

EDITORIAL

ZEITSCHRIFT FÜR BERUFS- UND WIRTSCHAFTSPÄDAGOGIK 112, 2016/2, 167–183

REINHOLD NICKOLAUS

Barrieren bei der Bewältigung berufsfachlicher Aufgaben

Ausgewählte Ergebnisse aus quantitativen und qualitativen Analysen und ihr didaktisches Potential¹

1. Zugänge zur Thematik

Berufsfachliche Aufgaben spielen sowohl in beruflichen Leistungserstellungsprozessen als auch in Lehr-Lernprozessen eine zentrale Rolle. In didaktischer Perspektive dienen berufsfachliche Aufgaben u. a. zur Initiierung und Strukturierung von Lehr-Lernprozessen, zur Aktivierung der Lernenden, zur inneren Differenzierung, zum Aufbau von Fertigkeiten und zur Durchführung von Lern- und Leistungskontrollen. Die gezielte Variation von Aufgabenschwierigkeiten spielt bei all diesen didaktischen Handlungen eine zentrale Rolle. Die Schaffung von (überwindbaren) Barrieren in Lehr-Lernprozessen oder deren systematische Variation zur Feststellung von verfügbaren oder noch unzureichend entwickelten Kompetenzen stellt eine zentrale Herausforderung für die Lehrkräfte dar.

Die Barrieren bei der Bewältigung berufsfachlicher Aufgaben spiegeln das wechselseitige Verhältnis von objektiven Anforderungen und individuellen Voraussetzungen. In der berufspädagogischen Forschung sind zu diesem Themenfeld zumindest drei Forschungszugänge identifizierbar: A) Studien zu dem, was Aufgaben schwierig macht bzw. Studien, in welchen im Rahmen von Kompetenz – Niveaumodellierungen der Frage nachgegangen wird, welche Probandengruppen welche Aufgabentypen bewältigen können. In diesen Studien wird in der Regel unterstellt, dass die Schwierigkeit einer Aufgabe allein durch die objektiven Merkmale dieser Aufgabe bestimmt ist und die Lösungswahrscheinlichkeit der Aufgabe als Merkmal der variablen Kompetenzausprägung von Individuen interpretiert werden kann (z. B. HARTIG / KLIEME 2007). Diese zunächst plausibel scheinende Modellvorstellung ist insoweit problematisch, als in Abhängigkeit von den individuellen Voraussetzungen gegebenenfalls unterschiedliche Lösungsansätze genutzt werden können und davon auch die vermeintlich objektive und klar definierte Schwierigkeit der Anforderung berührt ist

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries

1 Ich danke Stephan Abele für die kritisch-konstruktive Durchsicht des Beitrags.
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, reproductions,
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2016

(z. B. ABELE 2016). In allen Fällen, in welchen Aufgaben auf unterschiedlichen Wegen bewältigt werden können, stellt sich dieses Problem. Gleichwohl lassen sich auf diesem Wege Anforderungsmerkmale identifizieren, die für die Auszubildenden mehr oder weniger herausfordernd werden und Hinweise bereitstellen, an welchen Herausforderungen bestimmte Ausbildungsgruppen zu scheitern drohen und zusätzlicher didaktischer Unterstützung bedürftig sind (s. u.). B) Der zweite Forschungszugang ist jener zum Lernen aus Fehlern, der in den letzten Dekaden zunehmend intensiver verfolgt wurde und in dem nicht nur bewältigbare Barrieren, sondern auch Barrieren, an welchen man zunächst scheitert, als Lerngelegenheiten fruchtbar gemacht werden sollen (zur aktuellen Debatte z. B. GARTMEIER u. a. 2016). Typisch sind in diesem Forschungsfeld einerseits inhaltsbezogene Reflexionen zu (gemachten) Fehlern, die gegebenenfalls im Aufbau eines negativen Wissens münden, dessen Verfügbarkeit künftig die Vermeidung einschlägiger Fehler begünstigen soll (OSER / SPYCHIGER 2005; OSER 2016) oder auch als Ausgangspunkt für neue Lösungsansätze nutzbar wird. Andererseits erhält die „Fehlerkultur“ als sozialer Bedingungsrahmen des Umgangs mit Fehlern Aufmerksamkeit, mit dem Ziel, diese so auszugestalten, dass Fehler nicht als beschämend empfunden, sondern im Rahmen von Lernprozessen als Lerngelegenheiten begriffen werden (SPYCHIGER u. a. 1999). C) In der dritten Zugangsvariante werden qualitative Zugänge genutzt, um beispielsweise über die Analyse von schriftlichen Aufgabenbearbeitungen oder die Methode des lauten Denkens genauere Einblicke in die individuellen Bearbeitungsprobleme und damit Ansatzpunkte für die (individuelle) Förderung zu gewinnen. Das spezifische Potential dieser Zugänge liegt darin, gegebenenfalls vorhandene Fehlkonzepte aufzudecken, das Wechselspiel zwischen Anforderung und individueller Bearbeitung genauer herauszuarbeiten und dabei, je nach Zugang, sowohl inhaltliche als auch motivationale und emotionale Momente und damit verknüpfte strategische Handlungsweisen in den Blick zu bekommen. Im Weiteren werden vor allem ausgewählte Ergebnisse zu den Forschungszugängen A und C aufgegriffen und im Hinblick auf ihre Potentiale und ihre weitere perspektivische Entwicklung thematisiert.

2. Schwierigkeitsbestimmende Merkmale von Aufgaben bzw. beruflichen Anforderungen und ihre didaktischen Implikationen

In den im beruflichen Bereich vorliegenden Niveaumodellierungen wurden die Aufgaben häufig erst nach der finalen Testerstellung einer Schwierigkeitsanalyse unterzogen. Ursächlich ist dafür vor allem die bei der Testerstellung dominante Sicherung inhaltlicher Validität, die notwendig scheint, um den Ansprüchen einer konsequenten Handlungsorientierung der Ausbildung zu genügen. Das Spektrum der in den Aufgabenanalysen berücksichtigten potentiellen Schwierigkeitsmerkmale ist inzwischen relativ breit (s. u.), wobei sich zumindest partiell auch domänenübergreifend Gemeinsamkeiten beobachten lassen, die Anlass geben, domänen- bzw. fachübergreifende Merkmale als **Barriere trüchtig zu unterstellen**. Das findet auch Ausdruck

in Vorschlägen zu fächerübergreifenden Schwierigkeitskategorien, wie sie beispielsweise MAIER u. a. (2013) vorlegten. Ausgewiesen werden dort z. B. sieben Kategorien, wie die Wissensart, (deklaratives, prozedurales, konzeptionelles und metakognitives Wissen), der kognitive Anspruch (Reproduktion, naher und weiter Transfer, Problemlösen), die inhaltliche Komplexität (z. B. modelliert über die Anzahl der Wissensseinheiten), die Offenheit der Aufgabenstellung (z. B. offen, halboffen, geschlossen), der Lebensweltbezug, die sprachlogische Komplexität der Aufgabenstellung und die Repräsentationsform (z. B. rein sprachlich, Kombination verschiedener Repräsentationsformen) (KLEINKNECHT u. a. 2013). Das bedeutet jedoch keineswegs, dass sich diese Merkmale durchgängig in allen (fachlichen) Anforderungskontexten empirisch als schwierigkeitsrelevant bestätigen lassen.

In der beruflichen Bildung wird die Wissensart z. B. keineswegs durchgängig als Schwierigkeitsmerkmal erachtet, sondern theoretisch auch als spezifische Subdimension beruflicher Handlungskompetenz ausgewiesen. Empirisch erweist sich die Wissensart beispielsweise in der Technischen Mechanik als schwierigkeitsrelevant (DAMMANN u. a. 2016), als eigenständige Subdimension ist das Handlungswissen beispielsweise bei den Kfz-Mechatronikern ausgewiesen (NICKOLAUS u. a. 2016). Solch divergente Untersuchungsergebnisse werfen die Frage nach den Ursachen auf. Naheliegend scheint die Vermutung, dass die jeweiligen Operationalisierungsformen dabei ergebnisrelevant werden. Begünstigt werden je eigene Subdimensionen für das deklarative und prozedurale Wissen anscheinend dann, wenn das prozedurale Wissen nicht über Papier- und Bleistifttests, sondern über andere Testformen, wie z. B. Video- vignetten erhoben wird, wie das auch im Falle der Kfz Mechatroniker geschah. Sofern das prozedurale Wissen in Papier- und Bleistifttests über jene Aufgaben operationalisiert wird, in welchen z. B. Rechenoperationen notwendig sind, fallen deklaratives und prozedurales Wissen hingegen meist zusammen (GEISSEL 2008, GSCHWENDTNER 2008). Dort wo die Wissensform schwierigkeitsrelevant wird, kann ein steigender Schwierigkeitsgrad von deklarativem über prozedurales und konzeptionelles zu metakognitivem Wissen, wie von Kleinknecht u. a. unterstellt, nicht generell als gültig angenommen werden (DAMMANN u. a. 2016). Eine Herausforderung stellt auch die eindeutige Zuschreibung dar, inwieweit für die Bearbeitung einer Aufgabe auf die verschiedenen Wissensformen zurückgegriffen wird. So dürfte z. B. ein bewusstes Prozedieren immer auch den Einsatz metakognitiven Wissens erfordern, beim Rückgriff auf verfügbare Schemata ist das vermutlich nicht mehr notwendig. Letztlich ist auch bei Modellvorstellungen, welche Wissensformen bei der Lösung einer Aufgabe zu aktivieren sind, Modellvorstellungen zum Lösungsprozess notwendig, die in Abhängigkeit von den individuellen Voraussetzungen zutreffend sein können oder auch nicht. Zeigen lässt sich das anschaulich auch an Aufgaben, die sowohl auf der Basis von deklarativem Wissen (z. B. im Rückgriff auf eine bekannte Formel) oder auf der Basis prozeduralen Wissens gelöst werden können, indem die Formel selbst hergeleitet wird.

Der kognitive Anspruch der Aufgaben nach Bloom wird in einer ganzen Reihe von Niveaumodellierungen in der beruflichen Bildung als schwierigkeitsrelevant ausge-

wiesen (z. B. ACHTENHAGEN / WINTHER 2009, GEISSEL 2008, GSCHWENDTNER 2008, SCHUMANN / EBERLE 2011, SEEBER 2008), aber auch hier sind die Ergebnisse nicht konsistent. So ergeben sich beispielsweise in neueren Modellierungen des Fachwissens bei Kfz Mechatronikern (BEHRENDT / ABELE / NICKOLAUS 2016) und bei Anlagenmechanikern (SÖHNER 2016) keine erwartungskonforme Zusammenhänge, was in beiden Domänen durch inhaltliche Heterogenitäten der Testzuschnitte begünstigt scheint.

Ein ähnliches Befundmuster lässt sich auch für das Schwierigkeitsmerkmal der Komplexität identifizieren, das einerseits vielfältige Operationalisierungsvarianten erfährt und andererseits auch innerhalb der einzelnen Operationalisierungsvarianten keine konsistente Befundlage zeigt. Die Operationalisierungen reichen von der häufig genutzten, teilweise auch leicht modifizierten Variante von KAURTZ (2009) (Fakt, Zusammenhang, übergeordnetes Konzept; z. B. DAMMANN u. a. 2016) über die Anzahl der zu verarbeitenden Wissens Elemente und deren Vernetzung (z. B. GSCHWENDTNER 2008) bis zur Anzahl der Lösungsschritte (PETSCH / NORWIG / NICKOLAUS 2015). Neben den unterschiedlichen Operationalisierungen scheint für die Uneinheitlichkeit der Befundlage zum Teil auch der Sachverhalt bedeutsam, dass die unterstellten linearen Zusammenhänge nur in bestimmten Leistungssegmenten vorzufinden sind und einzelne Merkmale z. B. für leistungsschwächer Gruppen bedeutsam werden, nicht jedoch für leistungsstärkere Gruppen (z. B. ZIEGLER 2016). Von Interesse scheint bezogen auf dieses Merkmal auch, dass zum Teil fachspezifische Komplexitätsindikatoren als schwierigkeitsrelevant dokumentiert werden (z. B. DAMMANN u. a. 2016), womit die Frage aufgeworfen wird, inwieweit es notwendig wird, die Ansprüche, allgemeine Aussagen zu den schwierigkeitsbestimmenden Merkmalen bereitzustellen, eingeschränkt werden müssen.

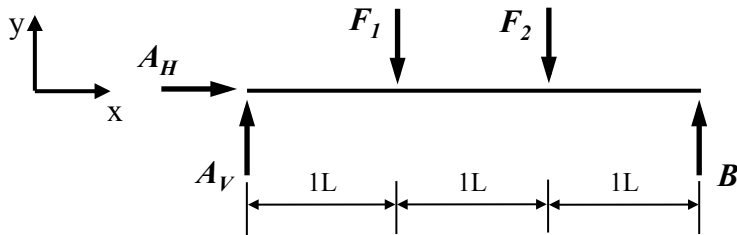
Eine weitere Quelle für die Uneinheitlichkeit der Befundlagen lässt sich am Beispiel der mathematischen Anforderungen illustrieren. Während z. B. SEEBER 2008, PETSCH / NORWIG / NICKOLAUS 2015 und DAMMANN u. a. 2016 mathematische Anforderungen als schwierigkeitsrelevant dokumentieren, wird diesem Merkmal bei Kfz Mechatronikern keine Schwierigkeitsrelevanz zugeschrieben. Ursächlich sind dafür vermutlich geringere mathematische Anforderungen und damit einhergehende Einschränkungen der Varianz dieses Merkmals. Von Interesse sind bezogen auf das Merkmal der mathematischen Anforderungen auch die verschiedenen Facetten, die in den Operationalisierungen der Schwierigkeitspotentiale herangezogen werden. Zum Teil geschieht dies in dichotomer Form (mathematische Anforderungen ja / nein), zum Teil kommen auch Merkmale wie die Anzahl der mathematischen Operationen, die Schwierigkeitsgrade der mathematischen Operationen (leicht, mittel, schwierig) oder auch spezielle Leistungen wie die mathematische Modellierung fachlicher Sachverhalte zum Einsatz. Mit der mathematischen Modellierung fachlicher Zusammenhänge ist eine spezifische Modellierungsleistung angesprochen. Modellierungsleistungen im Sinne der Entwicklung eines Modells zu den Zusammenhängen zwischen relevanten Wissens Elementen wurde auch bereits bezogen auf den Schwierigkeitsindikator der Komplexität (implizit) berücksichtigt.

In gleicher Weise lassen sich die anderen von KLEINKNECHT u. a. (2013) angeführten Merkmale diskutieren, wie z. B. die Aufgabenformate, die gelegentlich erhebliche Anteile der Schwierigkeitsvarianz erklären (BEHRENDT / ABELE / NICKOLAUS 2016). Zum Teil, wie bei geschlossenen / offenen Varianten, sind solche Merkmale allerdings didaktisch wenig ertragreich, oder aber, wie im Falle der Einbindung von Bildmaterial in die Aufgabenstellung, haben sie zum Teil erleichternde oder auch erschwerende Funktionen (STILLER 1999). Bedeutsam im Hinblick auf didaktische und diagnostische Verwertungskontexte scheint auch die sprachliche Anforderung der Aufgabenstellung, die zwar für gängige Fachwissenstests häufig, aufgrund geringer Varianz, nicht prädiktiv für die Itemschwierigkeit werden, in gegenwärtig üblichen Prüfungszuschnitten jedoch wesentlich größere Varianz aufweisen und vor allem für Auszubildende mit sprachlichen Defiziten zum Problem werden dürften.

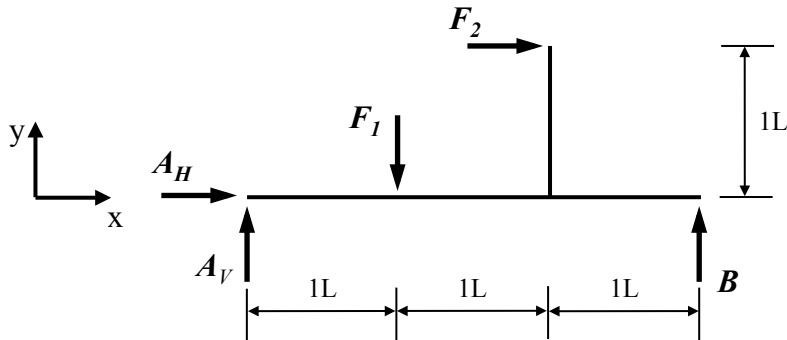
Innerhalb der beruflichen Bildung wird z. T. auch das Merkmal der Vertrautheit als schwierigkeitsbestimmend in die Modellierungen einbezogen (z. B. GSCHWENDTNER 2008). Streng genommen handelt es sich dabei um kein „objektives Merkmal der Anforderungssituation, sondern um einen Indikator, der die Bezüge zwischen Anforderungssituation und der die Aufgabe bearbeitenden Person kennzeichnet.

Als Zwischenfazit kann man m. E. festhalten, dass es beim gegenwärtigen Forschungsstand zwar möglich ist, einzelne Merkmale übergreifend als potentiell schwierigkeitsrelevant zu unterstellen, jedoch ohne bereichsspezifische Prüfung kein Geltungsanspruch unterstellt werden kann. Begünstigt wird die Uneinheitlichkeit der Befundlage u. a. durch die den Niveaumodellierungen üblicherweise zugrunde liegenden relativ inhaltsheterogenen Testzuschnitte. Zu prüfen wäre, inwieweit bei inhaltlich homogenen Aufgabenbündeln auch konsistentere Ergebnisse erzielt werden können. Diese Annahme scheint zumindest hoch plausibel und wird durch Feinanalysen auch empirisch gestützt (SÖHNER 2016). Im Hinblick auf die didaktische Orientierungsleistung könnte man das so interpretieren, dass die häufiger als schwierigkeitsrelevant ausgewiesenen Merkmale durchaus gezielt zur Modifikation der Schwierigkeiten bzw. Anforderungen von Arbeits- und Prüfungsaufgaben genutzt werden können und damit zu schrittweisen, an den Entwicklungsstand angepassten Anforderungsgestaltungen dienlich werden. Ein kleines Beispiel, das aus der Technischen Mechanik übernommen ist, möge das im folgenden Veranschaulichen. Modifiziert wurden in diesem Falle in systematischer Weise die mathematischen Anforderungen, in der Erwartung, dass sich aufsteigend von Aufgabe eins bis drei die Schwierigkeit sukzessive erhöht, was auch eingetreten ist. Der Aufgabenstamm der Aufgaben war identisch, zu berechnen waren jeweils die Auflagerkräfte an den Punkten A und B. Gegeben waren jeweils die vertikal bzw. horizontal angreifenden Kräfte F_1 , F_2 und die Streckenlast q . Die Lösungsquoten erreichte bei der ersten Aufgabe 79%, bei der zweiten 49% und bei der dritten 25%.

Aufgabe 1:



Aufgabe 2



Aufgabe 3

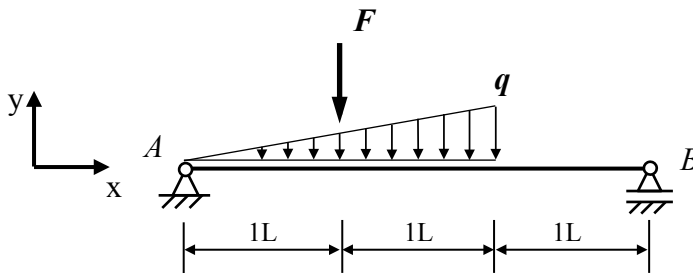


Abbildung 1: Beispielaufgaben zur systematischen Variation von mathematischen Anforderungen

Die zentrale Frage lautet, weshalb es in solch relativ eng umrissenen Anforderungskontexten gelingt, die Schwierigkeiten von Aufgaben gezielt zu variieren, in anderen Fällen jedoch erwartungswidrig einschlägige Effekte ausbleiben. Theoretisch könnte man annehmen, dass in solch klar umrissenen Anforderungsbereichen die implizit unterstellte Bearbeitungsstruktur tatsächlich von allen oder doch zumindest von den meisten Probanden tatsächlich realisiert wird und keine alternativen Lösungswege genutzt werden, die die vermeintlich als objektiv unterstellten Aufgabenmerkmale obsolet werden lassen. ABELE (2016) zeigt am Beispiel von Fehlerdiagnoseprozessen am Kfz, dass in Fehlerdiagnosekontexten erfahrungsbasiertes Wissen für die Wahl des Lösungsweges bedeutsam ist und damit, anders als im obigen Beispiel, keine eindeutig definierte Anforderungsstruktur unabhängig von den Individuen, die die Aufgaben bearbeiten, unterstellt werden kann. Je nach Entwicklungsstand des Individuums, seinen vorausgegangenen Erfahrungen bzw. seiner Lernbiographie werden Anforderungen gegebenenfalls im Rückgriff auf unterschiedliche individuelle Ressourcen und Lösungsansätze bearbeitet. Ziel pädagogischer Prozesse könnte vor diesem Hintergrund sein, die individuellen Ressourcen so zu beeinflussen, dass gemessen an den „objektiven“ Merkmalen einer Anforderungssituation eine möglichst wenig belastende Bearbeitung möglich wird. D.h., jenes Wissen und jene Strategien aufzubauen, die eingesetzt werden können, um auch „komplexe“ Anforderungen zielorientiert bearbeiten zu können. Das Wissen, was für die Lernenden die Fehlerdiagnose erschwert, ist dafür in hohem Grade hilfreich, da es eine gezielte Förderung ermöglicht. Zu berücksichtigen bleibt auch, dass mit den jeweils einbezogenen Schwierigkeitsmerkmalen in der Regel lediglich 40 bis 60% der Varianz aufgeklärt wird und damit substantielle Anteile der Schwierigkeitsvarianz mit den einbezogenen Merkmalen unaufgeklärt bleiben. Neben den oben angeführten Merkmalen sind in den verschiedenen Studien im Bereich der beruflichen Bildung zu fachlichen Problemlösekompetenzen z. B. die messtechnischen Anforderungen, der Anspruch an die eigenständige Informationerschließung, technologische Merkmale wie z. B. die Dynamik der technischen Systeme und die Unterstützungsqualität bei Fehlerdiagnosen durch Expertensysteme als potentielle Schwierigkeitsmerkmale ausgewiesen (im Überblick NICKOLAUS 2014). Damit ist der Merkmalsraum sicherlich nicht erschöpft. Erweiterungen sind vor allem bei einer Ausweitung der in die Untersuchungen einbezogenen Domänen zu erwarten.

Didaktische Implikationen der ausgewiesenen Schwierigkeitsmerkmale

Den oben ausgewiesenen Merkmalen sind auch explizite und implizite Annahmen inhärent, deren Vergegenwärtigung für die gezielte Nutzung der schwierigkeitsbestimmenden Merkmale bei der Gestaltung von Lehr-Lernprozessen hilfreich scheint. So wird bei MAIER u. a. (2013) z. B. unterstellt, dass die Verfügbarkeit von Fakten weniger anspruchsvoll ist als die Verfügbarkeit von Prozeduren und prozedurales Wissen weniger anspruchsvoll ist als die Verfügbarkeit von Konzepten und metakognitives Wissen den höchsten Anspruch der Wissensarten repräsentiert. Diese im Anschluss an

ANDERSON / KRATHWOHL (2001) eingebrachte Annahme baut auf der Unterstellung auf, dass für den Aufbau des prozeduralen Wissens zunächst ein grundlegendes Faktenwissen verfügbar sein muss. Das mag in vielen Fällen formeller Bildungsprozesse auch so sein, es ist jedoch auch nicht auszuschließen, dass Faktenwissen partiell über das Handeln / Verhalten in variierenden Anforderungssituationen aufgebaut wird (vgl. z.B. NEUWEG 1998) und damit gegebenenfalls die Verfügbarkeit von Prozeduren dem Faktenwissen vorangeht. Mit anderen Worten, der Modellvorstellung liegen Annahmen zum Aufbau der unterschiedlichen Wissensarten zugrunde, die bereichsspezifisch vermutlich tragfähig sind, in anderen Bereichen des Wissenserwerbs jedoch nicht. Letztlich ist damit die Frage aufgeworfen, wie der Wissenserwerb in den Bereichen der unterschiedlichen Wissensarten zusammenhängt. In didaktischen Settings, die von äußeren Einflüssen wenig berührt sind, ist dies vermutlich auch gestaltbar, wobei die individuellen Verarbeitungsprozesse nur angeregt werden können. Zu berücksichtigen ist, dass ohne Berücksichtigung der Entwicklungsstände der Individuen bzw. ohne genauere Analyse des eingeschlagenen Lösungsweges z. T. keine trennscharfen Zuordnungen von Aufgaben zu den unterschiedlichen Wissensarten vorgenommen werden können, die zur Bewältigung der Aufgaben notwendig sind (vgl. auch KLEINKNECHT u. a. 2013). Häufig werden auch unterschiedliche Wissensformen für die Aufgabenbearbeitung notwendig, die zusätzlich von eingeschlagenen Lösungswegen abhängig sein können (z. B. NEUMANN 2013).

Bezogen auf den kognitiven Anspruch von Aufgaben im Anschluss an Bloom ist zunächst zu konstatieren, dass in den empirischen Modellierungen häufig einzelne Merkmalsausprägungen zusammengezogen werden (z. B. Wissen / Verständnis; Anwendung; Analyse / Synthese / Bewertung), was auf erste Probleme hindeutet, mit den verfügbaren Itempools alle kognitiven Stufen als eigene Schwierigkeitsstufen zu modellieren. Das mag primär in den begrenzten Itempools begründet sein, es ist jedoch auch nicht auszuschließen, dass es nur begrenzt gelingt, selbst innerhalb eines Gegenstandsfeldes die in der Bloomschen Taxonomie unterstellte Hierarchie auch empirisch abzusichern. Dafür spricht auch der bei ANDERSON / KRATHWOHL (2001) vorgenommene Austausch der beiden letzten kognitiven Niveaus. Bei inhaltsheterogenen Anforderungsstrukturen scheint die Hierarchie zusätzlich in Frage gestellt. Für das didaktische Handeln, z. B. bei der Gestaltung von Lernaufgaben innerhalb in sich konsistenter Anforderungsbereiche, kann man allerdings im Anschluss an die vorliegenden Befunde zunächst unterstellen, dass zumindest zwischen Wissen / Verständnis und Anwendung eine Anforderungssteigerung gegeben ist (z. B. GEISSEL 2008; GSCHWENDTNER 2008). D. h. in didaktischer Perspektive, dass diese Merkmale gezielt zur Gestaltung der Anforderungen nutzbar werden. Dies zum Anlass zu nehmen, eine generelle Entwicklungslogik von Wissen – Verstehen – Anwenden zu unterstellen, kollidiert allerdings mit dem oben bereits im Anschluss an Neuweg eingebrachten Argument. D. h., auch hier wäre es notwendig auszuloten, inwieweit im jeweiligen Feld der eine oder andere Weg des Kompetenzerwerbs unterstellt werden kann. **Zumindest in einigen Anforderungssegmenten**, wie z. B. bei der Fehlerdiagnose in technischen Systemen (z. B. ABLE 2014; NICKOLAUS u. a. 2012;

NICKOLAUS / BEHRENDT / ABELE 2016; NICKOLAUS u. a. 2015; WALKER u. a. 2016) wird allerdings der hohe Stellenwert des fachlichen Wissens und des Verständnisses eines TECHNISCHEN Systems für die erreichten Fehlerdiagnoseleistungen dokumentiert. D.h., in diesen Bereichen scheint es zielführend, das Basiswissen und das Verständnis der technischen Systeme elaboriert aufzubauen, um Handlungsfähigkeit in diesen anspruchsvollen Anforderungssituationen anzubahnen.

Zur Komplexität einer Anforderungssituation als zu gestaltendes Lernmerkmal wurde oben bereits herausgearbeitet, dass die Komplexitätsausprägung nicht unabhängig von den erreichten Kompetenzniveaus der die Aufgaben bearbeitenden Individuen modelliert werden kann. In didaktischer Perspektive zentral scheint auch der Sachverhalt, dass dieses Merkmal in aller Regel mit anderen Schwierigkeitsmerkmalen mehr oder weniger eng assoziiert ist und damit dessen Modifikation auch mit Änderungen anderer Schwierigkeitsmerkmale einhergeht (ABELE 2016). Dieses Phänomen zeigt sich auch in anderen Domänen (KLEINKNECHT u. a. 2013). Beachtenswert scheinen in didaktischer Perspektive auch die Befunde von STARK u. a. (1996), wonach die Lernerfolge bezogen auf unterschiedliche Kompetenzfacetten dann am geringsten sind, wenn die Komplexität der Anforderungen (zu) hoch ist und die Unterstützungsleistung der Lehrenden gering². Mit anderen Worten, die Gestaltung von Lernaufgaben im Hinblick auf die realisierten (unterstellten) Schwierigkeitsniveaus ist nicht nur abhängig von den individuellen Voraussetzungen der Lernenden, sondern ebenso von der Gestaltung der sonstigen Umgebungsbedingungen, wie z. B. dem Unterstützungsverhalten der Lehrkraft.

Mathematische Anforderungen wurden sowohl im kaufmännischen als auch in einem Teil der gewerblich-technischen Domänen empirisch als schwierigkeitsrelevant bestätigt (s. o.). Das korrespondiert auch mit der relativ hohen prädiktiven Kraft der mathematischen Kompetenzen für den Fachwissenserwerb (im Überblick z. B. NICKOLAUS / SEEGER 2013). Eine besondere Herausforderung scheinen mathematische Modellierungen von fachlichen Sachverhalten darzustellen, die in gewerblich-technischen Domänen häufig bei der Generierung eines Lösungsansatzes notwendig werden. Vor diesem Hintergrund ist zu erwarten, dass insbesondere die Generierung eines angemessenen Lösungsansatzes Schwierigkeiten bereitet, was sich in qualitativen Analysen der Aufgabenbearbeitungen bestätigt (s. u.). Eigenständige mathematische Modellierungen setzen sowohl die fachliche Durchdringung des Gegenstandsfeldes als auch die Fähigkeit voraus, dafür mathematische Beschreibungsformen zu generieren. In der Regel wird von den Auszubildenden allerdings weniger eine eigenständige Modellierung als die gezielte Auswahl verfügbarer Modellierungen eingefordert, was gegebenenfalls die Fähigkeiten voraussetzt, durch geeignete Informationsbeschaffungsschritte und fachlich geleitete Selektionsprozesse adäquate Modellierungen (z. B. aus dem Tabellenbuch) auszuwählen. Zumindest partiell werden mathematische Anforderungen auch bereits bei einfacheren Anforderungen, wie der

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries

2 Dieser Befund steht auch in Einklang mit der *cognitive load theory* (z. B. SWELLER 2011).
This applies to printed or copied, transmitted, reproduced, modified, or otherwise processed material, as well as storage and processing in electronic systems.

Umsetzung von Rechenoperationen bedeutsam, deren Verfügbarkeit bei erheblichen Anteilen der Auszubildenden in einem Anteil der Bau- und Metallberufe und verstärkt bei Jugendlichen, die in das Übergangssystem einmünden, nicht gewährleistet scheint (AVERWEG 2007; NORWIG / PETSCH / NICKOLAUS 2010; NICKOLAUS u. a. 2016). Vor diesem Hintergrund stellt sich die bisher ungeklärte didaktische Frage, ob die mathematischen Fähigkeiten (in der beruflichen Bildung) effektiver vorlaufend, parallel oder integrativ zur fachlichen Kompetenzentwicklung zu fördern sind.

Im Hinblick auf die Aufgabenformate scheint einerseits von Interesse, wie die Antwortformate gestaltet sind (offen / geschlossen) und andererseits die Gestaltung des Aufgabenstamms in Form von mehr oder weniger genutzten Repräsentationsformen des Wissens, die integrativ zu verarbeiten sind. Für die Anregung von Lernprozessen dürften offene Aufgabenformate vorteilhafter sein als geschlossene und halboffene Antwortformate, vor allem bieten sie für die Lehrenden auch die Möglichkeit zumindest teilweise über die Dokumentation der Lösungsprozesse Hinweise zu eventuellen bestehenden Barrieren zu erhalten. Da die Nutzung unterschiedlicher Repräsentationsformen (z. B. symbolisch, ikonisch) sowohl aufgabenerschwerend als auch erleichternd sein kann (vgl. z. B. MAIER u. a. 2013) erfordert die gezielte Nutzung dieses Merkmals für die Variation der Aufgabenschwierigkeiten ein genaueres Wissen über diesen Sachverhalt. Bezogen auf die sprachliche Gestaltung von Aufgaben wäre in Fachkontexten zumindest zu erwägen, deren Zuschnitt in Lernsituationen zunächst so zu gestalten, dass sie nach Möglichkeit nicht zur Barriere werden. Angesichts der gegenwärtigen Prüfungspraxis ist dies allerdings nur bedingt praktikierbar, da spätestens dort auch in Prüfungen zur Ermittlung der Fachkompetenz relativ hohe sprachliche Anforderungen üblich sind.

Die Berücksichtigung der Vertrautheit als Schwierigkeitsmerkmal ist in didaktischer Perspektive als Hinweis auf die Entwicklungsfähigkeit der individuellen Dispositionen deutbar. Zugleich ist damit auch nochmals die bereits mehrfach angesprochene Relevanz der Interaktion von individuellen Voraussetzungen und den Anforderungen der Aufgabe für die Schwierigkeitsausprägung einer Anforderungssituation angesprochen.

3. Ausgewählte Ergebnisse qualitativer Studien zu den bei der Aufgabebearbeitung auftretenden Barrieren

Die in diesem Feld vorliegenden Arbeiten in gewerblich-technischen Domänen, auf die ich mich im Folgenden weitgehend beschränke, wurden einerseits im Rückgriff auf die Analyse von Lösungsdokumentationen vorgenommen. Basis dieser Lösungsdokumentationen waren in der Regel Testaufgaben, die in offener Form gestellt wurden. Erste einschlägige Arbeiten dieser Art wurden bereits in den 60er Jahren von PLOGHAUS (1967) vorgelegt, der Forschungsstrang wurde allerdings erst in neuerer Zeit wieder aufgegriffen. Da so angelegte Analysen durch die Güte der verfügbaren Daten notwendiger Weise restringiert sind – die schriftlichen Bearbeitungsdokumen-

tationen geben in der Regel keinen verlässlichen Einblick, in die den Lösungsprozess begleitenden kognitiven, motivationalen und emotionalen Prozesse – wurde andererseits auf den Ansatz des lauten Denkens zurückgegriffen um dieses Defizit zu mildern. Typisch ist dafür die Konfrontation von unterschiedlich leistungsfähigen Personen mit Aufgaben unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade.

Eine zentrale Aussage aus den damals von Ploghaus am Beispiel von Fachrechnungsaufgaben in metalltechnischen Berufen durchgeführten Analysen war, dass die größten Probleme im Bereich des Lösungsansatzes auftreten. Dieser Befund wurde in Folgestudien mehrfach gestützt (z. B. AVERWEG 2007; THIELE 1999; PETSCH / NORWIG / NICKOLAUS 2011; ausführlicher auch NICKOLAUS 2014). Als ursächlich vermutet wird dafür u. a. ein mangelnd entwickeltes Fachwissen, ungünstig ausgeprägte Selbstkonzepte und fehlende Strategien, die geeignet sein könnten, über bestehende Hürden hinwegzuhelfen. Als vorteilhaft zur Bearbeitung dieser Problematik hat sich in unterschiedlichen Domänen ein kombiniertes Strategietraining erwiesen, das sich im Rückgriff auf allgemeine und fachspezifische Strategieschulung unabhängig vom Leistungsniveau als geeignet erwies, das Leistungsniveau substantiell anzuheben (NORWIG / PETSCH / NICKOLAUS 2010; PETSCH / NORWIG / NICKOLAUS 2012; PETSCH / NORWIG / NICKOLAUS 2012; ZINN u. a. 2015). Zugleich war dieser Trainingsansatz damit verbunden, dass sich in der Experimentalgruppe nicht nur der Anteil richtiger Lösungen erhöhte, sondern auch der Anteil derer deutlich stieg, die überhaupt (brauchbare) Lösungsansätze entwickelten (PETSCH / NORWIG / NICKOLAUS 2011). Bemerkenswert war zugleich die weitgehend unabhängige Verteilung der weiteren Bearbeitungsfehler vom Leistungsniveau. D.h., Rechenfehler und Flüchtigkeitsfehler kamen in allen Leistungsgruppen in ähnlicher Größenordnung vor (ebd.). Festzuhalten bleibt aus diesen Studien, dass einerseits ein nicht hinreichend entwickeltes Verständnis über Sachverhalte und damit korrespondierende Probleme, Lösungsansätze zu generieren, eine besonders wichtige Barriere bei der Aufgabenbearbeitung darstellen und andererseits die Erfahrungen mit spezifischen Förderansätzen durchaus Anlass geben, diese Probleme pädagogisch als relativ gut bearbeitbar zu kategorisieren.

Offen bleibt in solchen Zugängen z. T. die Frage nach den gegebenenfalls bearbeitungsbedürftigen Fehlkonzepten, die effektiver über Verfahren des lauten Denkens erschlossen werden können, die auch im pädagogischen Prozess geeignet scheinen, den Lehrenden als „Fenster auf Bearbeitungsprozesse“ zu dienen. Geeignet scheinen solche Zugänge allerdings auch zur Sichtbarmachung von ablaufenden metakognitiven Prozessen und der Bedeutung von Selbstkonzepten für die Aufgabenbearbeitung. Zur Illustration füge ich im Folgenden zwei Beispiele an, die ansatzweise das Potential solcher Zugänge sichtbar machen. Die Befragung erfolgte in diesem Falle retrospektiv, alternativ wäre die Anregung von den Arbeitsprozess begleitenden Sprechakten realisierbar. In diesem Falle wurde im Anschluss an die Aufgabenbearbeitung der Rekonstruktionsprozess mit einer allgemeinen Frage zur Aufgabenwahrnehmung eingeleitet.

- „Schüler: Als ich Prozent gesehen hab, hab ich schon mal abgeschaltet, weil ich kann es nicht, Prozent rechnen.
- Lehrer: Die Aufgabenstellung, wie war die für dich?
- Schüler: War übersichtlich, also im Prinzip hat man gleich gewusst was gefragt ist.
- Lehrer: Was war da jetzt genau gefragt?
- Schüler: Die Fliese, die man bestellen muss +5% Verschnitt.
- Lehrer: Ok, wie hast du es probiert zum rechnen (sic!)?
- Schüler: Ich hab erst ausgerechnet was so eine Fliese gibt und cm^2 dann wie oft es in 12 m^2 geht dann hab ich umgerechnet auf 30 Fliese, wenn es stimmt, dann hab ich das Ergebnis aufgeschrieben ohne den Verschnitt und dann noch plus Verschnitt.
- Lehrer: Was hast du dann insgesamt raus gekriegt?
- Schüler: 30 $\frac{1}{2}$ Fliesen lacht.
- Lehrer: Ok. Warum lachst du?
- Schüler: Weiß nicht, zwischendurch hatte ich 39 Fliese (sic!), das hab ich dann verworfen.
- Lehrer: Warum hast du es verworfen?
- Schüler: Weiß nicht, weil 5% von 30 nicht plus 9 sein können.
- Lehrer: Also wegen der Größenordnung hat es nicht gepasst?
- Schüler: Ja.“ (KUNZ 2011, S. 69)

Deutlich werden an diesem Beispiel zunächst die Folgen eines bereichsspezifisch negativen Selbstkonzepts, aber auch die metakognitiven Prozesse, die durch die Impulse angeregt werden. Inhaltlich wird zunächst eine zutreffende Grundüberlegung sichtbar, deren Umsetzung allerdings an einer unzureichenden mathematischen Modellierung scheitert. Trotz eigener Infragestellung der Zwischen- und Endergebnisse gelingt es allerdings nicht, eine zutreffende Lösung zu generieren.

Noch deutlicher treten die Barrieren im zweiten Beispiel zu Tage:

- „Schüler: Ich hab sie mir wieder durchgelesen um was es ging (sic!) und dann hab ich gelesen, dass im Rechteck die Terrasse mit Fliesen belegt werden muss, bei dem Rechteck hab ich mir gedacht, da muss ich die Fläche rechnen, dann hab ich die $12 \text{ m}^2 \times 5$ gemacht dann hab ich 60 Fliesen raus bekommen.
- Lehrer: Warum genau hast du die $12 \text{ m}^2 \times 5$ gemacht?
- Schüler: Wegen der Fläche.
- Lehrer: Um die Fläche auszurechnen?
- Schüler: Ja.“ (KUNZ 2011, S. 67)

Das Beispiel illustriert, dass der Reflexionsanstoß hinreicht, die der Bearbeitung zugrunde liegende Fehlvorstellung selbst zu erkennen, diese im weiteren Bearbeitungsprozess jedoch durch weitere Fehlvorstellungen bzw. ein ungeplantes und unreflektiertes Handeln abgelöst wird.

Bestätigt werden die hier ansatzweise illustrierten Barrieren auch durch Untersuchungen, in welchen die Verbalisierung des Bearbeitungsprozesses parallel zum Bearbeitungsprozess erfolgte (KÜBLER 2014; RITZINGER 2015). Durchgeführt wurden diese Studien bei Schreiner* (KÜBLER 2014) und Industriemechanikern (RITZIN-

GER 2015). In den dort vorgenommenen Kategorisierungen zeichnet sich auch ab, dass bei leistungsstärkeren und leistungsschwächer Auszubildenden z. T. doch auch unterschiedliche Barrieren deutlich werden. So dokumentiert beispielsweise Kübler vor allem für die Auszubildenden im mittleren und unteren Leistungsniveau Barrieren in den Bereichen „mangelnde Reflexion und Selbstkontrolle, emotionale und motivationale Probleme, Umrechnen und mangelnde Verwendung von Einheiten, Schwächen im Umgang mit dem Tabellenbuch und inkonsistentes Vorgehen“ (ebd. S. 91). Probleme, die sich aus dem Leseverständnis der Aufgaben bzw. der Lesesorgfalt ergeben, scheinen für alle Leistungsgruppen bedeutsam. Im Vergleich der beiden Studien wird deutlich, dass ein Teil der bei den Schreibern anzutreffenden Fehlkonzepte und Barrieren bei den Industriemechanikern nicht relevant werden. Das gilt z. B. bei Flächen- und Volumenberechnungen, bei der Beherrschung der Grundrechenarten und bei der Umrechnung von Einheiten, die den Industriemechanikern keine Probleme bereiten. Ursächlich dürften für diese Unterschiede die unterschiedlichen Eingangsvoraussetzungen der Auszubildenden sein. Die Neigung, bei Barrieren auf Raten und Probieren auszuweichen, ist bei beiden Gruppen festzustellen, aber bei den Schreibern ist das bereits bei der Umrechnung von Einheiten beobachtbar, bei den Industriemechanikern hingegen (erst) bei der Umstellung von Gleichungen (RITZINGER 2015, S. 69). Gemeinsamkeiten bestehen auch im Bereich der (ineffizienten) Nutzung des Tabellenbuchs und damit bei der Strategieanwendung im Bereich der Informationsbeschaffung. Im Anschluss an RITZINGER (2015, S. 72) lassen sich die auftretenden Barrieren in einer Handlungsperspektive zumindest in folgende Schritte sequenzieren:

1. Generierung eines Lösungsansatzes, was die Verfügbarkeit relevanten Begriffswissens, ein angemessenes Textverständnis (Lesegenauigkeit) und die Verknüpfung der relevanten Wissenseinheiten bzw. die Auswahl oder Generierung einer Modellvorstellung voraussetzt.
2. Umsetzung des Lösungsweges in mehr oder weniger Teilschritten, wozu im technischen Bereich bei Fachwissensaufgaben neben fachlichem häufig auch mathematisches Wissen und die Fähigkeit, aus diskontinuierlichen Texten (z. B. graphischen Darstellungen von funktionalen Zusammenhängen) Informationen zu erschließen, notwendig ist.
3. Die Reflexion und Kontrolle von Zwischen- und Endergebnissen, im Rückgriff auf Größenvorstellungen und Relationen.

Bei allen Arbeitsschritten werden letztlich Konzentration, Motivation und Emotionskontrolle, ein angemessener Strategieeinsatz und in der Regel ein angemessenes Zeitmanagement sowie insbesondere bei auftretenden Schwierigkeiten Selbstkontrollmechanismen erforderlich. Diese noch relativ grobe Strukturierung bzw. die damit ausgewiesenen Teilanforderungen korrespondiert auch mit den oben erwähnten Förderkonzepten, die u. a. ein sorgfältiges Lesen und die Klärung dabei auftauchender Fragen, die Strategieförderung zur Generierung eines Lösungsansatzes, die Einübung der Nutzung von Informationsbeschaffungen (z. B. mit Hilfe des Tabellenbuches), die

systematische Reflexion von Zwischen- und Endergebnissen sowie die Bereitstellung grundlegender Wissens Elemente adressieren, die bedarfsbezogen abgerufen werden können.

Fazit

Die hier zusammengestellten Ergebnisse und Reflexionen machen zunächst deutlich, dass in didaktischer Perspektive keine „Rezeptologie“ zu erwarten ist, die unabhängig von den spezifischen didaktischen Settings und Adressatengruppen verwertbar wäre. Notwendig scheint vielmehr ein reflektierter Umgang mit dem inzwischen gewonnenen Wissen, der eine Sondierung und gegebenenfalls Erprobung von Geltungsansprüchen im jeweiligen Handlungskontext einschließt. Die didaktischen Erträge liegen m. E. trotz der z. T. bestehenden Inkonsistenzen erstens in der Hinweisqualität zu den potentiellen Barrieren, die offensichtlich sowohl auf Basis quantitativer als auch qualitativer Zugänge in ähnlicher Weise beschrieben werden und zweitens in den ebenfalls vorliegenden (Interventions-)Studien, in welchen zumindest ansatzweise gangbare Lösungsansätze sichtbar werden. In diesen Interventionsstudien wurde zugleich deutlich, dass diese das Potenzial mit sich bringen, unterschiedliche Leistungsgruppen gleichermaßen zu fördern, was angesichts der eher steigenden Heterogenität der Lerngruppen in der beruflichen Bildung künftig noch wichtiger werden dürfte. Deutlich wurde auch der bestehende Forschungsbedarf in diesem Feld, das für didaktisch Zwecke nach Möglichkeit bereichsspezifischer Ausdifferenzierungen bedarf.

Stellt man zusätzlich die vorliegenden Ergebnisse zu den erreichten Niveaus der Auszubildenden in Rechnung, in welchen nahezu durchgängig deutliche Diskrepanzen zwischen den curricular intendierten und den tatsächlich erreichten Kompetenzen dokumentiert werden (im Überblick NICKOLAUS / SEEGER 2013), so wird auch deutlich, dass die bisherigen didaktischen Reformprogramme kaum geeignet waren, die hochgesteckten Ziele zu erreichen. Unausgeschöpft scheinen bisher die Potentiale, die in einer mikrodidaktischen Perspektive liegen. Mit dem Modellversuchsprogramm Qualität in der beruflichen Bildung (im Überblick FISCHER 2014; FISCHER u. a. 2013) versuchte man zwar im Bereich der betrieblichen Bildungsarbeit diesen Weg ansatzweise zu begehen, die vorliegenden Ergebnisse scheinen allerdings nicht hinreichend, um Effekte der verschiedenen Zugänge verlässlich abzuschätzen. Auch im schulischen Bereich werden seit längerem Anstrengungen unternommen, ein funktionales Qualitätsmanagement aufzubauen, partiell auch verbunden mit Schulversuchen, in welchen z. B. der Versuch unternommen wird, eine individuelle Förderung in systemisch angelegten Förderkonzepten zu implementieren³, bisher sind jedoch auch hier keine belastbaren Aussagen zu den Effekten möglich. Vor diesem Hintergrund

3 Vergleiche dazu beispielsweise die Schulversuche AV dual und BFPE in Baden-Württemberg (MKS, BW Zieldifferentes Lernen im Übergangsbereich. Umgestaltung der Lernprozesse in den Schulversuchen. „Berufsfachschule Pädagogische Erprobung und Dual Ausbildungsvorbereitung“ Vortrag Didakta 2014.

wäre es wünschenswert, die Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen in diesem Feld zu verstärken und damit zugleich dem Wunsch der Praxis zu entsprechen, möglichst praktisch verwertbare wissenschaftliche Aussagen bereit zu stellen. Diese Anstrengungen scheinen nicht nur bezogen auf die hier fokussierten Forschungsstränge lohnenswert, sondern ebenso für den ausgesparten Forschungsstrang des Lernens aus Fehlern, der im beruflichen Bereich insbesondere von den Forschergruppen um Oser und Seifried / Wuttke in den letzten Dekaden vorangetrieben wurde und wird.

Literatur

- Abele, S. (2016): Umgang mit Komplexität: Eine bedeutsame psychische Voraussetzung des domänenspezifischen Problemlösens? In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik. H1, S. 37–59
- Abele, S. (2014): Modellierung und Entwicklung berufsfachlicher Kompetenzen in der gewerblich-technischen Ausbildung. Stuttgart: Franz Steiner Verlag
- Averweg, (2007): Entwicklung eines Testverfahrens zur Ermittlung des Förderbedarfs von Berufsschülern und Berufsschülerinnen im Bereich der Mathematik. Diplomarbeit, Universität Stuttgart
- Anderson L.W., Krathwohl, D.R. (2001): A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. New York: Longman.
- Achtenhagen, F. / Winther, E. (2009): Konstruktvalidität von Simulationsaufgaben: Computergestützte Messung berufsfachlicher Kompetenz- am Beispiel der Ausbildung von Industriekaufleuten. Abschlussbericht für das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Abrufbar unter: http://www.bmbf.de/pubRD/Endbericht_BMBF09.pdf.
- Behrendt, S., Abele, S., Nickolaus, R. (2016): Struktur und Niveaus des Fachwissens von Kfz Mechatronikern gegen Ende der formalen Ausbildung. In : Journal of Technical Education (eingereicht).
- Dammann, E., Behrendt, S., Ștefănică, F., Nickolaus, R. (2016): Erreichte Kompetenzniveaus in der ingenieurwissenschaftlichen Grundbildung – Analysen am Beispiel der Technischen Mechanik. In Zeitschrift für Erziehungswissenschaften (angenommen).
- Fischer, M. (2014) (Hrsg.): Qualität in der Berufsausbildung: Anspruch und Wirklichkeit. Bielefeld: Bertelsmann.
- Fischer, Martin; Ziegler, Magdalene; Reimann, Daniela; Kohl, Matthias (2013): Verbesserung der betrieblichen Berufsausbildung im Förderschwerpunkt: Qualitätsentwicklung und –sicherung in der betrieblichen Berufsausbildung. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik. Heft 1/2013, 13 -17.
- Gartmeier, M. Winkler, M. (2016): Lernen aus Fehlern und Eigeninitiative. In: Gartmeier, M., Gruber, H., Hascher, T., Heid, H. (Hrsg.): Fehler. Ihre Funktionen im Kontext individueller und gesellschaftlicher Entwicklung
- Geißel, B. (2008): Ein Kompetenzmodell für die elektronische Grundbildung: Kriteriumsorientierte Interpretation von Leistungsdaten. In: Nickolaus, R., Schanz, H. (Hrsg.). Didaktik der gewerblichen Berufsbildung. Konzeptionelle Entwürfe und empirische Befunde, Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren (Diskussion Berufsbildung; Bd. 9), S. 121–141
- Gschwendtner, T. (2008): Ein Kompetenzmodell für die kraftfahrzeugtechnische Grundbildung. In: Nickolaus, R. / Schanz, H. (Hrsg.): Didaktik der gewerblich-technischen Berufsbildung. Hohengehren: Schneider, S. 103–119
- Hartig, J., Klieme, E. (2007): Skalierung und Definition von Kompetenzniveaus. In : Beck, B., Klieme, E. (Hrsg.), Sprachliche Kompetenzen. Konzept und Messung, 83–99. Weinheim: Beltz.

- Kauertz, A. (2009): Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. In: Höttecker, D. (Hrsg.). Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Berlin: Logos Verlag S.52–64
- Kunz, B. (2011): Fehlkonzepte von Auszubildenden in der bautechnischen Grundbildung – eine qualitative empirische Studie. Diplomarbeit, Universität Stuttgart.
- Kübler, J. (2014): Qualitative Analyse der Problem- und Aufgabenlösekompetenz sowie der Barrieren und schwierigkeitsbestimmende Merkmale in Test-Aufgabenstellungen bei Schreiner Auszubildenden nach dem ersten Ausbildungsjahr. Masterarbeit. Universität Stuttgart.
- Kleinknecht, M. (2013): Allgemeindidaktische Kategorien für die Analyse von Aufgaben. In: Kleinknecht, M. u.a. (2013): Lern- und Leistungsaufgaben im Unterricht. Fächerübergreifende Kriterien zur Auswahl und Analyse, S. 9–47. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Maier, U., Bohl, T., Kleinknecht, M., Metz, K. (2013): Allgemeindidaktische Kategorien für die Analyse von Aufgaben. In: Kleinknecht, M., Bohl, T., Maier, U., Metz, K. (Hrsg.): Lern- und Leistungsaufgaben im Unterricht. Fächerübergreifende Kriterien zur Auswahl und Analyse. Bad Heilbrunn: Klinkhardt. S. 9–45
- Neuweg, G. H. (1998): Wissen und Können. Zur berufspädagogischen Bedeutung psychologischer und didaktischer Kategorienfehler. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW) 94, S. 1–22.
- Neumann, K. (2013): Fachdidaktische Analysen von Aufgaben in Physik. In: Kleinknecht, M u. a. (Hrsg.): Lern- und Leistungsaufgaben im Unterricht. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt
- Nickolaus, R., Behrendt, S., Abele, S. (2016): Kompetenzstrukturen bei KFZ-Mechatronikern und die Erklärungskraft des fachsystematischen KFZ-Wissens für berufsfachliche Kompetenzen. In: Unterrichtswissenschaft (im Druck)
- Nickolaus, R. (2014): Schwierigkeitsbestimmende Merkmale von Aufgaben und deren didaktische Relevanz. In: Braukmann, U., Dilger, B., Kremer, H.-H.: (Hrsg.): Wirtschaftspädagogische Handlungsfelder. Festschrift für Peter F. E. Solane zum 60. Geburtstag. Detmold: Eusl-Verlagsgesellschaft, S. 285–303.
- Nickolaus, R., Abele, S., Gschwendtner, T., Nitzschke, A., Greiff, S. (2012): Fachspezifische Problemlösefähigkeit in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, 108(2), S. 243–272.
- Nickolaus, R. / Seeber, S. (2013): Berufliche Kompetenzen: Modellierungen und diagnostische Verfahren. In: Frey, A., Lissmann, U., Schwarz, B. (Hrsg.): Handbuch berufspädagogischer Diagnostik. S. 166–195.
- Norwig, K., Petsch, C. Nickolaus, R. (2010): Förderung lernschwacher Auszubildender- Effekte des berufsbezogenen Strategietrainings (BEST) auf die Entwicklung der bautechnischen Fachkompetenz. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 106 (2), S. 220–239
- Norwig, K., Petsch, C. Nickolaus, R. (2012): Individuelle Förderung in der beruflichen Grundbildung: Das berufsbezogene Strategietraining BEST.
- Norwig, K. Petsch, C. Nickolaus, R. (2011): (Wie) Können Auszubildende aus Fehlern lernen? Eine empirische Interventionsstudie in der Grundstufe Bautechnik. In: Nickolaus, R., Pätzold, G.: Lehr- Lernforschung in der gewerblich – technischen Berufsausbildung. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), Beiheft 25, S. 129- 146
- Oser, F., Hascher, T., Spyhiger, M. (1999): Lernen aus Fehlern. Zur Psychologie des „negativen“ Wissens. In: Althof, W. (Hrsg.), Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern, S. 11–41, Opladen: Leske+ Burdrich
- Oser, F. (2016): „Und eine neue Welt“ Funktionen des negativen Wissens. Oder: Wenn Fehler Früchte tragen. In: Gartmeier, M., Gruber, H., Hascher, T., Heid, H. (Hrsg.): Fehler. Ihre Funktionen im Kontext individueller und gesellschaftlicher Entwicklung, Waxmann Münster, S. 71–89
- Polghaus, G. (1967): Typische Fachfehler metallgewerblicher Lehrlinge. In: Die Berufsbildende Schule 19, Heft 5, S. 345– 353

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries of copyright law is illegal and may be prosecuted.

This applies in particular to copies, translations, microfilming as well as storage and processing in electronic systems.

© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2016

- Petsch, C., Norwig, K., Nickolaus, R. (2015): Berufsfachliche Kompetenzen in der Grundstufe Bautechnik. Strukturen, erreichte Niveaus und relevante Einflussfaktoren. In: Rausch, A. (Hrsg.): Konzepte und Ergebnisse ausgewählter Forschungsfelder der beruflichen Bildung. Festschrift für Detlef Sembill. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH. S. 59–88
- Ritzinger, H. (2015): Berufsfachliche Kompetenzen von Industriemechanikern- Qualitative Analyse zu auftretenden Barrieren und schwierigkeitsbestimmenden Merkmalen in berufsfachlichen Aufgaben. Universität Stuttgart.
- Seeber, S. (2008): Ansätze zur Modellierung beruflicher Fachkompetenz in kaufmännischen Ausbildungsberufen. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 104 (1), S. 74–97
- Schumann, S., Eberle, F. (2011): Bedeutung und Verwendung von schwierigkeitsbestimmender Aufgabenmerkmale für die Erfassung ökonomischer und beruflicher Kompetenzen. In: Fasshauer, U., Fürstenau, B. & Wuttke, E. (Hrsg.), Grundlagenforschung zum Dualen System und Kompetenzentwicklung in der Lehrerbildung, S. 77–89. Opladen: Budrich+ Leske.
- Söhner, F. (2016): Erreichte berufsfachliche Niveaus bei Analgenmechanikern am Ende des ersten Ausbildungsjahres. Universität Stuttgart
- Spychiger, M., Oser, F., Hascher, T., Mahler, F. (1999): Zur Entwicklung einer Fehlerkultur in der Schule. In: Althof, W. (Hrsg.): Fehlerwelten. Vom Fehlermachen zum Lernen aus Fehlern. Opladen: Leske und Budrich, S. 43–70
- Stark, R., Gruber, H., Graf, M., Renkl, A., Mandl, H. (1996): Komplexes Lernen in der kaufmännischen Erstausbildung: Kognitive und motivationale Aspekte. In: Beck, K. / Heid, H. (Hrsg.): Lehr- Lernprozesse in der Kaufmännischen Erstausbildung. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Beiheft 13, S. 23–36
- Sweller, J. (2011): Cognitive Load Theory. In: Psychology of Learning and Motivation 55, S. 37–74.
- Thiele, N. (1999): Aufgabenanalyse im Berufsfeld Elektrotechnik: Empirische Untersuchung im Ausbildungsberuf Elektroinstallateur / Elektroinstallateurin und didaktisch-methodische Konsequenzen. Berlin: Logos.
- Stiller, K. (1999): Eine empirische Studie zum Einfluss von gesprochenen Text und Navigation über Bilder auf Lernprozess und Lernergebnis. unv.Diss., Universität Regensburg 1999.
- Walker, F. / Link, N. / van Waveren, L. / Hedrich, M. / Geißel, B. / Nickolaus, R. (2016): Berufsfachliche Kompetenzen von Elektronikern für Automatisierungstechnik – Kompetenzdimensionen, Messverfahren und erzielte Leistungen. In: Beck, K. / Landenberger, M. / Oser, F. (Hrsg.) Technologiebasierte Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung. Ergebnisse aus der BMBF Förderinitiative ASCOT. Bielefeld: Bertelsmann, S. 139–169
- Ziegler, A. (2016): Anforderungen an Anlagenmechaniker im Spiegel eines Fachwissenstest- Eine Analyse zu den schwierigkeitsbestimmenden Merkmalen von fachlichen Aufgaben. Universität Stuttgart.
- Zinn, B. / Wyrwal, M. / Sari, D. (2015): Förderung von Auszubildenden im Berufsfeld Metalltechnik. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Band 111, S. 56 – 78.