

Modellierung und Entwicklung des fachsystematischen und handlungsbezogenen Fachwissens von Kfz-Mechatronikern

KURZFASSUNG: Im vorgelegten Beitrag werden strukturelle Entwicklungen der Fachkompetenz von Kfz-Mechatronikern analysiert. Dies geschieht im Rückgriff auf einen Längsschnitt, der sich über das zweite Ausbildungsjahr erstreckt und einen zusätzlichen Pseudolängsschnitt mit einer Datenerfassung am Ende der Ausbildung. Die Ergebnisse dokumentieren im Verlauf der Ausbildung im Bereich des Handlungswissens, das auf den Standard Service bezogen ist, eine rückläufige Erklärungskraft des expliziten Fachwissens für die Generierung von Handlungsplänen und Handlungsbeurteilungen, was als zunehmende Relevanz des impliziten Wissens im Bereich von Routinehandlungen gedeutet werden kann. Im Bereich der fachspezifischen Problemlösefähigkeit bleibt der hohe Stellenwert des expliziten Fachwissens für die Leistungserbringung hingegen auf gleichem Niveau, d. h. hier sind während der Ausbildung noch keine Routinebildungen beobachtbar. Die bereits in Vorstudien beobachtete Ausdifferenzierung des Fachwissens kann, mit einem neuen Testzuschnitt, in gleichen strukturellen Ausprägungen repliziert werden. Ursächlich sind für diese Ausdifferenzierungen des Fachwissens offensichtlich curriculare Schwerpunktsetzungen im schulischen Kontext. In betrieblichen Tätigkeitsbereichen, in welchen große Anteile der Arbeitsaufgaben von Auszubildenden verortet sind (Standard Service), kommt es ebenfalls zu einem signifikanten jedoch deutlich geringeren Leistungszuwachs und zu einer Homogenisierung der Leistungen.

ABSTRACT: The present paper focuses on car mechatronics' professional competence development and its impact on changes in the competence structure. The study draws on longitudinal data covering the second year of vocational training and on pseudo-longitudinal data collected at the end of vocational training. Regarding action-related professional knowledge of standard service, i. e. generation and evaluation of action plans, findings indicate a decrease in explanatory capacity of explicit professional knowledge during the course of vocational training. This downward trend can be interpreted as an increase in relevance of implicit knowledge for routine tasks. As regards the apprentices' professional problem-solving skills, the great importance of explicit professional knowledge remains on the same level. In other words, no routines appear to be established here in the course of vocational training. Concerning the structural differentiation of professional knowledge findings of earlier studies can be replicated, even though a different test design was chosen. It is assumed that the structural differentiation is the result of curricular focuses that are set at vocational school. Regarding competence development in areas largely related to workplace activities (standard service), significant albeit considerably lower learning gains and a reduction of achievement variance are observed.

1. Forschungsstand

Kfz-Mechatroniker

Zur **Fachkompetenz von Kfz-Mechatronikern** wurden in den letzten Jahren verschiedene Beiträge vorgelegt, in welchen die Modellierung und Entwicklung berufsfachlicher Kompetenzen im Fokus standen (ABELE 2013; ABELE u. a. 2012; BECKER 2009; GSCHWENDTNER 2008; 2011; NICKOLAUS/GSCHWENDTNER/GEISSEL 2008;

GSCHWENDTNER/ABELE/NICKOLAUS 2009; NICKOLAUS u. a. 2010; 2012; SCHMIDT 2011; SPÖTTL/BECKER/MUSEKAMP 2011). Generiert und empirisch geprüft wurden dabei sowohl für die Grundstufe als auch die Fachstufe Kompetenzstruktur- und Kompetenz-niveaumodelle, die das Fachwissen und die fachspezifische Problemlösefähigkeit als je eigene Subdimensionen berufsfachlicher Kompetenz einbezogen. Gemessen an den zentralen Tätigkeiten von Kfz-Mechatronikern wurden damit die übergreifend bedeutsame Wissensbasis und die besonders anspruchsvolle Diagnosetätigkeit abgedeckt. Weitere wichtige Tätigkeiten wie die Reparatur und Instandhaltung sowie der Standard Service blieben bisher weitgehend unberücksichtigt. Die fachspezifische Problemlösefähigkeit wurde in den vorgelegten Arbeiten über die Fehlerdiagnosekompetenz operationalisiert, die mit Hilfe realer und simulierter Arbeitsproben erhoben wurde (ABELE/WALKER/NICKOLAUS 2014; ABELE u. a. 2012; GSCHWENDTNER/ABELE/NICKOLAUS 2009; NICKOLAUS u. a. 2012). Für die Erfassung des Fachwissens kamen Papier-Bleistifttests zum Einsatz, die inhaltlich dem Anspruch genügten, die zentralen Fachwissensbereiche abzudecken. Zur Struktur des Fachwissens ergab sich am Ende des ersten Ausbildungsjahres ein eindimensionales, am Ende des dritten Ausbildungsjahres hingegen ein fünf bis sechsdimensionales Modell¹ (GSCHWENDTNER 2008; GSCHWENDTNER 2011), was als Ausdifferenzierungsprozess des Fachwissens interpretiert wurde, der sich (primär) entlang von curricularen Schwerpunkten vollzieht, die sukzessive in den aufeinander folgenden Lernfeldern gesetzt werden (NICKOLAUS 2011). Zugleich deutete sich bei Ausbildungsbeginn eine zweidimensionale Struktur des Fachwissens an, die durch das elektrotechnische und mechanische Vorwissen aufgespannt wurde (GSCHWENDTNER 2008), womit sich neben den Ausdifferenzierungsprozessen in der Fachstufe auch „Verschmelzungsprozesse“ von Wissensdimensionen andeuten, die theoretisch als Ausdruck einer integrativen Verarbeitung interpretiert werden könnten, die durch die spezifischen Anforderungen in einem berufsfeldübergreifend geschnittenen Beruf angeregt wird, beim Neuaufbau des Wissens jedoch (noch) nicht gelingt. Vor dem Hintergrund des CLARION-Modells (vgl. Abb. 1) könnten diese Verschmelzungsprozesse auch als Übergang von einem nicht-handlungsbezogenen, fachlich strukturierten Wissen zu einem integrativen handlungsbezogenen Wissen gedeutet werden, der sich im Ausbildungsverlauf bzw. mit fortschreitender Berufserfahrung vollzieht (vgl. auch ABELE 2013). Ursächlich für die Mehrdimensionalität des Fachwissens am Ende der Ausbildung sind nach ergänzenden Analysen (GSCHWENDTNER 2011) vermutlich auch unterschiedliche curriculare bzw. inhaltliche Schwerpunktsetzungen in den Klassen, wobei diese Analysen keine strenge kausale Zuschreibung der vermuteten Ursache gestatten. Gemessen an der Vorstellung, dass die jeweiligen Subdimensionen jeweils relativ homogene Inhaltsbereiche abdecken, erwies sich an der ausgewiesenen Wissensstruktur am Ende der Ausbildung der Standard Service als auffällig, da sich der Servicebereich über verschiedene Inhaltsbereiche erstreckt und eher bezogen auf das betriebliche Tätigkeitsfeld eine bereits im zweiten Ausbildungsjahr relativ vertraute Einheit darstellt. Weitere dimensionale Ausdifferenzierungen des Fachwissens (z. B. deklaratives, prozedurales Wissen; mathematiklastiges vs. mathematikfreies Fachwissen), die zunächst durchaus plausibel scheinen, ließen sich für das Fachwissen der Kfz-Mechatroniker bzw. generell im Bereich der

1 Das sechsdimensionale Modell umfasste die Subdimensionen Standard Service, Motor, Motormanagement, Start/Strom/Beleuchtung, Kraftübertragung und Fahrwerk

gewerblich-technischen Berufsausbildung bisher nicht bestätigen (GEISSEL 2008; GSCHWENDTNER 2008; GSCHWENDTNER/ABELE/NICKOLAUS 2009). Dies könnte allerdings auch darauf zurückzuführen sein, dass nicht das handlungsbezogene Fachwissen sondern primär das nicht-handlungsbezogene, wenngleich handlungsrelevante fachsystematische Fachwissen erhoben wurde (vgl. Abb. 1) und sich dessen Struktur in der Kompetenzstruktur spiegelt. Die in den sechs Subdimensionen des Fachwissens der Kfz-Mechatroniker erreichten Reliabilitäten waren durchgängig unbefriedigend ($EAP/PV = 0.31-0.49$), was bei einer solch starken Ausdifferenzierung und einer nur begrenzt verfügbaren Itemzahl auch nicht überrascht. SCHMIDT (2011) legte im Bestreben, die Basis für eine Optimierung des Testzuschnitts bereit zu stellen, eine Feinanalyse vor, die als Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung des Fachwissenstests genutzt wurde.

Erkenntnisse aus anderen gewerblich-technischen Domänen und Überlegungen zur theoretischen Modellierung

In anderen gewerblich-technischen Domänen zeigten sich ähnliche, d. h. nach Inhaltsbereichen strukturierte Ausdifferenzierungen des Fachwissens in der Fachstufe (GÖNNENWEIN/NITZSCHKE/SCHNITZLER 2011; NICKOLAUS u. a. 2011). Generell liegt es, wie oben bereits angemerkt, nahe, die Ursachen für solche Ausdifferenzierungsprozesse in den unterschiedlichen Inhalten und den damit verbundenen spezifischen Anforderungen zu vermuten, die in einer frühen Kompetenzentwicklungsphase, wie sie die berufliche Ausbildung darstellt, nur begrenzt integrativ verarbeitet werden.² Als hilfreich für die theoretische Orientierung zur Entwicklung von Kompetenzstrukturen erweist sich u. E. das auf SUN (2006) zurückgehende CLARION Modell und die Theorie von ACKERMAN (1992) zur Fertigkeitenentwicklung (vgl. auch ABELE 2013).

CLARION ist eine kognitive Architektur (vgl. Abb. 1), welche aus insgesamt vier Subsystemen besteht: (1) dem handlungsbezogenen Wissenssystem, (2) dem nicht-handlungsbezogenen Wissenssystem, (3) dem motivationalen System und (4) dem metakognitiven System. Während sich das handlungsbezogene Wissenssystem auf (motorische oder kognitive) Handlungen bezieht, sind im nicht-handlungsbezogenen Subsystem Wissensbausteine repräsentiert, welche keinen direkten Handlungsbezug aufweisen. Die Operationen der beiden Wissenssysteme werden sowohl durch das motivationale Subsystem, welches z. B. die Intensität von Wahrnehmung, Kognition und Handlung bestimmt, als auch durch das metakognitive Subsystem beeinflusst, welches innerhalb der Architektur eine überwachende bzw. steuernde Funktion übernimmt³. Wie oben bereits angedeutet, zeichnet sich

- 2 Denkbar wäre auch, dass die inhaltspezifischen kognitiven Anforderungen in Tätigkeitssegmenten mit hohem Routinepotential partiell durch Routinebildungen gekennzeichnet sind. Besonders evident wird das bei der Fachwissensstruktur der Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik (Ende 3. Aj.), bei der die Subdimension „Traditionelle Installationstechnik“, die das im praktischen Tätigkeitsfeld häufig benötigte Wissen repräsentiert, deutlich schwächer auf dem Generalfaktor lädt als die „Elektrotechnischen Grundlagen“ und die „Steuerungstechnik“, die eher kognitiv anspruchsvolle und vermutlich nicht routinisierte Wissensbereiche abdecken (NICKOLAUS u. a. 2011).
- 3 Für eine derartige Verknüpfung kognitiver und nicht-kognitiver Komponenten sprechen auch Analysen, in welchen gezeigt wurde, dass mathematische Leistungsdaten bei Kontrolle kognitiver Grundfähigkeiten domänenübergreifend für Leistungen prädiktiv werden, in welchen selbst keine mathematischen Anforderungen bedeutsam sind (GEISSEL u. a. 2012). D. h., dass in den mathema-

impliziter Form, d. h. in Form von Schemata vorliegen, deren Aktualisierung keine bewusste Verarbeitung voraussetzt.

Der Aufbau dieses Handlungswissens kann im Anschluss an die Theorie von ACKERMAN (1992) zum (kognitiven) Fertigkeitserwerb in drei Phasen beschrieben werden: der kognitiven, der assoziativen und der automatisierten Phase. Während die kognitive Phase durch bewusste Verarbeitungsprozesse im Sinne der Anwendung von wenn-dann Regeln gekennzeichnet ist, kommt es in der assoziativen Phase bereits zu partiellen Schematabildungen, die in der dritten Phase weiter fortschreiten. Im Zuge dieses Fertigkeitserwerbs kommt es vermutlich zu integrativen Verarbeitungsprozessen des handlungsrelevanten Fachwissens, die zu engeren Assoziationen und gegebenenfalls auch zu Verschmelzungsprozessen zunächst separierbarer Wissensdimensionen führen. Mit anderen Worten, vor dem Hintergrund des CLARION Modells und der Theorie ACKERMANS sind im Bereich des Handlungswissens (und gegebenenfalls auch dem nichthandlungsbezogenen Wissen) mit fortschreitender Kompetenzentwicklung engere Zusammenhänge zwischen den potentiellen Subdimensionen zu erwarten (vgl. auch ABELE 2013). Vor allem in problemhaltigen Kontexten kann unterstellt werden, dass während der beruflichen Ausbildung die automatisierte Phase nicht erreicht wird und damit für die Leistungserstellung sowohl das handlungsbezogene als auch das nicht-handlungsbezogene Wissen aktualisiert werden muss. Dafür sprechen hohe latente Korrelationen (ca. 0,8) des nicht-handlungsbezogenen Wissens mit fachlichen Problemlöseleistungen, die bisher im gewerblich-technischen Bereich für zwei Domänen, u. a. auch für den Kfz-Bereich dokumentiert wurden (ABELE 2013; GSCHWENDTNER/ABELE/NICKOLAUS 2009; NICKOLAUS u. a. 2011). Das schließt nicht aus, dass im Zuge der Bewältigung komplexer und problemhaltiger Anforderungen in einzelnen Handlungssequenzen auch auf automatisiertes Handlungswissen zurückgegriffen wird. Von Interesse im Hinblick auf den Geltungsanspruch des CLARION Modells ist die Frage, welche situationsspezifischen Bezüge zwischen den Wissensformen und den in beruflichen Anforderungskontexten erbrachten Leistungen bestehen. Zu erwarten sind im Anschluss an die Drei-Phasen-Theorie von ACKERMAN (1992) zum Fertigkeitserwerb enge Assoziationen des nicht-handlungsbezogenen Fachwissens und der Leistungserbringung in beruflichen Handlungskontexten im Falle von komplexen und der Routinebildung nur bedingt zugänglichen Tätigkeiten, schwächere Bezüge hingegen bei routinisierten bzw. gut vertrauten Tätigkeiten (vgl. auch ABELE 2013). Gestützt wird diese Annahme auch durch Ergebnisse einer Metaanalyse von SCHMIDT/HUNTER (1989), in der zwischen dem Fachwissen und den beruflichen Leistungen in komplexeren Anforderungskontexten höhere Korrelationen ermittelt wurden als im Falle weniger komplexer Anforderungen.

Für die Erfassung des Handlungswissens wurden bzw. werden gegenwärtig im ASCOT Programm und in parallelen DFG-Projekten für Kfz-Mechatroniker (DFG, NI 606-8.1), medizinische Fachangestellte und Pflegekräfte sowie für die bautechnische Grundbildung (DFG, NI 606-7.1 und 7.2) neue Testformen entwickelt. Damit wird die Chance eröffnet die Frage zu klären, ob der Aufbau des handlungsbezogenen Fachwissens zunächst mit einer stärkeren Assoziierung bzw. Verschmelzung der zwar handlungsrelevanten, jedoch nicht direkt handlungsbezogenen Wissensbereiche einhergeht und im Anschluss an die Theorie von ACKERMAN zum Fertigkeitserwerb im Verlauf von Routinebildungen die Zusammenhänge zwischen dem Fach- und Handlungswissen wieder schwächer werden. Im Falle der Kfz-Mechatroniker

wurden diese Testzuschnitte für die bisher nicht abgedeckten Tätigkeitsfelder des Standard Service und der Reparatur und Instandhaltung entwickelt (s.u.), wovon im Ausbildungsverlauf vor allem der Standard Service als typischer Repräsentant von Routinetätigkeiten gilt. Für die Reparatur und Instandhaltung dürfte dies in geringerem Maße zutreffen.

2. Forschungsfragen, Entwicklungsbedarfe und Forschungshypothesen

Vor dem Hintergrund der oben speziell für den Kfz-Bereich skizzierten Forschungsergebnisse und den anschließenden theoretischen Überlegungen zu Kompetenzstrukturen und deren Entwicklungen wurde in zwei parallelen Forschungsprojekten einerseits die Testentwicklung weiter vorangetrieben, um (1) die Reliabilitätsprobleme des Fachwissenstests bei noch akzeptabler Testzeit zu lösen und (2) neben dem Fachwissen auch das Handlungswissen in den bisher nicht abgedeckten Tätigkeitssegmenten des Standard Service und der Reparatur und Instandhaltung zu erfassen. Andererseits wurde der Frage nachgegangen, wie sich die Ausdifferenzierung der Kompetenzstruktur im Verlauf der Fachstufe vollzieht.

Zur Weiterentwicklung des Fachwissenstests für die Erfassung des nicht direkt handlungsbezogenen Wissens schien angesichts der Ausgangslage, d.h. der 5 dimensional Struktur des Fachwissens⁵, unbefriedigenden Reliabilitäten und dem Mangel an Testzuschnitten für Testzeitpunkte zwischen dem Ende des ersten Ausbildungsjahres und dem Ausbildungsende drei Herausforderungen zentral: (1) die Ausweitung der Itembatterie und die Optimierung der Testaufgaben für den Test am Ende der Ausbildung, (2) die Neuentwicklung eines (sensitiven) Testelements für das Ende des zweiten Ausbildungsjahres, um damit Analyseoptionen zur Entwicklung der Kompetenzstruktur zu eröffnen und (3) die Vorbereitung adaptiven Testens zur Optimierung der Testzeit, da bei solch starken Ausdifferenzierungen des Fachwissens, wie sie am Ende der Ausbildungszeit dokumentiert wurden, kaum reliable Messergebnisse in vertretbaren Testzeiten erwartet werden können.

Zur Erfassung des handlungsbezogenen Wissens für den Standard Service und die Reparatur/Instandhaltung waren Neuentwicklungen erforderlich, die zugleich auch die Option eröffnen sollten, die Bezüge zwischen dem im Handlungsvollzug relevant werdenden Sachwissen und den Handlungsplanungen transparent zu machen. Zweckmäßig hierfür schienen Videovignetten, in welchen qualitativ variierende Handlungsvollzüge in den beiden Tätigkeitssegmenten dokumentiert, Gelegenheit zur Generierung eigener Handlungspläne geschaffen und das relevante Sachwissen erhoben wurde. Um die Frage nach der Entwicklung von Kompetenzstrukturen einer Klärung näher zu bringen, schienen längsschnittliche Zugänge notwendig, die allerdings im Rahmen der beiden Projekte nur partiell realisierbar waren und aus Aufwandsgründen durch Querschnittsstudien ergänzt wurden. Von Interesse waren in diesem Kontext mehrere Fragen: (1) Lässt sich in der Fachstufe über die Ausbildungszeit eine sukzessive Ausdifferenzierung des (nichthandlungsbezogenen) Fachwissens beobachten und sind die Subdimensionen auf die curricularen

5 Die Befundlage bei Gschwendtner 2011 lässt letztlich offen, ob eine fünf- oder sechsdimensionale Struktur besser passt, weshalb hier dem Kriterium der Einfachheit folgend, das fünfdimensionale Modell präferiert wird.

Schwerpunktsetzungen beziehbar? (2) Sind die potentiellen Subdimensionen des handlungsbezogenen Wissens untereinander enger assoziiert als mit jenen des nichthandlungsbezogenen Wissens, was auf integrative Verarbeitungsprozesse der Subdimensionen verweisen würde und (3), sind für das Handlungswissen im Bereich von Routinetätigkeiten wie dem Standard Service bereits im Ausbildungsverlauf Hinweise auf eine zunehmende Bedeutung von implizitem Wissen bzw. Routinebildungen zu gewinnen?

Geprüft werden folgende Hypothesen:

1. Für das Fachwissen zu Beginn des zweiten Ausbildungsjahres ergibt sich, wie am Ende des ersten Ausbildungsjahres, eine eindimensionale Struktur des Fachwissens.
2. Der sich in der Fachstufe vollziehende Ausdifferenzierungsprozess des nicht-handlungsbezogenen Fachwissens hat bereits zum Ende des zweiten Ausbildungsjahres eine mehrdimensionale Struktur zur Folge, die jedoch weniger Dimensionen aufweist als am Ausbildungsende.
3. Die in den Vorläuferstudien für das Ausbildungsende dokumentierte Binnenstruktur des Fachwissens kann bestätigt und zugleich können durch die eingeleiteten Optimierungsprozesse die Reliabilitäten in den Subdimensionen verbessert werden.
4. Die Fachwissenstests erweisen sich psychometrisch für die Dokumentation von Entwicklungen des nichthandlungsbezogenen Fachwissens als geeignet.
5. Die Korrelationen der potentiellen Subdimensionen des handlungsbezogenen Wissens steigen zunächst an und werden im Zuge des fortschreitenden Fertigkeitserwerbs (Automatisierungsphase) wieder loser.
6. Zwischen dem nichthandlungsbezogenen Fachwissen und dem handlungsbezogenen Wissen ergeben sich im gesamten Ausbildungsverlauf substantielle Korrelationen ($r > 0.5$).
7. Die Korrelationen zwischen dem nichthandlungsbezogenen Wissen und dem handlungsbezogenen Wissen sind im Bereich des Standard Service, der bereits im Ausbildungsverlauf typische Routinetätigkeiten repräsentiert, geringer als im Bereich der Reparatur/Instandhaltung, der zwar ebenfalls erhebliches Routinepotential besitzt, jedoch im Tätigkeitsspektrum der Auszubildenden weniger stark repräsentiert ist und sinken im Ausbildungsverlauf ab.
8. Die Subdimension Standard Service des nicht direkt handlungsbezogenen Fachwissens (Papier und Bleistifttest) und das direkt auf die Servicehandlung bezogene und dafür zwingend notwendige Fachwissen (operationalisiert über Servicevignetten) erweist sich als konvergent valide.

3. Anlage der Untersuchungen

Durchgeführt wurden zwei Untersuchungen, eine längsschnittlich angelegte Studie (DFG-NI 606/8.1), die sich über das zweite Ausbildungsjahr erstreckte und eine querschnittlich angelegte Studie (ASCOT), mit einer Datenerhebung am Ende des dritten Ausbildungsjahres. In beiden Studien wurde das nichthandlungsbezogene Wissen erhoben (insgesamt drei Messzeitpunkte, Anfang und Ende des zweiten und Ende des dritten Ausbildungsjahres). Für das handlungsbezogene Wissen wurde in der DFG Studie ein Instrument für den Bereich des Standard Service und

in der ASCOT Studie ein Instrument für den Bereich der Reparatur/Instandhaltung entwickelt. Die Datenerhebung erfolgte für das handlungsbezogene Wissen im Bereich des Standardservice ebenfalls zu drei Messzeitpunkten, das handlungsbezogene Wissen für den Bereich der Reparatur/Instandhaltung wurde lediglich am Ende des dritten Ausbildungsjahres erhoben. Die Stichprobe umfasste für das nichthandlungsbezogene Fachwissen im Längsschnitt 235 Probanden und zum Zeitpunkt des dritten Ausbildungsjahres in einem ersten Zugriff⁶ 240 Auszubildende.

Die Instrumente für die Erfassung des handlungsbezogenen Wissens wurden in enger Kooperation mit Experten aus der Bildungspraxis (Prüfungsexperten, Lehrenden (Betrieb/Schule), Lehrbuchautoren) entwickelt und decken häufiger vorkommende Anforderungssituationen ab (*Standard Service*: Ölservice, Reifenservice, Motorkühlsystem (zwei Varianten), Bremsenservice (zwei Varianten); *Reparatur/Instandhaltung*: Beleuchtungsanlage, Bremsanlage, Auspuffanlage (zwei Varianten), Fahrwerk – Spurstange, Instandhaltung – Zahnriemen). Grundlage sind Videovignetten zu den einschlägigen, in der Durchführungsgüte gezielt variierten Handlungen, die an geeigneten Stellen unterbrochen wurden, um an diesen Stellen verschiedene Konstrukte des Wissens zu erfassen. Die Datenerfassung erfolgte bezogen auf drei Konstrukte: a) die Handlungspläne⁷, b) die Beurteilungsfähigkeit der durchgeführten Handlungen⁸ (Vollzug und Handlungsergebnis) und c) das für die jeweiligen Handlungen notwendige Fachwissen⁹. In einer frühen Phase des Fertigkeitserwerbs kann unterstellt werden, dass in den Handlungsplänen und den Beurteilungsleistungen das jeweils relevante Sachwissen (vermutlich noch bewusst) integrativ verarbeitet wird. In der dritten Erwerbsphase (autonome Phase) ist nach unseren Annahmen partiell mit unbewussten Verarbeitungsprozessen zu rechnen. Die folgende Abbildung (Abb. 2) gibt beispielhaft ein Item zur Erfassung von Handlungsplänen aus der Videovignette Beleuchtungsanlage-Reparatur wieder, dem eine Videosequenz vorausging, in der vorausgegangene Reparaturschritte verfolgt werden konnten.

Der Test für die Erfassung des nichthandlungsbezogenen Fachwissens wurde so angelegt, dass für die potentiellen Subdimensionen (Fahrwerk, Kraftübertragung, Motor, Motorsteuerung, Service, Start-Strom-Beleuchtung) jeweils zwischen 12 und 16 Items administriert wurden, die hauptsächlich in geschlossenem Antwortformat gehalten waren, partiell wurden aber auch halboffene und offene Items genutzt. Ein Beispielitem in geschlossener Form ist in Abbildung 3 wiedergegeben. Zur Bearbeitung des Items ist ein ebenfalls verfügbar gemachter Stromlaufplan erforderlich, der hier nicht abgebildet ist, jedoch zur Lösung der Aufgabe analysiert werden muss. Mit diesem Aufgabentypus werden auch anspruchsvollere kognitive Leistungen in geschlossenem Format abbildbar. Die Grundstruktur des Testzuschnitts wurde für alle drei Testzeitpunkte weitgehend gleich gestaltet, wobei zur Sicherung curricularer

6 Insgesamt werden in dieser Studie für die Vorbereitung adaptiven Testens im Weiteren nochmals Daten von ca. 900 Auszubildenden auf Basis einer ausgeweiteten Itembatterie erhoben, um so eine Eichstichprobe zu gewinnen.

7 Beispielitem: Welche Arbeitsschritte sind noch notwendig bevor die Motorabdeckung wieder montiert wird?

8 Beispielitem: Wie beurteilen Sie die Vorgehensweise des Mechanikers bei der Reparatur der Leitung?

9 Beispielitem: Was könnte die Ursache für den Wackelkontakt sein? Nennen Sie bitte 3 mögliche Ursachen!



Abb. 2: Momentaufnahme Videovignette: Beleuchtungsanlage-Reparatur

Zur Lösung dieser Aufgabe benötigen Sie den *Stromlaufplan Nr. 1* aus dem Anhang

Welche Funktion hat die Leitung zwischen Pin 44 am Steuergerät X1 und Pin 2 am Fahrgeschwindigkeitssensor B2

☐ Massleitung

☐ Signalleitung

☐ Schutzleitung

☐ Stromleitung

Abb. 3: Beispielitem-Motorsteuerung

Validität bei den Messpunkten im zweiten Ausbildungsjahr der Inhaltsbereich Kraftübertragung zwar miterhoben wurde, aber in der Auswertungen unberücksichtigt blieb, da sich die mangelnde curriculare Absicherung auch in den Testergebnissen deutlich in Form von Bodeneffekten widerspiegelte. Mit den Testzuschnitten sind prinzipiell auch bereits bei den Testzeitpunkten im zweiten Ausbildungsjahr mehrdimensionale Strukturmodelle denk- und prüfbar.

4. Ergebnisse

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse zum nichthandlungsbezogenen Fachwissen und daran anschließend zum handlungsbezogenen Wissen präsentiert. Neben der Prüfung der Hypothesen erfolgt partiell auch eine deskriptive Darstellung der Befundlage. Alle geprüften IRT-Modelle basieren auf dem 1PL-Modell.

4.1 Ergebnisse zum nichthandlungsbezogenen Fachwissen

Die für das **Ende des ersten Ausbildungsjahres** vorliegenden Ergebnisse zur Fachwissensstruktur weisen ein eindimensionales Modell als am besten auf die Daten passend aus (GSCHWENDTNER 2008). Dies gab Anlass anzunehmen, dass

sich diese Struktur auch zu Beginn des zweiten Ausbildungsjahres bestätigen lässt (H1). Getestet wurde dieses eindimensionale Modell zu **Beginn des zweiten Ausbildungsjahres** vor dem Hintergrund der curricular zumindest in Teilbereichen abgedeckten Inhalte *erstens* gegen ein fünfdimensionales Modell (Fahrwerk, Motor, Motorsteuerung, Service, Start-Strom-Beleuchtungsanlage), wobei der Gedanke leitend war, dass sich die Struktur des Fachwissens entlang von Inhaltsbereichen ausdifferenziert. Die Kraftübertragung als weiterer Inhaltsbereich, der curricular erstmals partiell im zweiten Ausbildungsjahr aufgegriffen wird, war in diesem Testelement zwar schon abgebildet, blieb aber, wie oben bereits erwähnt, aufgrund einer zu diesem Testzeitpunkt unzureichenden curricularen Absicherung bei der Datenauswertung unberücksichtigt. *Zweitens* erfolgte eine Testung des eindimensionalen Modells gegen ein dreidimensionales Modell, in welchem die Bereiche Fahrwerk und Service als Anforderungsbereiche, die im betrieblichen Kontext in der Regel in diesem Ausbildungsabschnitt die Tätigkeiten der Auszubildenden dominieren, zu einer Dimension zusammengezogen und durch die Anforderungsbereiche motortechnisches Wissen und elektrotechnisches Wissen (Motorsteuerung und Start-Strom-Beleuchtungsanlage) als weitere Subdimensionen ergänzt wurden. Leitend war dabei der Gedanke, dass sich die Ausdifferenzierung einerseits entlang von Inhaltsbereichen vollzieht und gegebenenfalls über die im Betrieb gesammelten Erfahrungen in den Bereichen Standard Service und Fahrwerk zwischen diesen Inhaltsbereichen eine Verklammerung erfolgen könnte. *Drittens* erfolgte ein Vergleich des eindimensionalen Modells mit zwei zweidimensionalen Modelle, die a) über mechanische/elektrotechnische und b) über (Fahrwerk/Service) und die Anforderungsbereiche (Motor, Motorsteuerung, Start/Strom/Beleuchtung) gebildet wurden. Bei der Modellierungsvariante 2b wurde im Vergleich zum dreidimensionalen Modell zusätzlich unterstellt, dass nicht nur die stark elektrotechnisch geprägten Inhaltsbereiche Motorsteuerung und Start-Strom-Beleuchtungsanlage eine Einheit darstellen sondern ergänzend auch der Motor, als eine zu steuernde Hauptkomponente, gemeinsam mit der Motorsteuerung und Start-Strom-Beleuchtung skaliert werden kann.

Das eindimensionale Modell weist, gemessen an den Informationskriterien, wider Erwarten nicht den besten Modellfit auf und ist lediglich günstiger als das fünfdimensionale Modell. Die beste Passung erreicht das Modell 2b, der Unterschied zum dreidimensionalen Modell ist allerdings statistisch nicht signifikant. Damit muss H1 verworfen werden. Gleichwohl erreicht auch das eindimensionale Modell vergleichsweise gute Fitwerte (vgl. Tab. 1) und sehr gute Reliabilitätswerte (EAP/PV = 0.86; WLE Reliabilität = 0.86). Der Zusammenhang zwischen den beiden Subdimensionen des Modells 2b ist mit 0.89 bemerkenswert hoch und lässt in einer pragmatischen Perspektive ebenfalls eine eindimensionale Modellierung vertretbar erscheinen. Die Reliabilitätswerte des Modells 2b erreichen ebenfalls gute bis befriedigende Reliabilitätswerte (EAP/PV = 0.81–0.84; WLE Reliabilität = 0.70–0.79).

Bei der IRT-Skalierung der Daten blieben aus 71 erhobenen Items, 15 aufgrund unzureichender curricularer Abdeckung (Inhaltsbereich: Kraftübertragung) unberücksichtigt. Weitere 2 Items wurden aufgrund ihrer klassischen Trennschärfe oder ihrem T-Fit ausgeschlossen.

Auch die Personenfähigkeiten und die Itemschwierigkeiten weisen in dieser Modellierung in den Subdimensionen eine zufriedenstellende Verteilung auf (vgl. Abb. 4). Verblieben sind somit 54 Items die sowohl einen zufriedenstellenden T-Fit als auch eine akzeptable/gute Trennschärfe aufweisen (vgl. Tab. 2).

Tab. 3: Modellvergleich anhand der Informationskriterien (FW: Ende 2. Lehrjahr)

Modell	Devianz	k	BIC	AIC	cAIC
1Dim	14351,45	60	14679,03	14471,45	14513,52
2DIM-A	14351,38	62	14689,87	14475,38	14520,80
2Dim-B	14335,60	62	14674,09	14459,60	14505,02
3DIM	14337,92	65	14692,79	14467,92	14518,69
5DIM	14331,00	74	14735,01	14479,00	14548,38

Bei der IRT-Skalierung blieben hier aus 71 Items, wie auch zu Messzeitpunkt 1, 15 Items aufgrund unzureichender curricularer Abdeckung (Inhaltsbereich: Kraftübertragung) unberücksichtigt. Weitere 6 Items wurden aufgrund ihrer Trennschärfe oder ihrem T-Fit ausgeschlossen. Somit verbleiben 50 Items, die sowohl einen zufriedenstellenden T-Fit als auch eine akzeptable/gute Trennschärfe aufweisen (vgl. Tab. 4).

Tab. 4: Trennschärfen der Fachwissensitems – (Ende 2. LJ)

Trennschärfe	≤ 0,15	0,16–0,25	0,26–0,35	0,36–0,45	0,46–0,5
Anzahl der Items	0	8	14	21	6

Die Personenfähigkeits- und die Itemschwierigkeitskennwerte weisen auch zu diesem Messzeitpunkt auf beiden Subdimensionen eine zufriedenstellende Verteilung auf (vgl. Abb. 5). Des Weiteren ist zu beobachten, dass in der Subdimension „Komplexe Mechanik &Elektrik/Elektronik“, der wir höhere kognitive Anforderungen unterstellen als der Dimension „Einfache Mechanik“, auch höhere Personenfähigkeiten zu beobachten sind.

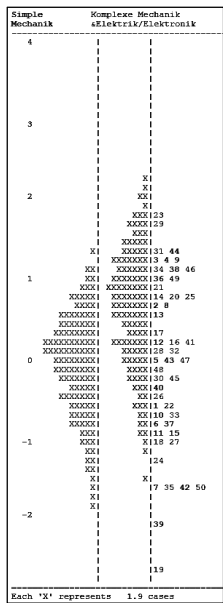


Abb. 5: Itemschwierigkeits- und Personenfähigkeitsverteilung (Modell 2b – Ende 2. LJ)

Im Hinblick auf die Fachwissensstruktur am **Ende des dritten Ausbildungsjahres** ist im Anschluss an die Befundlage und H3 zu erwarten, dass sich die fünf- bis sechsdimensionale Struktur des (nichthandlungsbezogenen) Fachwissens bestätigen lässt. Zur Prüfung dieser Hypothese wurden zunächst fünf Modelle gegeneinander getestet. Das sechsdimensionale Modell, ein fünfdimensionales Modell, in dem unterstellt wurde, dass die elektrotechnischen Subdimensionen (Motorsteuerung und Start/Strom/Beleuchtung) in einer Dimension zusammengefasst werden können, das drei- und die beiden oben bereits beschriebenen zweidimensionalen Modelle sowie das eindimensionale Modell. Der Modellvergleich auf Basis der Informationskriterien weist das drei- oder das fünfdimensionale Modell als das am besten auf die Daten passende aus (vgl. Tab. 5). Der Chiquadrat-Test zeigt das fünfdimensionale Modell als signifikant bestes Modell, das sechsdimensionale Modell erweist sich dem dreidimensionalen als signifikant überlegen, die ein- und zweidimensionalen Modelle passen deutlich schlechter auf die Daten. Damit bestätigt sich weitgehend das Ergebnis von GSCHWENDTNER (2011) und H3 wird bezogen auf die unterstellten Annahmen zur Kompetenzstruktur gestützt. Der sich durch die IRT-Skalierung ergebende Itemverlust aufgrund von Trennschärfe und T-Fit ist mit 9 von 71 Items sehr gering, es verbleiben 62 trennscharfe Items (vgl. Tab. 6).

Tab. 5: Modellvergleich anhand der Informationskriterien (FW: Ende 3.Lehrjahr)

Modell	Devianz	k	BIC	AIC	cAIC
1Dim	20113,00	79	20555,28	20271,00	20337,53
2Dim-B	20068,85	81	20522,32	20230,85	20301,51
3DIM	20051,27	84	20521,54	20219,27	20296,46
5Dim	20031,00	93	20551,65	20217,00	20316,34
6Dim	20021,07	99	20575,31	20219,07	20335,54

Tab. 6: Trennschärfen der Fachwissensitems – (Ende 3. LJ)

Trennschärfe	≤ 0,15	0,16–0,25	0,26–0,35	0,36–0,45	0,46–0,5
Anzahl der Items	0	13	27	14	8

Die EAP/PV Werte der Subdimensionen erreichen bereits im sechsdimensionalen Modell Werte zwischen 0,71 und 0,84, die WLE Reliabilitäten liegen in diesem Falle jedoch z. T. noch in unbefriedigenden Bereichen. Im fünfdimensionalen Fall werden EAP/PV Werte zwischen 0,67 und 0,85 erreicht, wobei die WLE Reliabilitäten, die zwischen 0,4–0,66 liegen, auch hier noch nicht befriedigen. Akzeptable Reliabilitäten werden ab dem dreidimensionalen Modell erreicht (EAP/PV 0,79–0,85; WLE Reliabilitäten 0,68–0,76). Gemessen an den durchgängig unbefriedigenden Reliabilitätswerten der fünf- bzw. sechsdimensionalen Skalierung in der Vorläuferversion (GSCHWENDTNER 2011) kann damit auch Teil 2 von H3, d. h. eine deutliche Reliabilitätsverbesserung betätigt werden. Für weitere Optimierungen des Instruments bzw. der Reliabilitäten in den Subdimensionen der fünf- bzw. sechsdimensionalen Variante bietet sich eine Erhöhung der Itemanzahl an (vgl. Abb. 6), wofür auch die deutlich besseren Reliabilitätswerte in den weniger ausdifferenzierten Modellen sprechen¹¹.

11 Für das Modell 2b werden am Ende des dritte Ausbildungsjahres ebenfalls gute Reliabilitätswerte erreicht (EAP/PV = 0,77–0,85; WLE = 0,66–0,82).

	Fahrwerk	Kraft Übertragung	Motor	Motor steuerung	Service	Start-Strom Beleuchtung
3				X		
				X		
				X		
				XX		X
			X	X		X
			X	XX		X
			X	X		XX
			X	XXX		XX 9 24 40
			X	XXX	X	XXX 11 35
2			XX	XXXX	X	XXX 18
			XX	XXXX		XXX
			XX	XXXX	X	XXX 43
			XXXX	XXXX	X	XXX
	XX	X	XXX	XXXX	X	XXXX 61
	X	X	XXXX	XXXX	X	XXXX
	XXXX	X	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX 56 58
	XXXX	XX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX 8 29 33 49
1	XXXX	XX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
	XXXX	XX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX 32 42
	XXXX	XX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX 16
	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX 14 21 23 36
	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX 12 13 53
	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX 3 28
	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX 4 26 27
0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX 57
	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX 46 48 52
	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX 20 45
	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX 41 50 55
	XXXX	XXXX	XXXX	XX	XXXX	XXXX 39 44
	XXXX	XXXX	XXXX	XX	XXXX	XXXX 5 54 59 60
	XXXX	XXXX	XXXX	XX	XX	XX 6
	XXXX	XXXX	X	X	XX	X 2
-1	XX	XXXX	XX	X	XXX	X 1 37 47
	X	XXXX	X		X	17
	XX	XX	X		X	X
	X	X	X	X		10 15 22 30 34 38
		X	X		X	25
		X				51
						7 62
-2						19
-3						31

Each 'X' represents 2.3 cases

Abb. 6: Itemschwierigkeits- und Personenfähigkeitsverteilung (6-dim. Modell – Ende 3.LJ)

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass H3 durchgängig gestützt wird und sich tatsächlich im Verlaufe der Ausbildung eine sukzessive Ausdifferenzierung des Fachwissens vollzieht, wofür wir u. a. den curricular gestützten Wissensaufbau als ursächlich sehen. Gegen Ende der Ausbildung zeichnet sich, wie bereits bei GSCHWENDTNER (2011), vor allem eine Ausdifferenzierung entlang von Inhaltsbereichen ab. Die Ergebnisse zur Strukturmodellierung für die beiden Messpunkte im zweiten Ausbildungsjahr, die ein zweidimensionales Modell, das durch die Inhaltsbereiche Motor und elektrotechnische Anforderungen einerseits und die im betrieblichen Curriculum dominanten Anforderungsbereiche (Fahrwerk, Service) aufgespannt wird, als am besten auf die Daten passend ausweisen, könnten auch als Hinweis gedeutet werden, dass neben den inhaltlichen Bezügen auch kognitive Anforderungsniveaus für die Ausdifferenzierung ursächlich sein könnten.

Interessant scheint auch ein Blick auf die Entwicklung der Zusammenhänge zwischen den Subdimensionen im Verlaufe der Ausbildungszeit, die wir hier am Beispiel des im zweiten Ausbildungsjahr am besten fittenden Modells 2b illustrieren. Während am Beginn des zweiten Ausbildungsjahres die beiden Subdimensionen (Standard Service/Fahrwerk und Motor/Motorsteuerung/Start-Strom-Beleuchtungs-

anlage) mit 0.89 korrelieren ergibt sich am Ende des zweiten Ausbildungsjahres ein noch etwas höherer Korrelationskoeffizient von 0.94, der dann am Ende des dritten Ausbildungsjahres auf 0.80 absinkt. Dieses Absinken des Zusammenhangs im Verlaufe des dritten Ausbildungsjahres könnte als zusätzlicher Hinweis auf einen Ausdifferenzierungsprozess gedeutet werden. Allerdings könnten aufgrund des Designs auch Stichprobeneffekte für diesen Befund ursächlich sein.

4.1.1 Sensitivität der Testzuschnitte

Zur Sensitivität der Testzuschnitte beschränken wir uns hier zunächst auf die Darstellung von Mittelwertsunterschieden. Auf der Basis einer eindimensionalen Skalierung ergeben sich über die drei Messzeitpunkte erwartungsgemäß Wissenszuwächse, die relativ moderat ausfallen. So erreichen die Auszubildenden zu Beginn des zweiten Ausbildungsjahres 44.6 % der erreichbaren Leistungspunkte, am Ende des zweiten Ausbildungsjahres 48.8 % (echter Längsschnitt, $N = 263/235$) und am Ende des dritten Ausbildungsjahres (Pseudolängsschnitt $N = 240$) 54.9 %. Die Reliabilitäten sind durchgängig akzeptabel ($EAP/PV = 0.79\text{--}0.85$, WLE Reliabilität = $0.68\text{--}0.76$).

Ergänzend wurden Längsschnittanalysen für die Entwicklung des Fachwissens im 2. Lehrjahr auf der Basis importierter Schwierigkeitsparameter aus dem ersten Messzeitpunkt vorgenommen¹². Dazu wurden 9 weitere Items mit schlechten T-Fit oder Trennschärfen eliminiert, womit 47 Items verblieben, welche im Längsschnitt sensitiv für die Abbildung der Kompetenzentwicklung sind. Erwartungskonform steigen die Mittelwerte der WLE-geschätzten Personenfähigkeiten zum 2. Messzeitpunkt durchweg an, womit H4 gestützt wird. Bemerkenswert scheint, dass sich in allen Subdimensionen signifikante mittlere WLE Zuwächse zwischen 0,23–0,96 dokumentieren lassen (vgl. Abb. 7, 8: mittlere WLE-Veränderungen zwischen den beiden Messzeitpunkten). Besonders deutlich fallen die Zuwächse in den Bereichen Motor und Motorsteuerung aus, die im zweiten Ausbildungsjahr curricular besonders stark verankert sind. Relativ schwach sind die Zuwächse im Bereich des Service und Fahrwerk, der bereits im ersten Ausbildungsjahr sowohl im betrieblichen als auch im schulischen Kontext gut abgesichert ist. Dennoch ergeben sich auch in diesen Subdimensionen signifikante Zuwächse, die vor allem durch den betrieblichen Erfahrungsraum induziert sein dürften. Zugleich sind in den Subdimensionen Standard Service und Fahrwerk Homogenisierungen beobachtbar, wofür ebenfalls die betrieblichen Erfahrungen in diesen Anforderungsbereichen ursächlich sein könnten. Relativ große Zuwächse sind auch in den Themenbereichen Motor und Start-Strom-Beleuchtungsanlage beobachtbar, was (ebenfalls) im Einklang mit einer einschlägigen curricularen Verankerung im schulischen Curriculum steht. Vor dem Hintergrund dieses Befundmusters könnte man die These vertreten, dass der grundlegende Fachwissensaufbau im schulischen Kontext erfolgt und im betrieblichen Rahmen, sofern das einschlägige Wissen in den Tätigkeitsvollzügen bedeutsam ist, ein weiterer Zuwachs und zugleich eine Homogenisierung stimuliert wird.

12 Die Items zur Kraftübertragung blieben dabei unberücksichtigt. Die Skalierung erfolgte zunächst auf Basis einer gemeinsamen Skalierung aller Subdimensionen beider Messzeitpunkte mit fixierten Schwierigkeitsparametern. Die daraus gewonnenen Schwierigkeitsparameter wurden anschließend für die Skalierungen zu den Messzeitpunkten zu Beginn und am Ende des zweiten Ausbildungsjahres importiert.

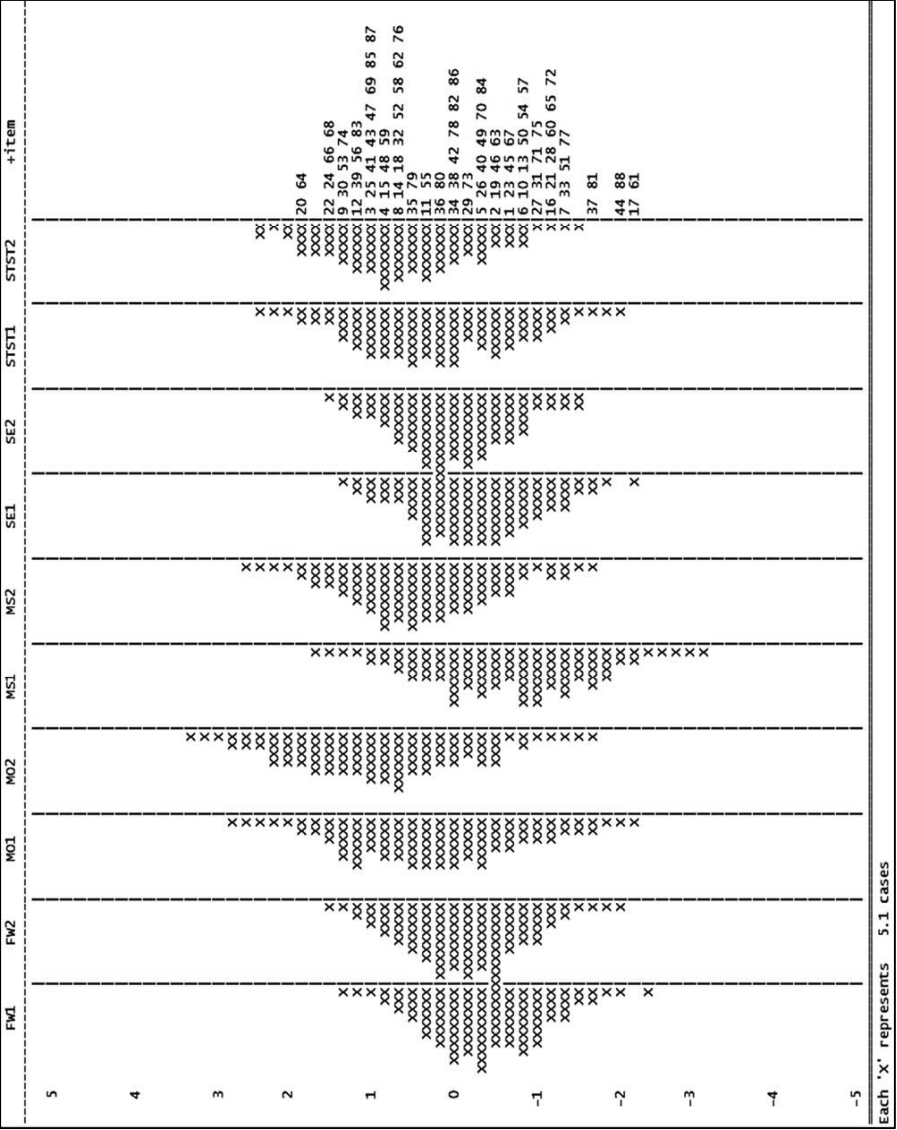


Abb. 7: Item Wright-Map der längsschnittlichen Skalierung des Fachwissens mit fixierten Schwierigkeitsparametern
Legende: FW 1 – Fahrwerk, Messzeitpunkt 1; MS – Motorsteuerung; Mo – Motor; SE – Standard – Service; STST – Start – Strom – Beleuchtung

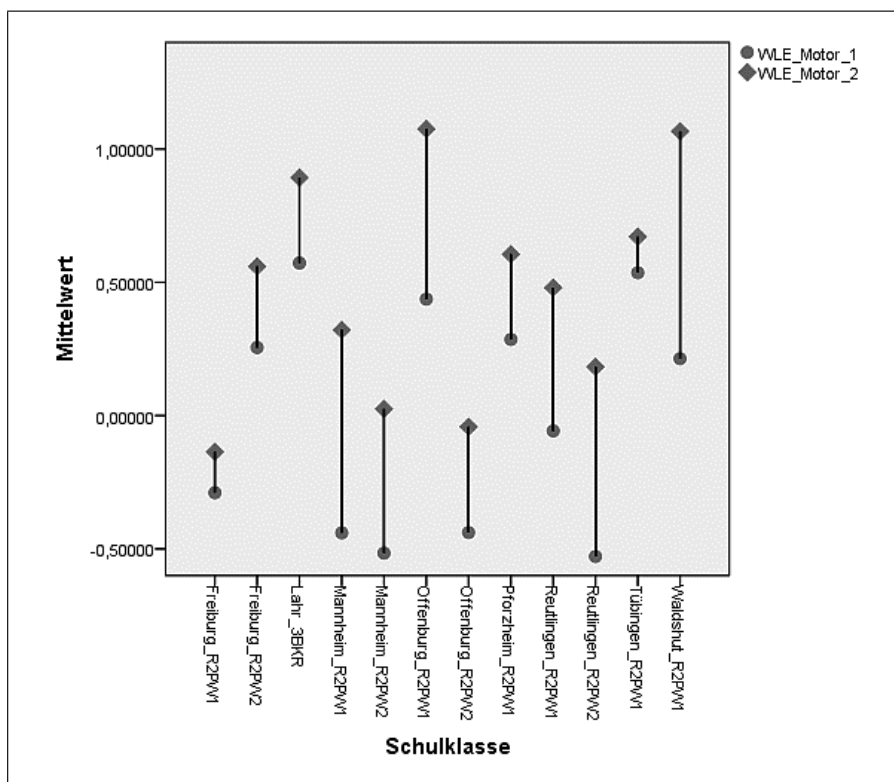


Abb. 8: Längsschnitt der Personenfähigkeiten des 2. Lehrjahres (Subdimension: Motor)

Von Interesse scheinen auch die klassenspezifischen Differenzen in der Kompetenzentwicklung. Abbildung 10 zeigt hier exemplarisch die mittleren klassenbezogenen WLE-Personenfähigkeiten zum 1. und 2. Messzeitpunkt (Anfang und Ende des 2. Lehrjahres) in der Subdimension Motor an. Besonders auffällig sind dabei zwei Klassen mit besonders geringen Zuwächsen, in welchen auch die durch die Testadministratoren wahrgenommene Testmotivation problematisch schien. Die Ursachen für die darüber hinaus dokumentierten Entwicklungsunterschiede sind (noch) zu klären. Der naheliegende Gedanke, dass dafür auch unterschiedliche Ausgangsniveaus verantwortlich sein könnten wird durch die in Abb. 14 dokumentierte Datenlage nicht gestützt. Wir vermuten auch hier unterschiedliche curriculare Schwerpunktsetzungen als ursächlich.

4.2 Ergebnisse zum Handlungswissen

Wie in Abschnitt 3 skizziert, wurde das Handlungswissen über Videovignetten erfasst, die häufiger vorkommende Handlungen im Bereich des Standard Service und der Reparatur- und Instandhaltung abdecken. Erhoben wurden (1) Handlungspläne, die eingebettet in die Gesamthandlung zu generieren waren, (2) Beurteilungen

von Handlungssequenzen im Hinblick auf die Durchführung und das Ergebnis der Handlung und (3) das jeweils für die Teilhandlungen zwingend notwendige Sachwissen. Unterstellt wurde, dass sich im Anschluss an die Theorie von ACKERMAN (1992) zum Fertigkeitenaufbau zunächst eine zunehmende Integration der potentiellen Subdimensionen (Sachwissen, Handlungswissen) und im weiteren Verlauf, ausgelöst durch Automatisierungsprozesse, wieder losere Assoziationen zwischen dem Sach- und Handlungswissen beobachtet werden können. Letzteres war insbesondere im Bereich des Standard Service zu erwarten, der im Tätigkeitsbereich der Auszubildenden eine besonders gewichtige Rolle zu spielen scheint und bereits im ersten Ausbildungsjahr häufig ausgeführt wird. Vorgestellt werden hier jene Ergebnisausschnitte, die Vergleiche zwischen den verschiedenen Messzeitpunkten ermöglichen, d. h. die Ergebnisdarstellung beruht auf den Ankeraufgaben¹³, womit allerdings partiell Reliabilitätsprobleme einhergehen.

4.2.1 Die Struktur des Handlungswissens im Bereich Standard Service und Reparatur/Instandhaltung

Das Untersuchungsdesign ermöglicht zur Struktur des Handlungswissens Vergleiche zwischen den Messzeitpunkten am Anfang und Ende des zweiten und am Ende des dritten Ausbildungsjahres im Bereich Service. Den Daten liegt im zweiten Ausbildungsjahr ein echter und im dritten Lehrjahr ein Pseudolängsschnitt zugrunde. Geprüft wurde jeweils ein ein-, zwei- und dreidimensionales Modell, mit den Handlungsplänen, den Beurteilungsleistungen und dem Sachwissen als potentiellen Subdimensionen. Theoretisch wäre im Anschluss an das CLARION Modell und die Theorie des Fertigkeitserwerbs von ACKERMAN zu erwarten, dass in einer frühen Erwerbsphase, in der sowohl die Handlungspläne als auch die Beurteilungsprozesse noch auf der Basis expliziten Wissens generiert werden, enge Bezüge zwischen den potentiellen Subdimensionen bestehen und gegebenenfalls auch noch nicht als eigene Wissensdimensionen ausdifferenziert sind. Mit einem Fortschreiten des Fertigkeitserwerbs, der mit einer partiellen Überführung des expliziten in implizites Handlungswissen einhergeht, erwarten wir losere Verknüpfungen zwischen dem für die Ausführung der Handlungen zwingend notwendigen Sachwissen und den Handlungsplänen bzw. dem Beurteilungswissen. Zu Beginn des Fertigkeitserwerbs scheint auch eine eindimensionale Skalierung der drei Kompetenzfacetten naheliegend.

Die Ergebnisse der Analysen weisen zu beiden Messzeitpunkten im zweiten Ausbildungsjahr das eindimensionale Modell als das am besten fittende Modell aus (vgl. Tab. 7, 8, 9), wobei allerdings sowohl zu Beginn als auch am Ende des zweiten Ausbildungsjahres keine signifikanten Unterschiede zwischen den Modellen dokumentiert werden können¹⁴. Die Informationskriterien fallen in beiden Fällen zugunsten des eindimensionalen Modells aus. Die Korrelationen zwischen den Subdimensionen am Ende des zweiten Ausbildungsjahres deuten allerdings bereits

13 Dabei handelt es sich um Handlungssituationen in den Bereichen des Öl- und Reifenservice, die von allen Auszubildenden bearbeitet wurden. Um alle Handlungssituationen in den Tests administrieren zu können, wurde wegen der hohen Bearbeitungszeit von ca. 30 Minuten je Handlungsvollzug ein Multi-Matrix Design genutzt.

14 Die Reliabilitätswerte für das HW-Service liegen für die drei Messzeitpunkte im eindimensionalen Fall zwischen WLE = 0,66–0,74 und EAP/PV = 0,68–0,74.

auf eine Mehrdimensionalität hin. Am Ende des dritten Ausbildungsjahres ergeben sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen dem ein- und zweidimensionalen Modell, die Unterschiede zwischen dem ein- und dreidimensionalen Modell sind statistisch nicht signifikant. Gemessen an den Informationskriterien erweist sich das zweidimensionale Modell als am besten passend.

Wir deuten diesen Befund im Vergleich zu den Messzeitpunkten im zweiten Ausbildungsjahr vor dem Hintergrund der theoretischen Vorüberlegungen als sich abzeichnenden Differenzierungsprozess, der durch den Übergang von explizitem zu implizitem Wissen verursacht ist. Wenn diese Annahme zutrifft, sollte sich dies auch in den Korrelationen zwischen den drei Kompetenzfacetten spiegeln.

Tab. 7: Modellvergleich anhand der Informationskriterien (HW-Service: Öl & Reifen, Anfang 2. Lehrjahr)

Modell	Devianz	k	BIC	AIC	cAIC
1Dim	6206,00	37	6396,24	6280,00	6301,14
2Dim	6205,00	39	6405,52	6283,00	6306,82
3Dim	6199,75	42	6415,70	6283,75	6311,97

Tab. 8: Modellvergleich anhand der Informationskriterien (HW-Service: Öl & Reifen, Ende 2. Lehrjahr)

Modell	Devianz	k	BIC	AIC	cAIC
1Dim	7752,00	44	7984,68	7840,00	7865,88
2Dim	7749,00	46	7992,26	7841,00	7869,64
3Dim	7749,00	49	8008,13	7847,00	7880,11

Tab. 9: Modellvergleich anhand der Informationskriterien (HW-Service: Öl & Reifen, Ende 3. Lehrjahr)

Modell	Devianz	k	BIC	AIC	cAIC
1Dim	7722,94	44	7953,34	7810,94	7838,63
2Dim	7715,49	46	7956,37	7807,49	7838,16
3Dim	7711,71	49	7968,30	7809,71	7845,22

Die Korrelationen zwischen den potentiellen Subdimensionen¹⁵ des Handlungswissens-Service, die hier auf Basis der zu allen Testzeitpunkten administrierten Ankeritems vorgenommen werden, fallen im Laufe des Ausbildungsverlaufes stetig ab (vgl. Tab. 10). Im Anschluss an die theoretischen Ausgangsüberlegungen interpretieren wir das als Ausdruck eines fortschreitenden und mit Routinebildung verbundenen Fertigkeitserwerbs, im Rahmen dessen explizites Handlungswissen sukzessive, jedoch nur partiell in implizites Wissen übergeht. Mit dem Befund wird Teil 1 von H5, in dem wir angenommen hatten, dass es zunächst zu einer (bewussten) Integration und damit zu einer engeren Assoziation der potentiellen Subdimensionen kommt, zwar widerlegt, aber Teil 2 von H6, in dem wir mit einem fortschreitenden

15 Die Reliabilitäten der Subdimensionen sind bei ausschließlichem Einbezug der Ankeritems zum Teil noch unbefriedigend. Das gilt insbesondere für das Sachwissen. Für die eindimensionale Skalierung werden auch bei Beschränkung auf die Ankeritems akzeptable Reliabilitätswerte ausgewiesen (WLE = 0.57–0.72; EAP/PV = 0.59–0.71). Bei Einbezug aller Items wird eine WLE Reliabilität von 0.84 erreicht.

Fertigkeitserwerb ein Absinken der Korrelationsmaße unterstellten, substantiell gestützt. Dieser Prozess scheint sich allerdings im Bereich des Standardservice bereits im zweiten Ausbildungsjahr zu vollziehen. Gestützt wird unsere Interpretation auch durch den Befund, dass die Korrelationen zwischen dem Fachwissen und den Fehlerdiagnoseleistungen, für die im Ausbildungsverlauf ein geringeres Routinepotential unterstellt werden kann, sowohl am Ende des zweiten Ausbildungsjahres als auch am Ende des dritten Ausbildungsjahres mit $r = 0.81, 0.83$ keine substantiellen Änderungen aufweisen.

Tab. 10: Korrelationen zwischen Handlungsplänen (HP), Handlungsbeurteilungen (HB) und direkt auf die Handlungen bezogenem Sachwissen (SW) in Abhängigkeit von den Messezeitpunkten (2 Servicevignetten: Ölservice, Reifenservice)

	Anfang 2. Aj.		Ende 2. Aj.		Ende 3. Aj.	
	HB	SW	HB	SW	HB	SW
HP	0.93	0.94	0.79	0.81	0.58	0.71
HB		0.92		0.71		0.73

Für das 3. Ausbildungsjahr liegen Daten für das Handlungswissen Reparatur und Service vor, wobei jeweils 2 Reparatur- bzw. Servicevignetten als Anker im Multimatrixdesign dienten. Als Reparaturaufträge wurden primär Auftragszuschnitte genutzt, die an Serviceaufgaben anschließen, wie z. B. im Anschluss an eine Bremseninspektion eine Bremsenreparatur. Theoretisch unterstellen wir, dass im Bereich des Standard Service die Routinebildung früher als im Bereich der Reparatur und Instandhaltung einsetzt und deshalb bezogen auf den gleichen Messzeitpunkt im Bereich der Reparatur und Instandhaltung engere Zusammenhänge zwischen den Facetten des Handlungswissens zu erwarten sind, da die Verarbeitungsprozesse in diesem Handlungssegment noch in stärkerem Maße explizit erfolgen. Vor diesem Hintergrund scheint auch eine eindimensionale Skalierung der potentiellen Subdimensionen (Handlungspläne, Handlungsbeurteilung, handlungsbezogenes Sachwissen) plausibel.

Die Datenanalyse weist für den Bereich der Reparatur- und Instandhaltungsaufgaben am Ende des dritten Lehrjahres jedoch das zweidimensionale Modell als am besten auf die Daten passend aus (vgl. Tab. 11). Gebildet werden die Subdimensionen durch das Handlungswissen im engeren Sinne (Handlungspläne und Handlungsbeurteilungen) und das dafür zwingend notwendige Fachwissen. Die Reliabilitäten der beiden Subdimensionen liegen bei $WLE = 0,55\text{--}0,56$ und $EAP/PV = 0,65\text{--}0,68$, sind also im 2-dimensionalen Fall noch nicht befriedigend¹⁶.

Die Korrelationen zwischen den potentiellen Subdimensionen (vgl. Tab. 12) liegen im Bereich Reparatur/Instandhaltung im 3. Lehrjahr in den Größenordnungen der Korrelationen des Bereichs Standard Service am Ende des 2. Lehrjahres. Dieses Phänomen kann, wie oben bereits angedeutet, durch die spätere Routinebildung im Vergleich zu den Servicetätigkeiten erklärt werden und könnte durch betriebsscurriculare Prozesse verursacht sein, denn auch im Ausbildungsalltag wird der Auszubildende erst mit zunehmendem Ausbildungsfortschritt und einem damit einhergehenden Fertigungs- und Wissenszuwachs zunehmend anspruchsvollere

16 Bei einer eindimensionalen Skalierung liegen die Reliabilitäten bei $WLE = 0,70$ und $EAP/PV = 0,71$.

Reparaturaufträge bearbeiten dürfen. Wir vermuten, dass sich die Ausdifferenzierung der Subdimensionen langfristig ähnlich vollzieht wie beim Handlungswissen Service, was in einer Folgestudie zu klären bleibt. H8, in der wir unterstellten, dass sich im Bereich der Reparatur und Instandhaltung aufgrund der später einsetzenden Routinebildung engere Zusammenhänge zwischen dem zwingend notwendigen Fachwissen und dem Handlungswissen im engeren Sinne (Handlungspläne, Handlungsbeurteilungen) als im Bereich des Standard Service ergeben, wird durch diese Ergebnisse gestützt.

Tab. 11: Modellvergleich und Signifikanzprüfung über Informationskriterien (HW-Reparatur, Ende 3. Lehrjahr)

Modell	Devianz	k	BIC	AIC	cAIC
1Dim	12147,00	115	12789,96	12377,00	12552,53
2Dim	12131,74	117	12785,89	12365,74	12549,82
3 DIM	12203,00	122	12885,10	12447,00	12653,98

Tab. 12: Korrelationen zwischen Handlungsplänen (HP), Handlungsbeurteilungen (HB) und direkt auf die Handlungen bezogenem Sachwissen (SW) im Bereich Reparatur/Instandhaltung (3. Lehrjahr)

	Ende 3. Aj.	
	HB	SW
HP	0.86	0.90
HB		0.72

4.2.2 Zusammenhänge zwischen dem nichthandlungsbezogenem Fachwissen und dem Handlungswissen aus den Bereichen Standard Service sowie Reparatur & Instandhaltung

Wie im CLARION Modell unterstellt, sind zwischen dem nicht direkt handlungsbezogenen Fachwissen und dem Handlungswissen mehr oder weniger enge Bezüge zu erwarten. Das nicht direkt handlungsbezogene Fachwissen wurde hier operationalisiert über das gesamte fachsystematische Wissen. Zum Handlungswissen liegen, wie im vorausgegangenen Abschnitt dargestellt, Daten zu den Handlungsplänen, dem Beurteilungswissen und dem für die Handlungsvollzüge zwingend notwendigen Sach- bzw. Fachwissen vor. Engere Bezüge des nichthandlungsbezogenen Fachwissens zum Handlungswissen wären im Anschluss an die Theorie des Fertigkeitserwerbs von ACKERMAN (1992) zu Beginn des Fertigkeitserwerbs naheliegend. Des Weiteren kann im Anschluss an die Befundlage erwartet werden, dass engere Assoziationen dieser Leistungsmaße in komplexeren Anforderungssituationen beobachtet werden können. Da im zweiten Ausbildungsjahr, wie oben dargestellt, das eindimensionale Modell des Handlungswissens besser auf die Daten passt, stellen wir hier die Ergebnisse auf der Basis eindimensionaler Skalierungen der beiden Wissensarten in den Vordergrund. Das Design der Studien ermöglicht Analysen der Zusammenhänge für das Fach- und Handlungswissen im Bereich des Standard Service am Ende des zweiten und am Ende des dritten Ausbildungsjahres und für

das Handlungswissen im Bereich der Reparatur- und Instandhaltung am Ende des dritten Ausbildungsjahres, so dass anhand des Standard Service, mit dem Vorbehalt des verfügbaren Pseudolängsschnitts, Aussagen über die Entwicklung möglich werden und durch den Vergleich des Standard Service mit dem Bereich der Reparatur und Instandhaltung zum Zeitpunkt am Ende des dritten Ausbildungsjahres der Vergleich eines einfacheren mit einem komplexeren Anforderungsbereich. Die Zusammenhangsanalysen basieren auf den WLE Schätzern und sind fehlerbereinigt (Attenuationskorrektur). Für eine Schätzung der Zusammenhänge zwischen allen Wissensfacetten auf latenter Basis ist die Fallzahl zu gering.

Am Ende des zweiten Ausbildungsjahres ergibt sich für den Zusammenhang des (gesamten) nicht direkt handlungsbezogenen Wissens (gesamter Fachwissenstest) und dem eindimensional skalierten Handlungswissen im Bereich des Standard Service¹⁷ eine Korrelation von $r = 0,72$ (vgl. Tab. 13). Bei einer zweidimensionalen Skalierung des Handlungswissens (Handlungspläne & Handlungsbeurteilung; für die Erstellung der Handlungspläne und die Handlungsbeurteilungen notwendiges Fachwissen) ergeben sich erwartungsgemäß engere Korrelationen des nicht direkt handlungsbezogenen Fachwissens zum Fachwissen, das für die Handlungsausführung notwendig ist als zu den Handlungsplänen & Handlungsbeurteilungen ($r = 0,95$; $r = 0,60$). Am Ende des dritten Ausbildungsjahres ergibt sich zwischen dem nicht direkt handlungsbezogenen Fachwissen und dem ebenfalls eindimensional skalierten Handlungswissen (Service) mit 0.61 eine etwas schwächere Korrelation wie am Ende des zweiten Ausbildungsjahres, was auf Routinebildungen zurückgeführt werden könnte. Damit wird H7 gestützt, in der wir unterstellt hatten, dass die Korrelationen zwischen dem nicht direkt handlungsbezogenen Wissen und dem handlungsbezogenen Wissen im Bereich des Standard Service, der bereits im Ausbildungsverlauf typische Routinetätigkeiten repräsentiert, geringer sind als im Bereich der Reparatur/Instandhaltung¹⁸.

Tab. 13: Korrelationen zwischen dem nicht direkt handlungsbezogenen Fachwissen und dem Handlungswissen in Abhängigkeit vom Bereich und Messzeitpunkt

	HW Service Beginn 2. Aj.	HW Service Ende 2. Aj.	HW Service Ende 3. Aj.	HW Reparatur & Instandhaltung Ende 3 Aj.
Nicht direkt handlungsbezogenes Fachwissen	0.85	0.72	0.61	0.71

Für das handlungsbezogene Wissen am Ende des dritten Ausbildungsjahres ergab sich, wie oben dargestellt, im Bereich der Reparatur und Instandhaltung eine zweidimensionale Struktur, allerdings mit substantiellen Korrelationen zwischen den Subdimensionen. Vor diesem Hintergrund scheint für die weitere Prüfung von H7 auch eine Korrelationsanalyse zwischen dem eindimensional skalierten Hand-

17 Analysebasis sind dafür die Ankervignetten Öl- und Reifenservice, die von allen Auszubildenden bearbeitet wurden. Werden alle Vignetten des Service Bereichs einbezogen steigt die Korrelation auf 0,77 an.

18 Der Reparaturbereich besitzt zwar ebenfalls erhebliches Routinepotential, ist jedoch im Tätigkeitsspektrum der Auszubildenden weniger stark repräsentiert als der Standard Service.

lungswissen und dem nicht direkt handlungsbezogenen Fachwissen vertretbar, um den für die Überprüfung von H7 notwendigen Vergleich durchführen zu können. Das Ergebnis der Zusammenhangsanalyse weist in diesem Falle eine nahezu identische Korrelation ($r = 0.71$) aus wie im Bereich des Service zum Messzeitpunkt Ende des zweiten Ausbildungsjahres. Im Bereich des Service sinkt die Korrelation am Ende des dritten Ausbildungsjahres auf 0.61 ab, womit auch Teil 2 von H7 gestützt wird.

Bemerkenswert sind die hohen Korrelationen zwischen dem Handlungswissen im Bereich des Standard Service und der Reparatur & Instandhaltung, die ebenfalls die Größenordnung von 0,8 erreichen. Fehlerbereinigt (Attenuationskorrektur) erreicht dieser Wert mit $r = 0,87$ bereits Größenordnungen, die Anlass geben könnten, in einer pragmatischen Perspektive von einer eindimensionalen Struktur auszugehen, was bedeutet, dass keine klare Trennung zwischen dem Handlungswissen Standardservice und der Reparatur & Instandhaltung vollzogen werden kann und diese wohl eher Facetten eines Konstrukts mit differierenden Schwierigkeiten darstellen. Eine latente Schätzung erbringt einen Korrelationswert von 0,81.

Abschließend prüfen wir, ob wie in H8 angenommen, die Subdimension Standard Service des nicht direkt handlungsbezogenen Fachwissens und das über die Videovignetten direkt auf die Servicehandlung bezogene und dafür notwendige Fachwissen konvergent valide sind. Dafür wurde ein Modellvergleichstest vorgenommen, der das erwartete Ergebnis bestätigt. Das bedeutet, dass die Erfassung des Fachwissens in beiden Testformen (Papier und Bleistifttest vs. Operationalisierung über Videovignetten) das gleiche Konstrukt abbilden und die Testform strukturell nicht bedeutsam wird. Wir deuten dies auch als substantiellen Beleg der Validität des Fachwissenstests und als Bestätigung dafür, dass auch mit einem Papier- und Bleistifttest, wie er zur Erfassung des fachsystematischen Wissens eingesetzt wurde, in hohem Grade handlungsrelevantes Wissen erhoben wird.

5. Diskussion

Mit den hier vorgestellten Studien sollte einerseits das für die Erfassung fachlicher Kompetenzen vorliegende Instrumentarium erweitert und optimiert und andererseits, auf dieser Basis, Aussagen zur Kompetenzentwicklung bereit gestellt werden. Bezogen auf den zweiten Zielaspekt ging es sowohl um Aussagen zur Entwicklung der Kompetenzstruktur als auch um die Abbildung von graduellen Entwicklungen bzw. die Sensitivität der Tests um solche graduellen Entwicklungen dokumentieren zu können. Die Weiterentwicklung des Fachwissenstests, der als Papier und Bleistifttest administriert wurde, führte zu einer deutlichen Verbesserung der Reliabilität, die selbst für die einzelnen Subdimensionen der fünfdimensionalen Skalierung am Ende der Ausbildung noch deutlich besser sind als der Ursprungstest.

Gleichwohl besteht Anlass vor allem für die reliable Messung innerhalb der stark ausdifferenzierten Subdimensionen weitere Optimierungen bzw. Erweiterungen vorzunehmen.

Mit der geplanten Erweiterung der Testbatterie und einer großangelegten Eichstichprobe im Rahmen des ASCOT Projekts zur Vorbereitung adaptiven Testens, erwarten wir weitere substantielle Reliabilitätserhöhungen. Gleichzeitig erweist sich der Fachwissenstest als sensitiv für die Dokumentation der Wissensentwicklung. Besonders große Wissenszuwächse sind im zweiten Ausbildungsjahr in der Subdimension Motorsteuerung identifizierbar, deren einschlägige Inhalte in diesem Aus-

bildungsjahr auch besonders stark verankert sind. Substantielle Zuwächse zeigen sich auch in den Subdimensionen Motor und Start-Strom-Beleuchtungsanlage, die im zweiten Ausbildungsjahr ebenfalls curricular verankert sind. Besonders schwach fallen die Zuwächse im Bereich des Standard Service und beim Fahrwerk aus, die curricular bereits im ersten Ausbildungsjahr intensiv behandelt werden und vor allem auch Gegenstand der alltäglichen Arbeit sein dürften. Bemerkenswert sind die substantiellen Unterschiede in den Wissenszuwächsen der einzelnen Klassen, die vermutlich auch curricular begünstigt werden. Die sich im Zuge der Ausbildung vollziehende Ausdifferenzierung des Fachwissens, wie sie bereits von Gschwendtner (2011) dokumentiert wurde, konnte bestätigt und genauer dokumentiert werden. Dabei wird deutlich, dass diese Ausdifferenzierungsprozesse zwar primär curricular induziert sind und inhaltliche Themenfelder widerspiegeln. Ob die im zweiten Ausbildungsjahr beobachtbare Ausdifferenzierung in Standard Service/Fahrwerk auf der einen und Motor/Motorsteuerung/Start-Strom-Beleuchtung auf der anderen Seite als Ausdruck eines sich entlang an kognitiven Anforderungen vollziehenden Prozesses gedeutet werden kann, wäre genauer zu prüfen. In einer praktischen Perspektive gibt die zweidimensionale Skalierung am Ende des zweiten und die fünfdimensionale Skalierung am Ende der Ausbildung auch wichtige Hinweise für die Gestaltung der Prüfungen, durch die letztlich diese Kompetenzstrukturen abgebildet werden sollten, da ansonsten mit Verzerrungen und Einschränkungen der Aussagekraft zu rechnen ist.

Völliges Neuland wurde mit der Erhebung des Handlungswissens beschritten, das über Videovignetten erhoben wurde. Die Reliabilitäten der (potentiellen) Subdimensionen erwiesen sich bereits in diesem Erstversuch als akzeptabel, geben aber auch Anlass für weitere Optimierungen. Besonders interessant scheinen die Ergebnisse zu inneren Struktur des Handlungswissens, die über die Zeit hinweg durch kontinuierlich sinkende Zusammenhänge zwischen den Handlungsplänen bzw. der Beurteilungsfähigkeit fachlicher Handlungen und dem für die Ausführung der Handlungen zwingend notwendigen Fachwissen gekennzeichnet sind. Im Anschluss an die Theorie des Fertigkeitserwerbs von Ackerman (1992) interpretieren wir dies als Hinweis für eine zunehmende Routinebildung, die sich theoriekonform im Bereich des Standard Service früher zu vollziehen scheint als im Bereich der Reparatur und Instandhaltung. Dass dieser Routinebildungsprozess auch im dritten Ausbildungsjahr fortschreitet, deutet auf die kontinuierliche Zuweisung entsprechender Aufgaben im gesamten Ausbildungsverlauf hin. Deutlich wird aus dieser Entwicklung auch, dass im Erwerbsprozess fachlicher Kompetenzen bzw. des Handlungswissens zunächst sehr enge Bezüge zum einschlägigen Fachwissen charakteristisch und bei komplexeren Sachverhalten für den Kompetenzaufbau wohl auch notwendig sind. Die Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen und dem Handlungswissen bleiben aber selbst in Anforderungsbereichen wie dem Standard Service, der durch hohe Routinepotentiale gekennzeichnet ist, bemerkenswert hoch. Wie sich dies im weiteren Entwicklungsprozess darstellt, ist in anschließenden Untersuchungen zu prüfen. Das gilt ebenso für das Handlungswissen im Bereich der Reparatur und Instandhaltung, das wir lediglich am Ende des dritten Ausbildungsjahres erheben konnten und bei dem nach unseren Daten der Routinebildungsprozess tatsächlich später einzusetzen scheint.

Literatur

- ABELE, S./WALKER, F./NICKOLAUS, R. (2014): Computerbasierte Diagnostik der fachlichen Problemlösekompetenz: Ein Ansatz zur validen und reliablen Erfassung der Fehlerdiagnosekompetenz in der gewerblich-technischen Ausbildung. In: GREIFF, S./KRETZSCHMAR, A./LEUTNER, D. (Hrsg.): Problemlösen in der Pädagogischen Psychologie [Themenheft]. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie. (In Vorbereitung).
- ABELE, S. (2013): Modellierung und Entwicklung berufsfachlicher Kompetenz in der gewerblich-technischen Ausbildung. Stuttgart: (Dissertationsschrift).
- ABELE, S./GREIFF, S./GSCHWENDTNER, T./WÜSTENBERG, S./NICKOLAUS, R./NITZSCHKE, A./FUNKE, J. (2012): Dynamische Problemlösekompetenz – Ein bedeutsamer Prädiktor von Problemlöseleistungen in technischen Anforderungskontexten? In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft (ZfE) 15, S. 363–391.
- 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.
- ACKERMAN, P. L. (1992): Predicting Individual Differences in Complex Skill Acquisition: Dynamics of Ability Determinants. In: Journal of Applied Psychology 77, S. 589–613.
- BECKER, M. (2009): Kompetenzmodell zur Erfassung beruflicher Kompetenz im Berufsfeld Fahrzeugtechnik. In: FENZL, C./SPÖTTL, G./HOWE, F./BECKER, M. (Hrsg.): Berufsarbeit von morgen in gewerblich-technischen Domänen. Bielefeld: Bertelsmann.
- GEISSEL, B. (2008): Ein Kompetenzmodell für die elektrotechnische 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.
- GÖNNENWEIN, A./NITZSCHKE, A./SCHNITZLER, A. (2011): Fachkompetenzfassung in der gewerblichen Ausbildung am Beispiel des Ausbildungsberufs Mechatroniker/-in. Entwicklung psychometrischer Fachtests. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP) 5, S. 14–18.
- GSCHWENDTNER, T. (2011): Die Ausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker im Längsschnitt. Analysen zur Struktur von Fachkompetenz am Ende der Ausbildung und Erklärung von Fachkompetenzentwicklungen über die Ausbildungszeit. In: NICKOLAUS, R./PÄTZOLD, G. (Hrsg.): Lehr- Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung. Beiheft zur Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik.
- GSCHWENDTNER, T./ABELE, S./NICKOLAUS, R. (2009): Computersimulierte Arbeitsproben: Eine Validierungsstudie am Beispiel der Fehlerdiagnoseleistung von Kfz-Mechatronikern. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 105, S. 556–578.
- GSCHWENDTNER, T. (2008): Ein Kompetenzmodell für die kraftfahrzeugtechnische Grundbildung. In: NICKOLAUS, R./SCHANZ, H. (Hrsg.): Didaktik der gewerblichen Berufsbildung. Konzeptionelle Entwürfe und empirische Befunde. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren (Diskussion Berufsbildung; Bd. 9), S. 103–119.
- HEILIG, S. (2013): Analyse des Fachwissens von Auszubildenden in Ausbildungsberuf des Kfz-Mechatronikers. Stuttgart: Masterarbeit.
- LEHMANN, R./SEEBER, S. (Hrsg.) (2007): ULME 3. Untersuchungen von Leistungen, Motivation und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler in den Abschlussklassen der Berufsschulen. Hamburg: Behörde für Bildung und Sport.
- NICKOLAUS, R./ABELE, S./GSCHWENDTNER, T./NITZSCHKE, A./GREIFF, S. (2012): Fachspezifische Problemlösefähigkeit in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen – Modellierung, erreichte Niveaus und relevante Einflussfaktoren. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW) 108, S. 243–272.

- NICKOLAUS, R./GEISSEL, B./ABELE, S./NITZSCHKE, A. (2011): Fachkompetenzmodellierung und Fachkompetenzentwicklung bei Elektronikern für Energie- und Gebäudetechnik im Verlauf der Ausbildung – Ausgewählte Ergebnisse einer Längsschnittstudie. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW) (Beiheft 25), S. 77–94.
- NICKOLAUS, R. (2011) (a): Didaktische Präferenzen in der beruflichen Bildung und ihre Tragfähigkeit. In: NICKOLAUS, R./PÄTZOLD, G. (Hrsg.): Lehr-Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung. Stuttgart: Steiner, S. 159–176.
- NICKOLAUS, R. (2011) (b): Kompetenzmessung und Prüfungen in der beruflichen Bildung. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW) 107, S. 161.
- NICKOLAUS, R./STRAKA, G.A./FEHRING, G./GSCHWENDTNER, T./GEISSEL, B./ROSENDAHL, J. (2010): Erklärungsmodelle zur Kompetenz- und Motivationsentwicklung bei Bankkaufleuten, Kfz-Mechatronikern und Elektronikern. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW) (Beiheft 23), S. 73–87.
- NICKOLAUS, R./GEISSEL, B./GSCHWENDTNER, T. (2008): Entwicklung und Modellierung beruflicher Fachkompetenz in der gewerblich-technischen Grundbildung. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW) 104, S. 48–73.
- ROSENDAHL, J./STRAKA, G.A. (2011): Kompetenzmodellierungen zur wirtschaftlichen Fachkompetenz angehender Bankkaufleute. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW) 107, S. 190–217.
- SCHMIDT, F.L./HUNTER, J.E. (1989): The Validity and Utility of Selection Methods in Personnel Psychology: Practical and Theoretical Implications of 85 Years of Research Findings. In: Psychological Bulletin 124, S. 262–274.
- SCHMIDT, T. (2011): Testaufgaben zur Kompetenzerfassung bei Kfz-Mechatronikern – Analysen und Ansatzpunkte für die Optimierung des Fachwissenstest. Stuttgart: (Diplomarbeit).
- SEEBER, S./LEHMANN, R. (2011): Determinanten der Fachkompetenz in ausgewählten gewerblich-technischen Berufen. In: Zeitschrift für Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik (ZBW) (Beiheft 25), S. 95–111.
- SEEBER, S./NICKOLAUS, R. (2010): Kompetenz, Kompetenzmodelle und Kompetenzentwicklung in der beruflichen Bildung. In: NICKOLAUS, R. u. a. (Hrsg.): Handbuch Berufs- und Wirtschaftspädagogik. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 247–25.
- SEEBER, S. (2008): Ansätze zur Modellierung beruflicher Fachkompetenz in kaufmännischen Ausbildungsberufen. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW) 104, S. 74–97.
- SPÖTTL, G./BECKER, M./MUSEKAMP, F. (2011): Anforderungen an KFZ-Mechatroniker und Implikationen für die Kompetenzerfassung. In: Zeitschrift für Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik (ZBW) (Beiheft 25), S. 37–53.
- SUN, R. (2006): The CLARION Cognitive Architecture: Extending Cognitive Modeling to Social Simulation. In: SUN, R. (Hrsg.): Cognition and Multi-Agent Interaction. New York: Cambridge University Press, S. 79–102.
- WINTHER, E. (2010): Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung. Bielefeld: Bertelsmann.
- WINTHER, E./ACHTENHAGEN, F. (2009): Skalen und Stufen kaufmännischer Kompetenz. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW) 105, S. 521–556.
- ZLATKIN-TROITSCHANSKAIA, O./SEIDEL, J. (2011): Kompetenz und ihre Erfassung – das neue „Theorie-Empirie-Problem“ der empirischen Bildungsforschung. In: ZLATKIN-TROITSCHANSKAIA, O. (Hrsg.): Stationen Empirischer Bildungsforschung: Traditionslinien und Perspektiven. Wiesbaden: VS Verlag, S. 9–20.

Anschrift der Autoren: Thomas Schmidt, Institut für Erziehungswissenschaft, Abteilung Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik, Universität Stuttgart, Schmidt@bwt.uni-stuttgart.de
 Prof. Dr. Reinhold Nickolaus, Institut für Erziehungswissenschaft, Abteilung Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik, Universität Stuttgart, Nickolaus@bwt.uni-stuttgart.de
 Wolfgang Weber, Institut für Erziehungswissenschaft, Abteilung Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik, Universität Stuttgart, w.weber@bwt.uni-stuttgart.de