit Luftspalt um. Sie berechnen die Betriebsgrößen von Synchron- und Asynchronmaschinen für verschiedene Aufgabenstellungen und zeigen die Unterschiede auf.</p> <p>Aus den bekannten Maschinentypen leiten sie Sondermaschinen ab. An praktischen Problemstellungen beurteilen sie die Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Maschinen und befassen sich mit den Einflussmöglichkeiten von Frequenzumrichtern auf das jeweilige Betriebsverhalten.</p>	
Inhalte: Einphasen- und Drehstromtransformatoren Asynchronmaschinen Synchronmaschinen Sondermaschinen Berechnung von Betriebsgrößen Energieversorgung über Frequenzumrichter	

Abb. 9.5: Lerngebiet 2: „Wechselstrommaschinen untersuchen“ des Wahlpflichtfachs „Elektrische Maschinen und Antriebe“ der Fachschule für Elektrotechnik (vgl. ISB 2008, S. 49).



Problemstellung Motorenprojekt

Datum: _____

Sie arbeiten im Kundendienst eines ortsansässigen Elektrofachbetriebs. Herr Kraxenhuber – ein Kunde, der für seinen höchst fahrlässigen Umgang mit Maschinen aller Art bekannt ist – bringt Ihnen einen defekten Drehstrom-Asynchronmotor und bittet Sie, dem Problem auf den Grund zu gehen.



Auf die Frage, wie es zu dem Motorfehler gekommen ist oder was das eigentliche Problem ist, kann Ihnen Herr Kraxenhuber keine bzw. zumindest keine hilfreiche Antwort geben.

Bevor Sie mit der Fehlersuche beginnen können, müssen Sie sich jedoch erst einmal überlegen, welche verschiedenen Fehler bei Drehstrom-Asynchronmotoren überhaupt auftreten können. Ihre letzte Motorenreparatur liegt schließlich schon ein paar Jahre zurück 😊.



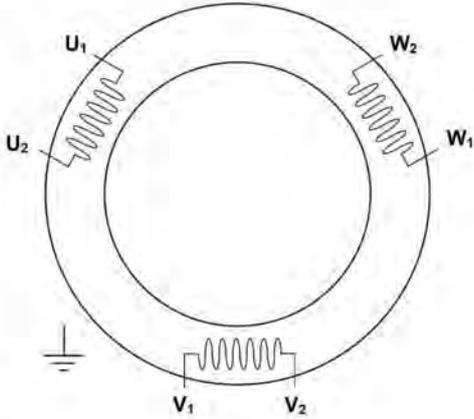
Abb. 9.6: Problemstellung der Unterrichtssequenz.



Fehlermöglichkeiten elektrischer Maschinen

Datum: _____

Zeichnerische Darstellung:



Fehlerarten:

1.
2.
3.
4.
5.
6.

Merke:

Der **Fehler** eines defekten Asynchronmotors muss **immer** aufgespürt werden, da ansonsten **derselbe Fehler** die Wicklung nach der Reparatur **wieder zerstören** wird!

Beispiele:



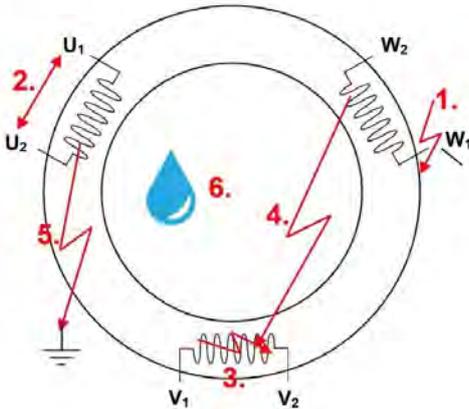
Abb. 9.7: Arbeitsblatt über die verschiedenen Fehlermöglichkeiten elektrischer Maschinen.



Fehlermöglichkeiten elektrischer Maschinen

Datum: _____

Zeichnerische Darstellung:



Fehlerarten:

1. Fehler durch Unterbrechung
2. Fehler durch Verschalten
3. Fehler durch Windungsschluss
4. Fehler durch Strangschluss
5. Fehler durch Überlast
→ Körper-/Erdschluss, z. T. auch Strang-/Windungsschluss
6. Sonstige Fehler

Merke:

Der **Fehler** eines defekten Asynchronmotors muss **immer** aufgespürt werden, da ansonsten **derselbe Fehler** die Wicklung nach der Reparatur **wieder zerstören** wird!

Beispiele:

- Fehlen eines Außenleiters im Zuleitungskabel
- Motor durch die Anlage zu stark belastet
- u.v.m.



Abb. 9.8: Lösungsvorschlag zum Arbeitsblatt über die verschiedenen Fehlermöglichkeiten elektrischer Maschinen.



Projekt Motorenreparatur

Datum: _____

1. Teilen Sie sich in **sechs Gruppen** auf (ungefähr gleiche Größe)!
2. Jede Gruppe erhält **einen Motor** (zufällige Auswahl)!
3. **Jeder** von Ihnen füllt ein **Messprotokoll** (soweit die Informationen vorliegen) aus! Tragen Sie alle Messwerte, soweit möglich, ein!
4. **Messgeräte** für die Motorenprüfung stehen auf einem extra Tisch → Achten Sie auf die Auswahl der richtigen Messgeräte und geben Sie diese nach der Messung an andere Gruppen weiter!

Hinweis: Erklärvideos zu den Messgeräten finden Sie unter folgenden **Links** oder **QR-Codes**!

Isolationsprüfung:	https://youtu.be/1Ddphf4DEB0	
Induktionsmessung Teil 1:	https://youtu.be/5gsRosj00g4	
Induktionsmessung Teil 2: (erst nach der Demontage des Motors)	https://youtu.be/VPBaaVkAv9k	



5. **Diskutieren** Sie in der Gruppe, welcher **Motorfehler** vorliegt!
6. **Demontieren** Sie den Motor (Werkzeug liegt bereit – **pfleglicher Umgang!**).

Hinweis: Benutzen Sie hierzu das Arbeitsblatt mit dem **Leittext** zur Demontage und Montage von Drehstrom-Asynchronmotoren!



Seite 1 von 2

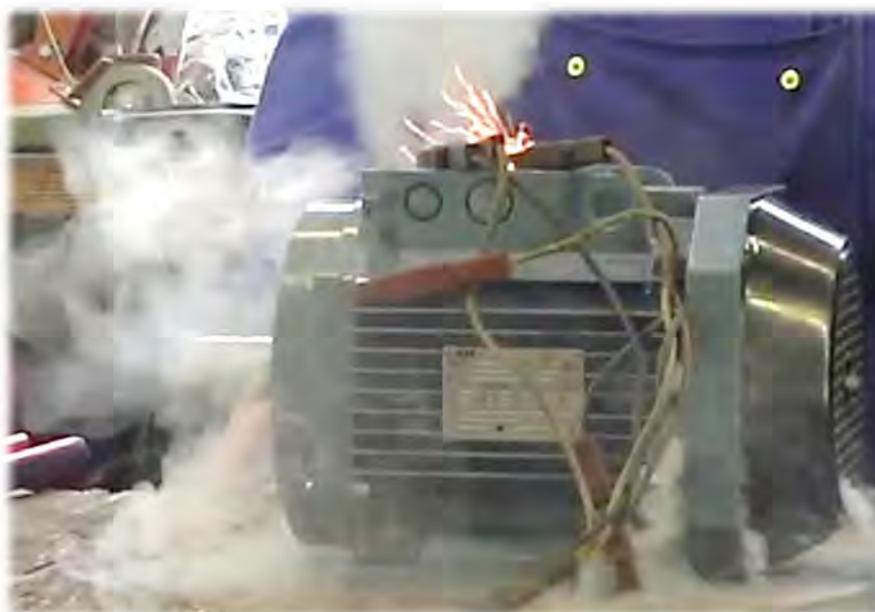
Abb. 9.9: Seite 1 des Arbeitsblatts mit den Arbeitsaufträgen zur Fehlersuche bei Drehstrom-Asynchronmotoren.



Projekt Motorenreparatur

Datum: _____

7. **Präsentieren** Sie den anderen Gruppen Ihren Fehler anhand des Prüfprotokolls und des demontierten Motors. Gehen Sie speziell darauf ein, ob eine Reparatur rentabel ist sowie auf die Umstände, die der Kunde nach der Reparatur zu beachten hat!
8. **Bauen** Sie den **Motor** wieder **zusammen** (vgl. Leittext) und räumen Sie das Werkzeug wieder an seinen Platz zurück!
9. Tragen Sie abschließend die **Messwerte für Ihren Fehler** (Widerstandsprüfung, Isolationswiderstandsprüfung, Induktionsmessung) in die gemeinsame Messwerttabelle am Lehrerpult ein!



Viel Erfolg!

Abb. 9.10: Seite 2 des Arbeitsblatts mit den Arbeitsaufträgen zur Fehlersuche bei Drehstrom-Asynchronmotoren.



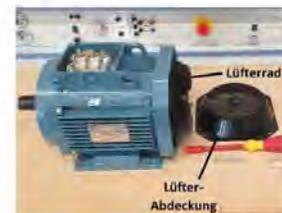
Demontage elektrischer Maschinen

Datum: _____

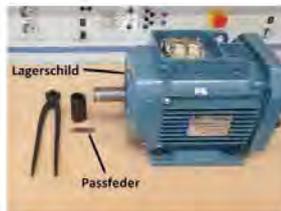
Demontage eines Asynchronmotors:



1. Schrauben Sie den **Klemmkastendeckel** mit einem geeigneten Sechskantschraubenzieher auf und nehmen Sie ihn ab.



2. Schrauben Sie die **Lüfterabdeckung** mit einem geeigneten Sechskantschraubenzieher ab.



3. Entfernen Sie die **Passfeder (= Nutkeil)** mit einer Beißzange von der Welle. Hier ist mit scharfen Kanten zu rechnen!
VORSICHT: Der Rotor mit Passfeder würde sonst nicht durch das Lagerschild passen, wodurch dieses beim Herausnehmen des Rotors zerstört würde! Auf diese Art und Weise müssen wir das Lüfterrad nicht entfernen.

4. Entfernen Sie die **insgesamt 8 Schrauben** auf der **Antriebsseite** (auch A-Seite genannt, gekennzeichnet durch eine Körnung) und **Belüftungsseite** (auch B-Seite genannt, gekennzeichnet durch zwei Körnungen) mit einem Inbusschlüssel.



5. Entfernen Sie die **3 Schrauben** des **Fettkammerdeckels** auf dem Lagerschild der A-Seite. Viele Motoren haben keinen Fettkammerdeckel.

6. Lösen Sie den **Rotor** mit dem Gummihammer durch gezielte Schläge auf das offene Wellenende (A-Seite) aus dem Stator heraus. Ziehen Sie dann den Rotor aus dem Stator, ohne dass der Rotor die Statorwicklung berührt.



Abb. 9.11: Seite 1 des Leittextes zur Demontage elektrischer Maschinen.



Demontage elektrischer Maschinen

Datum: _____



- Entfernen Sie die **Brücken** (Stern oder Dreieck) des Motorklemmbretts mit einem geeigneten Sechskantschraubenzieher (dies wird in der Regel am Ende gemacht, damit man während der Demontage keine Muttern und Beilagscheiben verliert).

Montage eines Asynchronmotors:

- Schrauben Sie die **Sternbrücken** wieder im Motoranschlusskasten fest. Hiermit wird begonnen, damit nicht am Ende eine Beilagscheibe in den Motorraum fallen kann, dann müsste der komplette Motor erneut demontiert werden.
- Setzen Sie den **Rotor** (ohne die Wicklung zu berühren) vorsichtig in den Stator ein. Achten Sie darauf, dass A- und B-Seite nicht vertauscht werden (Körnungen am Gehäuse und den Lagerschilden beachten!). Hierbei kann der Gummihammer behilflich sein.



- Schrauben Sie eine **Gewindestange** in eines der 3 Schraubenlöcher des **Fettkammerdeckels**. Dies ist erforderlich, um den Fettkammerdeckel im nächsten Schritt in Position halten zu können.

- Setzen Sie das **Lagerschild** wieder auf den Motor und schrauben Sie mit zwei der drei Schrauben den Fettkammerdeckel fest. Nun können Sie die Gewindestange entfernen und auch die dritte Schraube einsetzen.



- Schrauben Sie die beiden **Lagerschilde** an A- und B-Seite mit den insgesamt 8 Schrauben fest.
- Setzen Sie die **Passfeder** wieder in die Welle ein. Hierbei kann Ihnen ein Hammer behilflich sein.
- Montieren Sie die **Lüfterabdeckung** an das Lagerschild der B-Seite.
- Setzen Sie den **Klemmkastendeckel** auf den Klemmkasten des Motors und schrauben Sie ihn fest.



Abb. 9.12: Seite 2 des Leittextes zur Demontage elektrischer Maschinen.

<u>Prüfprotokoll Drehstrom-Asynchronmotor</u>													
1. Angaben für die Verwaltung:													
a. <u>Kundendaten:</u>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Name:</td></tr> <tr><td>Anschrift:</td></tr> <tr><td>Telefonnummer:</td></tr> <tr><td>E-Mail:</td></tr> <tr><td>Faxnummer:</td></tr> </table>	Name:	Anschrift:	Telefonnummer:	E-Mail:	Faxnummer:							
Name:													
Anschrift:													
Telefonnummer:													
E-Mail:													
Faxnummer:													
b. <u>Auftrag:</u>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Auftragsnummer:</td></tr> <tr><td>eingegangen am:</td></tr> <tr><td>Fehler laut Kunde:</td></tr> <tr><td>Reparaturerlaubnis für:</td></tr> <tr><td>zu reparieren bis (Datum):</td></tr> <tr><td>preisliche Vorabsprache:</td></tr> <tr><td>Zahlungsart:</td></tr> <tr><td>fertig gestellt am:</td></tr> <tr><td>abgeholt am:</td></tr> </table>	Auftragsnummer:	eingegangen am:	Fehler laut Kunde:	Reparaturerlaubnis für:	zu reparieren bis (Datum):	preisliche Vorabsprache:	Zahlungsart:	fertig gestellt am:	abgeholt am:			
Auftragsnummer:													
eingegangen am:													
Fehler laut Kunde:													
Reparaturerlaubnis für:													
zu reparieren bis (Datum):													
preisliche Vorabsprache:													
Zahlungsart:													
fertig gestellt am:													
abgeholt am:													
c. <u>Motor abgegeben mit:</u>	<table style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="radio"/> Motor komplett</td> <td><input type="radio"/> nur Wicklung im Eisenpaket</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> es fehlen:</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> Klemmkastendeckel</td> <td><input type="radio"/> Lagerschild A</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> Klemmkasten</td> <td><input type="radio"/> Lagerschild B</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> Klemmbrett</td> <td><input type="radio"/> Rotor</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> Lüfterrad</td> <td><input type="radio"/> Statorgehäuse</td> </tr> </table>	<input type="radio"/> Motor komplett	<input type="radio"/> nur Wicklung im Eisenpaket	<input type="radio"/> es fehlen:		<input type="radio"/> Klemmkastendeckel	<input type="radio"/> Lagerschild A	<input type="radio"/> Klemmkasten	<input type="radio"/> Lagerschild B	<input type="radio"/> Klemmbrett	<input type="radio"/> Rotor	<input type="radio"/> Lüfterrad	<input type="radio"/> Statorgehäuse
<input type="radio"/> Motor komplett	<input type="radio"/> nur Wicklung im Eisenpaket												
<input type="radio"/> es fehlen:													
<input type="radio"/> Klemmkastendeckel	<input type="radio"/> Lagerschild A												
<input type="radio"/> Klemmkasten	<input type="radio"/> Lagerschild B												
<input type="radio"/> Klemmbrett	<input type="radio"/> Rotor												
<input type="radio"/> Lüfterrad	<input type="radio"/> Statorgehäuse												
2. Daten nach Typenschild:													
Hersteller:	Motortyp:												
Fertigungsnummer:	Baugröße:												
Stromart:	Bemessungsleistung:												
Schaltung/ Bem.-Spannung:	Bemessungsstrom:												
Frequenz:	Bemessungsdrehzahl:												
Isolierstoffklasse:	cos φ :												
Bauform IM:	Schutzart IP:												
Betriebsart S:	Kühlart IC:												
3. Angaben zum Defekt:													
Art des Defekts:	gemessen mit:												
Art des Defekts:	gemessen mit:												
Ursache des Defekts:													
Qualität der Lagerung:													
Sonstiges:													
→ Wicklung wird													
<input type="radio"/> imprägniert und getrocknet <input type="radio"/> neu gewickelt <input type="radio"/> sonstiges: _____ <input type="radio"/> Lager werden erneuert													
Seite 1/2													

Abb. 9.13: Seite 1 des Prüfprotokolls zur Dokumentation der Fehlersuche bei Drehstrom-Asynchronmotoren.

4. Wickeldaten

Daten übernommen von der alten Wicklung
 Daten neu berechnet

Nutenzahl:	Phasenzahl:
Polzahl:	Eisenlänge:
Eisendurchmesser innen:	Eisendurchmesser außen:
Zahnbreite:	Jochhöhe:
Wickelschablone: Abstand:	Wickelschritt:
Windungszahl:	Drahtquerschnitt:
Schaltung:	Thermokontakt:
Sonstiges:	

5. Prüfung der Wicklung: (nach DIN VDE)

a. Widerstandsprüfung (ohmsch):

U ₁ – U ₂ :	Ω
V ₁ – V ₂ :	Ω
W ₁ – W ₂ :	Ω

b. Isolationswiderstandsprüfung:

U – V:	Ω	U – PE:	Ω
U – W:	Ω	V – PE:	Ω
V – W:	Ω	W – PE:	Ω

c. Prüfung der Induktivität:
(Vergleichsmessung ohne Einheit)

U ₁ – U ₂ :	% bei	V
V ₁ – V ₂ :	% bei	V
W ₁ – W ₂ :	% bei	V

d. Hochspannungsprüfung:
(U_{prüf} = 1000V + 2 · U_B; mind. 1500V AC
Übliche Prüfdauer = 1min
Messung zw. Wicklung und Gehäuse)

Höhe der Prüfspannung:	V
Dauer der Prüfung:	

e. mechanische Prüfung: _____
(letzter Sichttest, Überprüfen der Lagerung)

f. Anschluss an das Netz, Prüfung der Stromaufnahme: _____
(→ vgl. Angaben des Typenschildes)

Wicklung in Ordnung?

Ja → Prüfplakette am Motor anbringen
 Nein, Begründung: _____

Arbeitszeit:

	h
	h
	h

verwendetes Material:

Ort, Datum

Unterschrift

(verantwortlich für die Richtigkeit der Angaben
und der fehlerfreien Funktion des Motors)

Seite 2/2

Abb. 9.14: Seite 2 des Prüfprotokolls zur Dokumentation der Fehlersuche bei Drehstrom-Asynchronmotoren.



Messwerte Motorenprojekt

Datum: _____

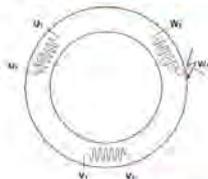
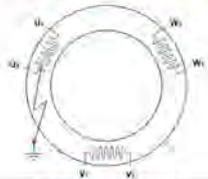
Art des Fehlers	Widerstandsprüfung (ohmsch):	Isolationswiderstands- Prüfung (500V DC):	Prüfung der Induktivität (Vergleichsmessung):
<p>Fehler durch Unterbrechung</p> 	$U_1 - U_2:$ Ω $V_1 - V_2:$ Ω $W_1 - W_2:$ Ω	$U - V:$ Ω $U - W:$ Ω $V - W:$ Ω $U - PE:$ Ω $V - PE:$ Ω $W - PE:$ Ω	$U_1 - U_2:$ % bei V $V_1 - V_2:$ % bei V $W_1 - W_2:$ % bei V
<p>Fehler durch Verschalten</p> 	$U_1 - U_2:$ Ω $V_1 - V_2:$ Ω $W_1 - W_2:$ Ω	$U - V:$ Ω $U - W:$ Ω $V - W:$ Ω $U - PE:$ Ω $V - PE:$ Ω $W - PE:$ Ω	$U_1 - U_2:$ % bei V $V_1 - V_2:$ % bei V $W_1 - W_2:$ % bei V
<p>Fehler durch Windungsschluss</p> 	$U_1 - U_2:$ Ω $V_1 - V_2:$ Ω $W_1 - W_2:$ Ω	$U - V:$ Ω $U - W:$ Ω $V - W:$ Ω $U - PE:$ Ω $V - PE:$ Ω $W - PE:$ Ω	$U_1 - U_2:$ % bei V $V_1 - V_2:$ % bei V $W_1 - W_2:$ % bei V
<p>Fehler durch Strangschluss</p> 	$U_1 - U_2:$ Ω $V_1 - V_2:$ Ω $W_1 - W_2:$ Ω	$U - V:$ Ω $U - W:$ Ω $V - W:$ Ω $U - PE:$ Ω $V - PE:$ Ω $W - PE:$ Ω	$U_1 - U_2:$ % bei V $V_1 - V_2:$ % bei V $W_1 - W_2:$ % bei V
<p>Fehler durch Überlast → Körper-/Erdschluss</p> 	$U_1 - U_2:$ Ω $V_1 - V_2:$ Ω $W_1 - W_2:$ Ω	$U - V:$ Ω $U - W:$ Ω $V - W:$ Ω $U - PE:$ Ω $V - PE:$ Ω $W - PE:$ Ω	$U_1 - U_2:$ % bei V $V_1 - V_2:$ % bei V $W_1 - W_2:$ % bei V
<p>Sonstige Fehler</p> 	$U_1 - U_2:$ Ω $V_1 - V_2:$ Ω $W_1 - W_2:$ Ω	$U - V:$ Ω $U - W:$ Ω $V - W:$ Ω $U - PE:$ Ω $V - PE:$ Ω $W - PE:$ Ω	$U_1 - U_2:$ % bei V $V_1 - V_2:$ % bei V $W_1 - W_2:$ % bei V



Abb. 9.15: Tabelle für die Messwerte von Drehstrom-Asynchronmotoren bei verschiedenen Fehlerarten.



Fragebogen zum Unterricht über Drehstrom-Asynchronmotoren

In diesem Fragebogen geht es darum, wie Sie bestimmte Situationen im Unterricht oder im Beruf persönlich einschätzen. Zuerst geht es dabei um den Unterricht über die Fehler bei Drehstrom Asynchronmotoren, anschließend noch über allgemeine Situationen im Unterricht und im Beruf.

Die Auswertung des Fragebogens erfolgt zu 100% anonym, Sie können daher ohne Bedenken alle Fragen ehrlich beantworten.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!



* Erforderlich

Allgemeine Angaben zu Ihrer Person

1. Berufliche Fachrichtung *

Weiter

Abb. 9.16: Screenshot der ersten angezeigten Seite des Fragebogens.



Fragen zur Unterrichtsstunde über Drehstrom-Asynchronmotoren

2. Durch diese Unterrichtsstunde fühle ich mich besser darauf vorbereitet, eine Fehlersuche an Drehstrom-Asynchronmotoren durchzuführen.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

3. Ich fühle mich durch diesen Unterricht sicherer im Umgang mit (funktionierenden) Drehstrom-Asynchronmotoren.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

4. Durch das Kennen der Motorenfehler sowie deren Auswirkungen habe ich jetzt ein tieferes Verständnis von Drehstrom-Asynchronmotoren.

- Trifft gar nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Trifft eher zu
- Trifft voll zu

Abb. 9.17: Screenshot der zweiten angezeigten Seite des Fragebogens.



Fragen zur Arbeitssicherheit

15. Ich hatte bereits einen oder mehrere Arbeitsunfälle, weil ich Sicherheitsrichtlinien missachtet habe (z.B. keine Schutzbrille getragen, unter Spannung gearbeitet, keine Sicherheitsschuhe getragen, etc.).

Trifft nicht zu

Trifft zu



16. Seit dem Unfall / den Unfällen achte ich mehr auf meine Sicherheit am Arbeitsplatz.

Trifft gar nicht zu

Trifft eher nicht zu

Trifft eher zu

Trifft voll zu

17. Ich war bereits Zeuge von Arbeitsunfällen, die sich wegen missachteten Sicherheitsrichtlinien ereignet haben (z. B. wenn Kollegen keine Schutzbrille getragen, unter Spannung gearbeitet oder keine Sicherheitsschuhe getragen haben).

Trifft nicht zu

Trifft zu



Bei der Antwort "Trifft nicht zu" wird das eigentlich darauf folgende Item nicht angezeigt!

18. Ich befolge die allgemeinen Sicherheitsrichtlinien am Arbeitsplatz (z.B. Sicherheitsschuhe tragen, Schutzbrille aufsetzen, Arbeit unter Spannung verboten, etc.).

Trifft gar nicht zu

Abb. 9.18: Screenshot der beiden Verzweigungsfragen des Fragebogens.

Danksagung

Abschließend möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich beim Verfassen dieser Masterarbeit unterstützt haben.

Ein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Alfred Riedl, der meine Masterarbeit betreut und begutachtet hat. Vielen Dank für Ihre konstruktive Kritik und die hilfreichen Anregungen für die Gestaltung der Arbeit.

Besonders hervorheben möchte ich auch Herrn Armin Grzybek, ohne dessen Hilfe es mir wohl nicht gelungen wäre, eine solchermaßen spannende und pädagogisch durchdachte Unterrichtsequenz zu gestalten. Auch für seine Hilfe bei der Organisation und Durchführung der Untersuchung möchte ich mich noch einmal ganz besonders bedanken.

Weiterhin bedanke ich mich bei Herrn Anton Riedel für die großartige Unterstützung beim Videodreh und -schnitt, bei Frau Paula Isler und Herrn Thomas Waldhör für die großzügige Bereitstellung ihrer Unterrichtszeit sowie bei allen Kolleginnen und Kollegen der Elektroabteilung der Beruflichen Schulen Altötting.

Zudem danke ich Herrn Robert Voll für seine grandiose schauspielerische Leistung beim Videodreh, Herrn Thomas Grzybek und Herrn Thomas Wieser, deren Räumlichkeiten wir für die Videos nutzen durften und die uns technisch unterstützt haben sowie der Firma ABB Motion Deutschland, vertreten durch Herrn Florian Hausner, für die Bereitstellung der Elektromotoren.

Der Firma Schmid Elektro-Maschinen & Gerätebau GmbH möchte ich ebenfalls meinen Dank aussprechen. Die Einblicke die ich während der Firmenbesichtigung über ihr Messgerät erhalten durfte, halfen mir in ganz besonderem Maße bei der Vorbereitung der Unterrichtsequenz.

Ein besonderer Dank gilt fernerhin allen Teilnehmern und Teilnehmerinnen meiner Schülerbefragung, ohne die diese Arbeit nicht hätte entstehen können. Ohne ihr Engagement während des Unterrichts und beim Ausfüllen des Fragebogens wäre diese Untersuchung nicht machbar gewesen.

Außerdem möchte ich meinem Bruder Georg Mayer, meinem Onkel Bernhard Kuhn und Carolin Nunberger noch einmal ganz herzlich für das Korrekturlesen meiner Masterarbeit danken.

Abschließend möchte ich mich noch bei meinen Eltern bedanken, die mich während meines Studiums immer unterstützt haben und stets versucht haben, meinen studentischen Gedankengängen zu folgen.

Dorfen, 14. Dezember 2021

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende wissenschaftliche Arbeit mit dem Titel

Negatives Wissen – Didaktisches Konzept und Auswirkungen auf den Kompetenzerwerb im technischen Unterricht

ausschließlich von mir selbst und ohne fremde Hilfe angefertigt wurde. Ich habe keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die verwendete Literatur im Literaturverzeichnis aufgeführt. Wörtliche sowie sinngemäße Zitate gehen hieraus als solche hervor und sind mit Angabe der Quelle gekennzeichnet.

Ort, Abgabedatum

Unterschrift