

Ein Rahmenmodell zur Gestaltung technologisch unterstützter adaptiver Lehr- und Lernprozesse

A framework for designing technologically supported adaptive teaching and learning processes

KURZFASSUNG: Ausgehend von einem Rahmenmodell zur Gestaltung technologisch unterstützter adaptiver Lehr- und Lernprozesse werden in unserem konzeptionellen Beitrag Implikationen auf pädagogisch-didaktischer, diagnostischer sowie technologischer Ebene beschrieben. Letzterer Aspekt wird gestützt mit den Ergebnissen einer Sichtung verfügbarer Systeme und deren Funktionen zur Unterstützung der datengestützten Entscheidungsfindung. Bei einer hypothesengeleiteten diagnostischen Vorgehensweise hinsichtlich einer adaptiven Unterrichtsgestaltung erscheint auf pädagogisch-didaktischer Ebene ein erweitertes Verständnis von „Heterogenität“ erforderlich, welches auf diagnostischer sowie technologischer Ebene entsprechend abzubilden ist.

Schlüsselwörter: Rahmenmodell, formative Diagnostik, adaptive Unterrichtsgestaltung, Heterogenität

ABSTRACT: Based on a framework for designing technologically supported adaptive instructional settings, our conceptual contribution describes implications on pedagogical-didactical, diagnostic as well as technological levels. The latter aspect is underpinned with the results of a review of available systems and their functions to support data-driven decision making. A hypothesis-driven diagnostic approach to adaptive instructional design requires a broader understanding of “heterogeneity” on the pedagogical-didactical level, which is to be mapped accordingly on the diagnostic and technological levels.

Keywords: framework, formative diagnostics, adaptive instructional design, heterogeneity

1. Einleitung

Interindividuelle Unterschiede zwischen Schüler:innen hinsichtlich der Erschließung, Bewertung und Bewältigung von Lerninhalten korrekt zu diagnostizieren und auf Basis dessen Lerninhalte möglichst adressatengerecht aufzubereiten und bereitzustellen, spielt in der beruflichen Bildung vermehrt eine entscheidende Rolle (z. B. BACH/SCHAUB 2020; HEINRICHS/REINKE 2019; JAHN/GÖTZL/KETSCHAU 2020). Die didaktisch-

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 2021

methodische Umsetzung erfolgt hierbei über *adaptive Unterrichtskonzepte*, welche u. a. über differenzierte, schwierigkeitsvariierende Zuweisungen von Lernaufgaben mit dem Ziel realisiert werden, Über- sowie Unterforderungen der Lernenden zu vermeiden und das individuelle Lernen bestmöglich zu fördern (z. B. KÄRNER/REINKE/FRIM/HEINRICHS 2019; KRANNICH et al. 2019). Lehrpersonenseitig erfordert dies wiederum ein fundiertes Wissen über „heterogenitätsbestimmende“ Faktoren in der Klasse sowie valide diagnostische Urteile als Grundlage begründeter pädagogisch-didaktischer Entscheidungen (BRÜHWILER/BLATCHFORD 2011; KÄRNER/WARWAS/KRANNICH/WEICHSLER 2021; KÄRNER/WARWAS/SCHUMANN 2021). Befunde zu situativen Anforderungscharakteristika lernprozessbegleitender Diagnostik im Unterricht zeigen jedoch auf, dass Lehrpersonen bei der Einschätzung von Schüler:innenbefindlichkeiten und -verhaltensweisen während des laufenden Unterrichts u. a. die Vielfalt an Informationen, Informationsdefizite sowie fehlende Heuristiken und Handlungsschemata als markante diagnosebezogene Anforderungen erleben (KÄRNER/HÖNING 2021; KÄRNER/RÖHRIG/WARWAS 2020) und insbesondere affektive Lernendenzustände tendenziell über- oder unterschätzen (WARWAS/KÄRNER/GOLYSZNY 2015).

Mit der wachsenden Anzahl und Verfügbarkeit technologiegestützter Verfahren zur Unterrichtsdiagnostik, -durchführung und -entwicklung bietet sich vor diesem Hintergrund für Lehrpersonen die Chance, unterrichts- sowie schüler:innenbezogene Daten als Basis begründeter *pädagogisch-didaktischer Entscheidungen* sowie als Grundlage für Plausibilitätsprüfungen ihres pädagogischen Handelns zu nutzen (DATNOW/HUBBARD 2016; HELMKE et al. 2018). Fragt man danach, wie die betreffenden Daten generiert und erfasst werden, so bewegt man sich im Bereich der *formativen Diagnostik* (engl. formative assessment), welche auch als Lernprozess- bzw. Lernverlaufsdiagnostik oder Lernfortschrittskontrolle bezeichnet wird. Formative Diagnostik findet während des Lernprozesses mit dem Ziel statt, Lernprozesse sowie die Unterrichtsqualität auf Basis der erfassten diagnostischen unterrichts- sowie schüler:innenbezogenen Informationen zu optimieren (MAIER 2010; SÜDKAMP/PRAETORIUS 2017). Eine Vielzahl an (Meta-)Studien zur lehrer:innenseitigen Datennutzung belegt hierbei positive Effekte bzgl. der schüler:innenseitigen Lernentwicklung (z. B. BLACK/WILIAM 1998; DUNN/MULVENON 2009; FABER/LUYTEN/VISSCHER 2017; KINGSTON/NASH 2011; SPEKTOR et al. 2016; VAN DER KLEIJ/VERMEULEN/SCHILDKAMP/EGGEN 2015).

Vor diesem Hintergrund wird im vorliegenden Beitrag ein Rahmenmodell zur Gestaltung technologisch unterstützter adaptiver Lehr- und Lernprozesse vorgestellt. In diesem Zusammenhang werden im weiteren Verlauf der Argumentation die im Rahmenmodell integrierte *pädagogisch-didaktische* (Abschnitt 2.1), *diagnostische* (Abschnitt 2.2) sowie *technologische* Ebene (Abschnitt 2.3) näher charakterisiert und beschrieben. Letzterer Aspekt wird gestützt mit den Ergebnissen einer Sichtung verfügbarer formativer Diagnostiksysteme und deren Funktionen zur Unterstützung einer datengestützten Entscheidungsfindung. Abschließend wird angesichts einer hypothesengeleiteten diagnostischen Vorgehensweise bei der adaptiven Unterrichtsgestaltung ein erweitertes Verständnis von „Heterogenität“ zur Diskussion gestellt (Abschnitt 3).

2. Rahmenmodell zur Gestaltung technologisch unterstützter adaptiver Lehr- und Lernprozesse

Da im Hinblick auf die Integration diagnoseunterstützender Systeme in berufsschulische, adaptive Lehr- und Lernprozesse neben pädagogisch-didaktischen auch diagnostische sowie technologische Aspekte zu berücksichtigen sind, wird im Nachfolgenden das in Abbildung 1 dargestellte Rahmenmodell vorgestellt und beschrieben. Entsprechend der modellierten Sequenzierung (pädagogisch-didaktisch → diagnostisch → technologisch) sei an dieser Stelle hervorgehoben, dass (Bildungs-)Technologie nicht ihrem *Selbstzweck*, sondern vielmehr der *Unterstützung* diagnostischer und pädagogisch-didaktischer normativ-funktionaler Bezugspunkte, Prämissen, Entscheidungen und Handlungen dienen sollte (vgl. SEMBILL 2019).

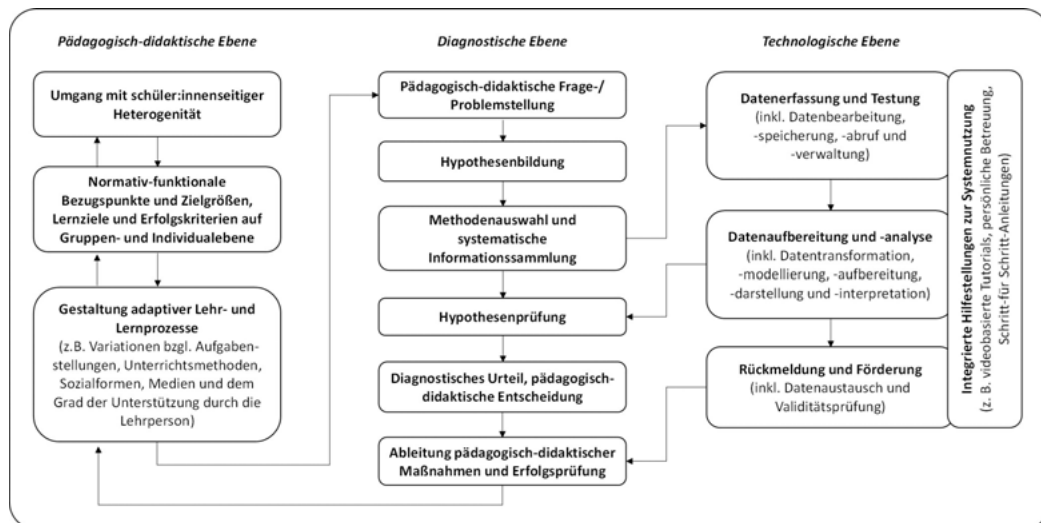


Abbildung 1. Rahmenmodell zur Gestaltung technologisch unterstützter adaptiver Lehr- und Lernprozesse

2.1 Pädagogisch-didaktische Ebene

Lehr- und Lernprozesse umfassen im Allgemeinen die psychischen und physischen Leistungen bzw. Vorgänge zum Erwerb von Wissen sowie von Handlungs-, Problemlöse- und Sozialkompetenzen, und sie „können als pädagogisches Bemühen verstanden werden, Individuen dabei behilflich zu sein, ihren Platz und ihre Identität in einer im normativen wie technischen Sinne veränderungsfähigen und daher gestaltungsfähigen Gesellschaft zu suchen und zu finden“ (SEMBILL 1999, S. 152). Als Ausgangspunkt der Gestaltung lernförderlicher, adaptiver Lehr-Lernarrangements sind auf pädagogisch-didaktischer Ebene *zunächst Lernziele und Erfolgskriterien* für eine bestimmte Unterrichtseinheit zu entwickeln und definieren, was entweder durch die Lehrperson oder

partizipativ in Zusammenarbeit mit den Schüler:innen geschehen kann. Zum Zwecke einer datengestützten Unterrichtsdiagnostik, -durchführung und -entwicklung sind hierbei domänenspezifische Aufgaben- und Testformate unabdinglich, welche beispielsweise für spezifische Ausbildungsberufe und dort verortete fachspezifische Lernfelder nutzbar sind. Entsprechende Aufgaben- und Testformate orientieren sich an zu entwickelnden schüler:innenseitigen Kenntnissen und Fertigkeiten und somit an angestrebten Lern- und Bildungszielen (vgl. ACHTENHAGEN 2012). Ein *mehrdimensionales Kompetenzverständnis*, welches neben fachwissensbezogenen auch affektiv-motivationale und soziale Aspekte beinhaltet (z. B. RAUSCH/KÖGLER/SEIFRIED 2019; SEMBILL/RAUSCH/KÖGLER 2013) sowie ein *partizipatives Bildungsverständnis*, nach welchem die Lernenden dahingehend ernst genommen werden, „an der Bestimmung der Zwecke, Inhalte und Realisierungsformen ihres Engagements wirklich und einflussreich mitzuwirken“ (HEID 1992, S. 106), sind hierbei notwendige und wünschenswerte Zielgrößen. Den Ausgangspunkt für pädagogisch-didaktische, diagnostische sowie technologische Folgestrukturen und -prozesse stellen somit *normativ-funktionale Bezugspunkte* dar, wie sie beispielsweise von BAETHGE, BUSS und LANFER (2003, S. 13 ff.) für Bildungssysteme formuliert wurden: Sicherung der Humanressourcen einer Gesellschaft, Gewährleistung gesellschaftlicher Teilhabe und Chancengleichheit sowie die Entwicklung der individuellen Regulationsfähigkeit (Autonomie).

Ihre *pädagogisch-didaktische Realisierung* erfahren lernförderliche, individualisierte Lehr- und Lernprozesse insbesondere durch den Ansatz des *adaptiven Unterrichtens* als „teaching that arranges environmental conditions to fit learners’ individual differences“ (CORNO/SNOW 1986, S. 621). Adaptiver Unterricht bezieht sich hierbei im Allgemeinen auf die adressatengerechte Adaptation von Aufgabenstellungen (z. B. bzgl. Stoffumfang, Inhaltskomplexität, Zeitaufwand), Unterrichtsmethoden (z. B. Stationenlernen, Freiarbeit, Projektarbeit), Medien (z. B. Texte, Bilder, Computereinsatz), Sozialformen (z. B. Gruppenarbeit, Einzelarbeit) sowie auf den Grad der Unterstützung durch die Lehrperson (z. B. Art und Umfang individueller Strukturierungshilfen) (BÖNSCH 2008; KLAFKI/STÖCKER 1976; PARADIES/LINSER 2013). Vorliegende Studien zur lehrpersonenseitigen Datennutzung zur Planung und Durchführung adaptiver Unterrichtskonzepte zeigen, dass schüler:innenbezogene Daten zum einen der Analyse von lern- und leistungsbezogenen individuellen Stärken und Schwächen, von Verständnisproblemen sowie der Offenlegung von vorhandenen schüler:innenseitigen fachlichen Fehlkonzepten und individuellen Lern- und Lösungsstrategien dienen (z. B. CHA/AHN 2014; ELMAHDI/AL-HATTAMI/FAWZI 2018; LEE/FELDMAN/BEATTY 2012; SCHIFTER/NATARAJAN/KETELHUT/KIRCHGESSNER 2014; SHIRLEY/IRVING 2015; VAN DEN BERG/BOSKER/SUHRE 2018). Derartige Informationen bilden zum anderen die Grundlage für didaktisch-methodische Entscheidungen im Hinblick auf eine leistungsniveaubezogene Anpassung des Unterrichts, was beispielsweise mittels gezielter inhaltlicher Wiederholungen, differenzierter Zuteilungen von Aufgaben mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden, punktueller Erklärungen, schüler:innenindividuellem Feedback, des Lernfortschrittsmonitorings im Zeitverlauf sowie einer Einteilung der Schüler:innen in unterschiedliche Leistungsgruppen mit dem Ziel eines leistungsdif-

ferenzierten Unterrichts erfolgen kann (z. B. FABER/GLAS/VISSCHER 2018; FABER/VISSCHER 2018; FULLER/DAWSON 2017; JAHN/GÖTZL/KETSCHAU 2020; KIPPERS/WOLTERINCK/SCHILDKAMP/POORTMAN/VISSCHER 2018; MCMASTER et al. 2019; SCHIFTER/NATARAJAN/KETELHUT/KIRCHGESSNER 2014; SCHILDKAMP/KARBAUTZKI/VANHOOF 2014).

2.2 Diagnostische Ebene

Nach VAN OPHUYSEN und LINTORF (2013, S. 60) umfasst die *pädagogische Diagnostik* im Allgemeinen „das systematische Sammeln von Informationen mittels vornehmlich sozialwissenschaftlicher, wenngleich unstandardisierter Instrumente sowie deren Analyse und Integration, um professionelles pädagogisches Handeln vorzubereiten und zu unterstützen.“ Die *prozessbezogene pädagogische Diagnostik* im Speziellen hat die Einschätzung von zeit- und bedingungsabhängigen Erlebensqualitäten und Verhaltensweisen von Schüler:innen (z. B. aufgabenbezogene Über-/Unterforderung, situatives Interesse) während des laufenden Unterrichts zum Ziel (AUFSCHNAITER et al. 2015; PAWLIK 1976). Im diagnostischen Sinne beschreibt die *datengestützte Entscheidungsfindung*, als Kontrast zu einer auf Intuition und Beiläufigkeit beruhenden didaktischen Entscheidung, den Prozess, bei dem Lehrkräfte zweckmäßig und geplant unterrichts- sowie schüler:innenbezogene Daten sammeln und analysieren, um auf dieser Basis begründete und reflektierte Entscheidungen im schulischen und unterrichtlichen Kontext zu treffen (DATNOW/HUBBARD 2016; EDELENBOS/KUBANEK-GERMAN 2004; IKEMOTO/MARSH 2007; JIMERSON/WAYMAN 2015; VANLOMMEL/VAN GASSE/VANHOOF/VAN PETEGEM 2017). Lehrpersonen benötigen hierfür insbesondere Kenntnisse und Fertigkeiten, diagnostische Daten zu erfassen und zu verarbeiten sowie diagnostische Informationen über Schüler:innen interpretieren zu können, um auf dieser Grundlage zu einer datengestützten Entscheidungsfindung zu gelangen (ESPIN/SAAB/PAT-EL/BOENDER/VAN DER VEEN 2018; HERITAGE 2007; MANDINACH 2012; WALKINGTON 2013).

Konkrete Frage- bzw. Problemstellungen hinsichtlich situationaler Unterrichtsadaptation erfordern auf *diagnostischer Ebene* die Bildung von Hypothesen, deren Prüfung auf Basis von geeigneten Methoden und Instrumenten sowie eine pädagogisch-didaktische Entscheidung und die Ableitung spezifischer pädagogisch-didaktischer Maßnahmen auf Klassenebene oder zur gezielten Förderung einzelner Schüler:innen (GUMMER/MANDINACH 2015; JÄGER 2006). Als Erfolgssprüfung bietet sich hierbei beispielsweise der sog. Response-to-Intervention (RTI) Ansatz an, welcher als Verhaltens- oder Leistungsänderung als Funktion einer spezifischen Intervention definiert wird (GRESHAM 1991). RTI basiert auf einem Diskrepanzansatz, bei welchem der Unterschied eines betrachteten Merkmals (z. B. Lernstand, Motivation) zwischen Pre- und Postintervention betrachtet wird. Hierbei wird davon ausgegangen, dass es das Ziel einer gewählten Intervention ist, eine gegebene Diskrepanz über einen bestimmten Zeitraum zu reduzieren. Stellt sich trotz der Intervention keine Veränderung ein, kann da-

von ausgegangen werden, dass die gewählte pädagogisch-didaktische Maßnahme nicht zum gewünschten Erfolg geführt hat (GRESHAM 1991; GRESHAM 2002).

2.3 Technologische Ebene

Zur Beschreibung der technologischen Ebene des Rahmenmodells zur Gestaltung technologisch unterstützter adaptiver Lehr- und Lernprozesse werden zunächst allgemeine Eigenschaften formativer Diagnostiksysteme zur Unterstützung pädagogisch-didaktischer sowie diagnostischer Prozesse beschrieben (Abschnitt 2.3.1). Anschließend wird das Vorgehen bei der Sichtung verfügbarer formativer Diagnostiksysteme und deren Funktionen zur Unterstützung einer datengestützten Entscheidungsfindung näher beschrieben (Abschnitt 2.3.2), bevor auf die Funktionskodierung im Rahmen der Systemsichtung (Abschnitt 2.3.3) sowie auf die Ergebnisse der kategorienbasierten Analyse zu Merkmalen verfügbarer Systeme (Abschnitt 2.3.4) eingegangen wird.

2.3.1 Formative Diagnostiksysteme zur Unterstützung pädagogisch-didaktischer sowie diagnostischer Prozesse

Auf *technologischer Ebene* wird bzgl. der Erfassung entsprechender Daten auf Gruppen- oder Individualebene auf Methoden des *formativen Assessments* zurückgegriffen (z. B. HARLEN 2008; SCHÜTZE/SOUVIGNIE/HASSELHORN 2018). Formative Assessments können als Bestandteil der prozessbezogenen pädagogischen Diagnostik angesehen werden und finden während des Lernprozesses nah am alltäglichen Unterrichtsgeschehen statt, wobei Messungen zu mindestens zwei Zeitpunkten durchgeführt werden (SHAVELSON et al. 2008; SÜDKAMP/PRAETORIUS 2017). Der Erfassung von Schüler:innendaten (bspw. Lernstände oder Erlebensqualitäten) folgt die systematische, zielgerichtete und technologisch unterstützte *Aufarbeitung und Analyse* der Daten. Dies stellt wiederum die Basis für diagnostische Entscheidungen sowie pädagogisches Handeln dar, welches entsprechend zu begründen, kontrollieren und ggf. optimieren ist (JÄGER 2006). So sind den Schüler:innen beispielsweise entsprechend dem jeweiligen Lernstand *lernförderliche Rückmeldungen* zu geben und die diagnostischen Informationen können dazu genutzt werden, den Unterricht an die individuellen Bedürfnisse der Lernenden anzupassen bzw. lernförderliche pädagogisch-didaktische Maßnahmen abzuleiten (HERITAGE 2007; LEAHY/LYON/THOMPSON/WILIAM 2005; SCHMIDINGER/HOFMANN/STERN 2015; SCHÜTZE/SOUVIGNIER/HASSELHORN 2018). Formative Assessments sowie die Nutzung der daraus gewonnenen Daten sind in ein pädagogisch-didaktisches sowie schul- und unterrichtsorganisatorisches Gesamtkonzept einzubinden. Hierbei sind verschiedene Interessengruppen (z. B. Schüler:innen, Lehrpersonen), deren Interaktionen sowie curriculare und institutionelle Anforderungen und Regelungen genauso zu berücksichtigen wie technologische Aspekte die Datenerfassung, -speicherung und -analyse betreffend (z. B. Analyse strukturierter so-

wie unstrukturierter Daten, Data Mining) sowie Rückmelde- und Reporting-Funktionen (z. B. via Dashboards) unter Berücksichtigung geltender Datenschutzrichtlinien (IFENTHALER/WIDANAPATHIRANA 2014).

In der Praxis kommen zur Datenerfassung und -analyse technologische Systeme mit entscheidungsunterstützender Funktion zum Einsatz. Hierbei handelt es sich um *computerbasierte Systeme*, welche die Entscheidungsfindung systematisch vorbereiten, indem zum einen relevante Daten erfasst und gespeichert werden und zum anderen relevante Informationen mittels statistischer Auswertungsmethoden verdichtet, verknüpft und beispielsweise mittels Tabellen oder Grafiken strukturiert dargestellt werden (FEHLING/KOLLMANN/LACKES/LEYMANN/SIEPERMANN 2013; KÄRNER/FENZL/WARWAS/SCHUMANN 2019; POWER 2002).

2.3.2 Vorgehen bei der Sichtung verfügbarer formativer Diagnostiksysteme

Um einen Überblick über technische Funktionen formativer Diagnostiksysteme zu erhalten, wurde eine Sichtung verfügbarer Systeme durchgeführt (vgl. LIBERATI et al. 2009). Die Suche erstreckte sich über einen Zeitraum von zwei Monaten (Oktober 2019 bis Dezember 2019). Als Informationsquellen wurden Suchmaschinen sowie Fachdatenbanken (EBSCO host, IEEE Xplore® Digital Library, Fachportal Pädagogik, Google Scholar) und einschlägige Fachzeitschriften sowie Konferenzbände aus dem Bereich „Educational Technology“ (z. B. IEEE Transaction on Learning Technologies, Konferenzbeiträge zur IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies) verwendet. Zum einen wurde nach konkreten Systemen zur Durchführung formativer Assessments gesucht, zum anderen nach wissenschaftlichen Forschungsbeiträgen, in welchen entsprechende Systeme verwendet wurden. Als Suchbegriffe wurden die nachfolgenden Begriffe sowie deren Kombinationen in deutscher und englischer Sprache verwendet: formative Diagnostik (formative assessment), Lernanalytik/Lernanalyse (learning analytics), computerunterstütztes Verfahren (computer-assisted methods), technologiebasiertes Testen (technology-assisted testing).

Im Ergebnis konnten somit zunächst 50 Systeme identifiziert werden. 19 Systeme wurden nach erster Sichtung ausgeschlossen, da sie nicht mehr verfügbar oder nur als Pilotprojekt bzw. Prototyp angelegt waren. Die verbleibenden 31 Systeme wurden entsprechend der folgenden *Ein- bzw. Ausschlusskriterien* genauer gesichtet. Es wurden nur Systeme in die Analyse aufgenommen, deren Dokumentation in deutscher und/oder englischer Sprache verfügbar war. Da der Fokus auf der Anwendung im schulischen bzw. unterrichtlichen Kontext liegt, wurden nur solche Systeme in die Analyse einbezogen, welche explizit für Lehrpersonen konzipiert wurden bzw. die in primären Anwendungen im schulischen bzw. unterrichtlichen Zusammenhang zu finden sind. Weiterhin wurde darauf geachtet, dass nur solche Systeme eingeschlossen werden, mit welchen Tests online durchgeführt sowie Testergebnisse online ausgewertet werden können. Nach Systemsichtung entsprechend den genannten Kriterien verblieben die in Tabelle 1 aufgeführten 22 Systeme, welche einer detaillierten Analyse unterzogen wurden.

Tabelle 1. Übersicht über die gesichteten Systeme

Nr.	Systemname; URL; Datum des letzten Aufrufs der URL	A	B
1.	ALFONS ONLINE; https://alfons.westermann.de/alfons/#/information ; 12.01.2020	1,2,3	2,3
2.	Antolin; https://antolin.westermann.de ; 09.12.2019	1,2,3	2,3
3.	Blackboard Analytics for Learn; https://www.blackboard.com ; 09.12.2019	1,2,3	2,3
4.	Desire2Learn; https://www.d2l.com/de/ ; 08.12.2019	1,2,3	1,3
5.	DIAGNOSER; http://www.diagnoser.com ; 08.12.2019	1,2,3	1,2
6.	DigitalEd; https://www.digitaled.com/platform ; 09.12.2019	1,2,3	1,2
7.	EMU; http://www.unterrichtsdiagnostik.de ; 05.12.2019	1,2	3
8.	Formative; https://goformative.com ; 12.01.2020	1,2	1,2,3
9.	GrafStat; https://www.grafstat.de ; 05.12.2019	1,2	1,3
10.	Grundschule Interaktiv; https://grundschule-interaktiv.westermann.de ; 12.01.2019	1,2,3	2,3
11.	ILLIAS; https://www.ilias.de ; 05.12.2019	1,2,3	1,2
12.	levumi; https://www.levumi.de ; 09.12.2019	1,2,3	1,2,3
13.	moodle; https://moodle.de ; 07.12.2019	1,2,3	2,3
14.	Mylab Stat; https://www.pearsonmylabandmastering.com/northamerica/mystatlab/ ; 10.12.2019	1,2,3	1,3
15.	Plickers; https://get.plickers.com ; 10.01.2020	1,2	1,2,3
16.	quop; https://www.quop.de/de/start/ ; 10.12.2019	1,2,3	1,2,3
17.	Scook; https://www.scook.de ; 09.12.2019	1,2,3	1,2,3
18.	Snappet; https://dasschultablet.de ; 09.12.2019	1,2,3	1,2
19.	Socrative; https://socrative.com ; 08.12.2019	1,2	1,2,3
20.	Westermann-Online Diagnose; https://onlinediagnose.westermann.de ; 09.12.2019	1,2,3	2,3
21.	Westermann-Online Grundschule; https://grundschuldiagnose.westermann.de ; 08.12.2019	1,2,3	1,2,3
22.	Zahlenzorro; https://zahlenzorro.westermann.de ; 12.01.2020	1,2,3	2,3

Hinweis: Kategorie A – Systemfunktionen zur Unterstützung der datengestützten Entscheidungsfindung: A1 – Datenerfassung und Testung, A2 – Datenaufbereitung und -analyse, A3 – Rückmeldung und Förderung; Kategorie B – Systemseitig integrierte Hilfestellungen: B1 – Videobasierte Tutorials, B2 – Persönliche Betreuung, B3 – Schritt-für-Schritt Anleitungen (siehe auch Tabelle 2)



2.3.3 Funktionskodierung im Rahmen der Systemsichtung

Um den Funktionsumfang der eingeschlossenen Systeme entsprechend bewerten zu können, wurden die jeweiligen Systeminformationen aus den Leistungsbeschreibungen der jeweiligen Anbieter bzw. den korrespondierenden Veröffentlichungen entnommen und tabellarisch erfasst. Die Kodierung erfolgte mittels strukturierender Inhaltsanalyse durch das Autorenteam (vgl. MAYRING 2015).

Zur Kodierung der *technologischen Systemfunktionen zur Unterstützung der datengestützten Entscheidungsfindung* wurden die folgenden Funktionen unterschieden (vgl. HERITAGE 2007; LEAHY/LYON/THOMPSON/WILIAM 2005; SCHMIDINGER/HOFMANN/STERN 2015; SCHÜTZE/SOUVIGNIER/HASSELHORN 2018):

- A1. *Datenerfassung und Testung*: Erfassung relevanter Daten mittels unterschiedlicher Abfragetypen (z. B. Multiple/Single Choice Tests, offene Fragen).
- A2. *Datenaufbereitung und -analyse*: Realisierung durch grafisch strukturierte Darstellungen mittels Diagrammen oder Tabellen, zielgerichtete Datenabfragen sowie Aufbereitung und Auswertung von Daten mittels statistischer Methoden.
- A3. *Rückmeldung und Förderung*: Identifikation und Bewertung unterschiedlicher Handlungsalternativen auf Grundlage der Analyseergebnisse (z. B. Zuweisung von Aufgabentypen und -schwierigkeiten in Abhängigkeit individueller Lernstände und -fortschritte, Vergabe von lernförderlichen Zusatzmaterialien, individuelle Rückmeldungen zum aktuellen Lernstand).

Weiterhin gaben die gefundenen Systemfunktionen im Zuge der Sichtung Aufschluss über die folgenden *systemseitig integrierten Hilfestellungen* hinsichtlich der Systemnutzung sowie Datenverarbeitung:

- B1. *Videobasierte Tutorials*: System wird videobasiert vorgestellt und es erfolgt eine visualisierte Informationsaufbereitung, welche die Einarbeitung in das System und dessen Nutzung erleichtern soll.
- B2. *Persönliche Betreuung*: Individuelle Betreuung und Beratung, z. B. durch E-Mail-Ansprechpartner, Schulberater:innen, Live-Kunden-Support, Schulungen oder Webinare.
- B3. *Schritt-für-Schritt-Anleitungen*: Einzelne Systemanwendungen werden Schritt für Schritt erklärt, z. B. mittels dokumentierter Frequently Asked Questions oder Bedienungsanleitungen.

Die nachfolgende Tabelle 2 beinhaltet die zugrundeliegenden Kategorien sowie entsprechende Beispiele mit den jeweiligen Systemnamen in Klammern.



Tabelle 2. Funktionskodierung

<i>Kategorie A – Systemfunktionen zur Unterstützung der datengestützten Entscheidungsfindung</i>	
Datenerfassung und Testung	Einstiegstests, Zwischentests, Abschlusstests online verfügbar und individuell anpassbar (Westermann-Online Grundschule)
Datenaufbereitung und -analyse	Statistiken zur Analyse der Leseentwicklung und zur gezielten Leseförderung (Antolin)
Rückmeldung und Förderung	Interaktives Lernmaterial sowie personenspezifische Aufgabenschwierigkeiten für jede/n Schüler:in (Snappet)
<i>Kategorie B – Systemseitig integrierte Hilfestellungen</i>	
Videobasierte Tutorials	Ausführliches Tutorial bei der Erstellung von Fragebögen (GrafStat)
Persönliche Betreuung	Individuelle fachliche, technische und wissenschaftliche Betreuung per E-Mail sowie telefonisch nach vorheriger Terminvereinbarung (quop)
Schritt-für-Schritt Anleitungen	Schritt-für-Schritt Anleitungen, teilweise mit Bildmaterial unterstützt (Socrative)

Abgesehen von den aufgeführten inhaltsspezifischen Kategorien wurden die Systeme hinsichtlich ihrer *deskriptiven Merkmale* (Herkunftsland, Sprache, Fachbezug und Schultart) kategorisiert und beschrieben.

2.3.4 Merkmale verfügbarer Systeme

Betrachtet man die deskriptiven Systemmerkmale ist festzustellen, dass 13 Systeme in Deutschland sowie sieben Systeme in den USA bzw. Kanada entwickelt wurden und jeweils ein System aus Australien bzw. Spanien stammt (siehe Tabelle 3). Hinsichtlich des jeweiligen Fachbezugs zeigt sich, dass zwölf Systeme für den Einsatz in schulischen Hauptfächern (insb. Deutsch, Mathematik, Englisch, Naturwissenschaften) ausgelegt sind, wobei systemseitig entsprechende fachbezogene Tests und Aufgaben verfügbar sind. Zehn Systeme lassen es zu, dass Fragebögen, Tests und Aufgaben von den Anwendern frei konfiguriert werden können, was einerseits die Flexibilität erhöht, andererseits jedoch eine standardisierte Testung erschwert. Bezüglich der Schultart zeigt sich, dass zehn Systeme für den Einsatz in der Grundschule ausgelegt, zehn Systeme für den Einsatz in der Sekundarstufe I & II konzipiert und sechs Systeme nicht auf eine spezifische Schultart festgelegt sind. Keines der gefundenen Systeme wurde speziell für den berufsschulischen Bereich entwickelt.

Tabelle 3. Deskriptive Systemmerkmale

Nr.	System	Herkunftsland	Sprache(n)	Fachbezug	Schulart
1.	ALFONS ONLINE	Deutschland	Deutsch	Deutsch, Mathematik, Englisch	Grundschule
2.	Antolin	Deutschland	Deutsch	Deutsch, Englisch, Li- teratur, Leseverstehen	Grundschule, Sekun- darstufe I
3.	Blackboard	USA	11 verschiedene Sprachen	Aufgaben können selbst erstellt werden	Grundschule, Sekun- darstufe I & II
4.	Desire2Learn	Kanada, USA	Englisch, Spa- nisch, Portugie- sisch, Deutsch	Aufgaben können selbst erstellt werden	Sekundarstufe I & II
5.	DIAGNOSER	USA	Englisch	Naturwissenschaften, Mathematik	Sekundarstufe I & II
6.	DigitalED	Kanada, USA	Englisch	Naturwissenschaft, Technik, Ingenieurwe- sen, Mathematik	Sekundarstufe II, Uni- versitäten
7.	EMU	Deutschland	Deutsch, Eng- lisch, Portugie- sisch, Japanisch, Vietnamesisch	Fragebögen u. Tests jeglicher Art	jede Schulart
8.	Formative	USA	Englisch	Aufgaben können selbst erstellt werden	jede Schulart
9.	GrafStat	Deutschland	Deutsch	Fragebögen u. Tests jeglicher Art	jede Schulart
10.	Grundschule Interaktiv	Deutschland	Deutsch	Mathematik, Deutsch	Grundschule
11.	ILIAS	Deutschland	Englisch, Deutsch	Aufgaben können selbst erstellt werden	jede Schulart
12.	levumi	Deutschland	Deutsch	Deutsch, Mathematik, Deutsch als Zweit- sprache	Grundschule, Sekun- darstufe I
13.	moodle	Australien	in mehr als 100 Sprachen verfügbar	Aufgaben können selbst erstellt werden	jede Schulart
14.	MyLabStat	USA	Englisch	überwiegend Mathe- matik, aber auch frei erstellbar	Sekundarstufe I & II, Universitäten
15.	Plickers	USA	Englisch	Aufgaben können selbst erstellt werden	Grundschule, Sekun- darstufe I & II
16.	quop	Deutschland	Deutsch	Lesen, Mathematik, Englisch	Lesen und Mathematik Klasse 1–6, Englisch 5–6
17.	Scook	Deutschland	Deutsch	Deutsch, Mathematik, Englisch	Sekundarstufe I
18.	Snappet	Deutschland	Deutsch	Deutsch, Mathematik, Deutsch als Zweit- sprache	Grundschule

Nr.	System	Herkunftsland	Sprache(n)	Fachbezug	Schulart
19.	Socrative	Spanien	in 14 Sprachen verfügbar	Aufgaben können selbst erstellt werden	jede Schulart
20.	Westermann Online Diagnose	Deutschland	Deutsch	Deutsch, Mathematik, Englisch	Sekundarstufe I
21.	Westermann-Online Grundschule	Deutschland	Deutsch	Deutsch, Mathematik	Grundschule Klasse 2-4
22.	Zahlenzorro	Deutschland	Deutsch	Mathematik	Grundschule

Entsprechend der jeweiligen systemseitigen Funktionskonfigurationen weisen 17 Systeme alle drei Funktionstypen zur Unterstützung der datengestützten Entscheidungsfindung auf (siehe Tabelle 1, Kategorie A). Fünf Systeme beinhalten Funktionen zur Datenerfassung und Testung sowie zur Datenaufbereitung und -analyse, jedoch keine zur Rückmeldung und Förderung. Jedes der gesichteten Systeme weist mindestens eine Art von integrierter Hilfestellung auf. Die Ergebnisse der kategorienbasierten Häufigkeitsanalyse der Systemfunktionen finden sich in Tabelle 4.

Tabelle 4. Systemfunktionen

Kategorie	H	%
<i>Funktionen zur Unterstützung der datengestützten Entscheidungsfindung</i>		
A1. Datenerfassung und Testung	22	26.2
A2. Datenaufbereitung und -analyse	40	47.6
A3. Rückmeldung und Förderung	22	26.2
<i>Systemseitige integrierte Hilfestellungen</i>		
B1. Videobasierte Tutorials	14	22.2
B2. Persönliche Betreuung	26	41.3
B3. Schritt-für-Schritt Anleitungen	23	36.5

In der Detailbetrachtung finden sich insgesamt 22 (26.2%) Funktionen, welche der *Datenerfassung und Testung* dienen und damit auf diagnostischer Ebene die Auswahl möglicher Methoden bedingen und die systematische Informationssammlung unterstützen. Die betreffenden Systemfunktionen beinhalten u. a. die Möglichkeit der freien Definition von Tests und Aufgaben (z. B. Blackboard, Formative), standardisierte fachbezogene Testformate (z. B. Snappet, Westermann-Online Diagnose) sowie die Verwendung unterschiedlicher Abfrageformate (z. B. True/False, Multiple Choice; Socrative). 40 (47.6%) Funktionen, beziehen sich auf die *Datenaufbereitung und -analyse*, welche auf diagnostischer Ebene die Hypothesenprüfung als Basis des diagnostischen Urteils und der pädagogisch-didaktischen Entscheidungsfindung unterstützen. Die betreffenden Funktionen zielen hierbei u. a. auf statistische Auswertungen zu Lernfortschrittskontrollen und Lernverlaufs- bzw. Trendanalysen (z. B. Antolin, Snappet, levumi), normierte Vergleichswerte der jeweiligen Klassen bzw. Altersstufen als objek-

tive Vergleichsmaßstäbe (z. B. quop), tabellarische Möglichkeiten zur Visualisierung der Testergebnisse (z. B. EMU), gruppenbezogene sowie schüler:innenindividuelle Auswertungen (z. B. ILIAS, Desire2Learn, Formative), standardisierte Berichtsausgaben (z. B. DIAGNOSER) sowie auf grafisch übersichtliche Informationsdarstellungen mittels Dashboard-Funktionen (z. B. Desire2Learn) ab. 22 (26.2 %) Systemfunktionen dienen der *Rückmeldung und Förderung*, welche auf diagnostischer Ebene die Ableitung pädagogisch-didaktischer Maßnahmen und deren Erfolgsprüfung unterstützen. Hierbei finden sich u. a. (interaktive) Lernmaterialien und Arbeitsblätter, welche teils automatisiert vom System (z. B. Snappet, levumi), teils von den Lehrpersonen manuell bereitgestellt werden (z. B. ILIAS, moodle, Blackboard), Praxistipps zur differenzierten Unterrichtsgestaltung (z. B. Antolin), individuelle Fördermappen und lernstandsbezogene Materialempfehlungen (z. B. Westermann-Online Grundschule, Scook) sowie Möglichkeiten der differenzierten Aufgabenzuweisung (z. B. MyLabStat, Snappet).


Hinsichtlich der gefundenen Funktionen zu systemseitigen integrierten Hilfestellungen zeigen sich 14 (22.2 %) Funktionen, welche auf den Einsatz *videobasierter Tutorials* bzw. *Informationsfilme* (z. B. Formative, Snappet, Westermann-Online Grundschule) verweisen. 26 (41.3 %) der gefundenen Systemfunktionen zielen auf die *persönliche Betreuung* ab, was u. a. E-Mail-Ansprechpartner (z. B. Antolin, Blackboard, Plickers), Schulungen für Lehrkräfte und Workshops (z. B. Snappet, moodle), die Möglichkeit telefonischer Beratungsgespräche bzw. Servicehotlines (z. B. quop, Westermann-Online Diagnose), Webinare (z. B. Scook) sowie Diskussions- und Supportforen (z. B. ILIAS) beinhaltet. 23 (36.5 %) Funktionen dienen *Schritt-für-Schritt-* sowie Kurz- bzw. *Bedienungsanleitungen* (z. B. Antolin, Westermann-Online Diagnose, EMU, Socrative), interaktiven *Testzugängen* (z. B. ALFONS ONLINE) oder der Bereitstellung von *FAQs* (z. B. quop, Scook).

3. Zusammenfassende Diskussion und Ausblick

Ausgehend von einem Rahmenmodell zur Gestaltung technologisch unterstützter adaptiver Lehr- und Lernprozesse wurden Implikationen auf pädagogisch-didaktischer, diagnostischer sowie technologischer Ebene beschrieben. Letzterer Aspekt wurde gestützt mit den Ergebnissen einer Sichtung verfügbarer Systeme und deren Funktionen zur Unterstützung der datengestützten Entscheidungsfindung von Lehrpersonen. Wie die Sichtung verfügbarer Systeme zeigt, weisen alle gefundenen Systeme Funktionen zur Datenerfassung und Testung sowie zur Datenaufbereitung und -analyse auf (siehe Tabelle 1). Diese erscheinen geeignet, auf diagnostischer Ebene lehrpersonenseitige Handlungen zu unterstützen, welche die Methodenauswahl und systematische Informationssammlung, die Hypothesenprüfung, das diagnostische Urteil und eine pädagogisch-didaktische Entscheidungsfindung sowie die Ableitung pädagogisch-didaktischer Maßnahmen und deren Erfolgsprüfung betreffen. Entsprechende Prozessschritte auf diagnostischer Ebene dienen hierbei wiederum der Unterstützung lehrpersonenseitiger Entscheidungen und Handlungen auf pädagogisch-didaktischer Ebene die Gestaltung

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 Stein  Stuttgart 2021

adaptiver Lehr- und Lernprozesse betreffend. Die in insgesamt 17 Systemen gefundenen Rückmeldefunktionen, im Sinne der Identifikation und Bewertung unterschiedlicher Handlungsalternativen auf Grundlage der Analyseergebnisse, beziehen sich auf pädagogisch-didaktischer Ebene jedoch weitestgehend auf *inhaltliche Aspekte* eines adaptiven Unterrichts (z. B. schwierigkeitsvariierende Lernmaterialien und Arbeitsblätter oder differenzierte Aufgabenzuweisung). Unberücksichtigt bleiben hierbei vermehrt *unterrichtsmethodische bzw. didaktische Aspekte* (z. B. Empfehlungen bzgl. Adaptationen in Sozialformen, fachdidaktischen Methoden oder Medien), deren adressatengerechte Variation jedoch einen wichtigen Bestandteil einer adaptiven Unterrichtsgestaltung darstellt.

Wenngleich verfügbare formative Assessmentsysteme hinsichtlich der Variablen- bzw. Aufgabendefinition oft frei konfigurierbar sind (siehe Tabelle 3), so zeigt die Forschungs- und Unterrichtspraxis, dass überwiegend *leistungs- bzw. wissensbezogene Schüler:innenvariablen* gemessen und als Grundlage pädagogisch-didaktischer Entscheidungen herangezogen werden (z. B. CHA/AHN 2014; FULLER/DAWSON 2017; LEE/FELDMAN/BEATTY 2012; SCHIFTER/NATARAJAN/KETELHUT/KIRCHGESSNER 2014; SHIRLEY/IRVING 2015). Ansätze, welche neben leistungsbezogenen auch *emotional-motivationale Lernendenmerkmale bzw. -zustände* im Zusammenhang mit der lehrpersonenseitigen datengestützten unterrichtsbezogenen Entscheidungsfindung in den Blick nehmen, stellen derzeit noch die Ausnahme dar (z. B. FABER/LUYTEN/VISSCHER 2017). Weiterhin ist festzustellen, dass die schüler:innenseitige „Heterogenität“ – die i. d. R. den Ausgangspunkt für Überlegungen hinsichtlich adaptiver bzw. bindendifferenzierter Unterrichtskonzeptionen darstellt – diagnostisch bisher meist über die *gruppenbezogene Streuung* bzgl. Leistungsmerkmalen (bspw. Standardabweichung der individuellen Schüler:innentestleistungen in einer Klasse; z. B. DENN/HESS/LIPOWSKY 2017; EVERTSON/ANDERSON/BROPHY 1978; SCHARENBERG/ROLLETT/BOS 2015) oder über *Häufigkeitsausprägungen* eines interessierenden Merkmals (bspw. Prozentanteil der Schüler:innen mit Migrationshintergrund in einer Klasse; z. B. AGIRDAG/VAN AVERMAET/VAN HOUTTE 2013; FREEMAN/BROOKHART/LOADMAN 1999; GLOCK/KOVACS/PIT-TEN CATE 2018; MCKOWN/WEINSTEIN 2008; SCHUMANN/KÄRNER/MAUÉ 2018; TATAR/HORENCZYK 2003; VERVAET/VAN HOUTTE/STEVENS 2018) abgebildet wurde.

Bei einer, wie in dem vorgestellten Rahmenmodell (siehe Abbildung 1) beschriebenen, hypothesengeleiteten diagnostischen Vorgehensweise hinsichtlich einer adaptiven Unterrichtsgestaltung erscheint daher auf pädagogisch-didaktischer Ebene ein *erweitertes Verständnis von Heterogenität* erforderlich, welches auf diagnostischer sowie technologischer Ebene entsprechend abzubilden ist. Ausgehend von dem allgemeinen Person-Situation-Interaktionsparadigma, nach welchem Erleben und Verhalten aus der Wechselwirkung zwischen Person und Situation resultieren (z. B. KÄRNER/KÖGLER 2016; KÄRNER/SEMBILL/ASSMANN/FRIEDERICHS/CARSTENSEN 2017), lassen sich zumindest die drei folgenden *Heterogenitätsquellen* identifizieren:

- (1) *Interindividuelle Variabilität* zwischen den Lernenden innerhalb einer Klasse (z. B. unterschiedliche kognitive Fähigkeiten, Wissensstände oder emotional-motivationale Dispositionen);
- (2) *intraindividuelle Variabilität* innerhalb der Lernenden (z. B. zeitlich variierende Progressionsraten im Wissens- und Fähigkeitserwerb oder in der fachbezogenen Interessenentwicklung);
- (3) und *Variabilität in den Wechselwirkungen* zwischen Lernendenmerkmalen sowie -zuständen und Merkmalen des schulischen Lehr-Lernarrangements (z. B. situative Ängstlichkeit in Abhängigkeit von Sozialform und personenspezifischer Introversionsausprägung) (KÄRNER/WARWAS/SCHUMANN 2021).

Um Lehrpersonen bei der adressatengerechten Adaptation des Unterrichts unter Berücksichtigung der genannten Heterogenitätsdimensionen technologisch-diagnostisch zu unterstützen, sind entsprechende Systemfunktionen zur Erfassung und Analyse von Daten zu implementieren. Einen Prototyp einer entsprechenden Software stellt das *Teachers' Diagnostic Support System* (TDSS) dar (KÄRNER/WARWAS/SCHUMANN 2021). Dieses ermöglicht die *Datenerfassung und -speicherung* von

- (1) Informationen über personenbezogene, relativ zeitstabile Lernendenmerkmale (z. B. emotional-motivationale Dispositionen, kognitive Grundfähigkeiten);
- (2) Informationen über Unterrichtsmerkmale im Zeitverlauf (z. B. zeitliche Fluktuationen in Sozialformen oder eingesetzten Medien);
- (3) sowie Informationen über die Lernerfahrungen und Lernfortschritte der Lernenden im Zeitverlauf (z. B. situatives Interesse an den Lerninhalten, aktuelles Wissen zum Thema, wahrgenommene Partizipationsmöglichkeiten).

Entsprechend des oben beschriebenen Verständnisses schüler:innenseitiger Heterogenität umfassen korrespondierende *datenanalytische Systemfunktionen* Auswertungen

- (1) zur *interindividuellen Variabilität* zwischen den Lernenden innerhalb einer Klasse (z. B. Streuungsmaße bzgl. des Fachwissens);
- (2) zur *intraindividuellen Variabilität* innerhalb der Lernenden (z. B. Motivation zu unterschiedlichen Zeitpunkten);
- (3) zur *Variabilität von Instruktionsmerkmalen* (z. B. Variabilität der Unterrichtsmethoden im Zeitverlauf);
- (4) sowie zu *Wechselwirkungen zwischen Lernenden und Instruktionsmerkmalen* (z. B. Wissensstände der Lernenden in Abhängigkeit unterschiedlicher unterrichtsmethodischer Variationen).

Ein tieferes Verständnis bzgl. der komplexen Wechselwirkungen zwischen relativ zeitstabilen Lernendenmerkmalen (sog. Traits), Erlebens- und Verhaltenszuständen (sog. States) und sich zeitlich verändernden Kontextbedingungen bzw. -merkmalen scheint für ein möglichst ganzheitliches Verständnis von berufsschulischem Lehren und Lernen sowie für die Identifikation entscheidender Aspekte für eine evidenzbasierte Gestaltung und Umsetzung von berufsschulischen Lehr- und Lernarrangements unerlässlich

zu sein. In der Wechselbeziehung zwischen pädagogisch-didaktischer, diagnostischer und technologischer Ebene kann insbesondere lernprozessbegleitender Diagnostik hierbei ein wichtiger Stellenwert zugeschrieben werden. Im Hinblick auf die hochfrequente Erfassung von Personen- und Kontextinformationen könnte sich die zukünftige Forschung somit auf eine *multidimensionale Kartierung* lernbezogener Kontextbedingungen und auf eine Analyse entsprechender Effekte auf personenbezogene Outcomes (z. B. Lernerfolg, Wohlbefinden, Angstreduktion) konzentrieren. Entsprechende Forschungsergebnisse könnten schließlich in empirisch validierten *multidimensionalen Karten* münden, welche die Antezedenzen und Effekte von humanen und lernförderlichen Lehr-Lernarrangements charakterisieren (vgl. KÄRNER in Vorbereitung; KÄRNER et al. 2017; SEMBILL/KÄRNER 2020). Ausgangs- und Endpunkt sind in jedem Fall *normativ-funktionale Bezugspunkte und Zielgrößen*, welche nachfolgende Lernziele und Erfolgskriterien und Gestaltungsmerkmale von Lehr- und Lernprozessen bedingen sowie letztendlich für diagnostische Maßnahmen und für technologische Entwicklungen den Rahmen vorgeben, und die es vorab (!) zu klären und definieren gilt (KÄRNER/SEMBILL 2021; SEMBILL 2019; SEMBILL/KÄRNER 2020).

Literatur

- ACHTENHAGEN, F. (2012). The curriculum-instruction-assessment triad. *Empirical research in vocational education and training*, 4(1), 5–25.
- AGIRDAG, O. / VAN AVERMAET, P. / VAN HOUTTE, M. (2013). School segregation and math achievement: a mixed-method study on the role of self-fulfilling prophecies. *Teachers College Record*, 115(3), 1–50.
- AUFSCHNAITER, C. v. / CAPPELL, J. / DÜBBELDE, G. / ENNEMOSER, M. / MAYER, J. / STIENSMEIER-PELSTER, J., et al. (2015). Diagnostische Kompetenz. Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 61(5), 738–758.
- BACH, A. / SCHAUB, Ch. (2020). Inklusion und Heterogenität in der bautechnischen Berufsbildung. Ein Beitrag zur theoretischen Fundierung und domänenspezifischen Analyse. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 116(4), 578–613.
- BAETHGE, M. / BUSS, K.-P. / LANFER, C. (2003). *Konzeptionelle Grundlagen für einen Nationalen Bildungsbericht: Berufliche Bildung und Weiterbildung/Lebenslanges Lernen*. http://www.sofi-goettingen.de/fileadmin/user_upload/Nationaler_Bildungsbericht.pdf, abgerufen am 07.02.2021.
- BLACK, P. / WILIAM, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7–74.
- BÖNSCH, M. (2008). *Intelligente Unterrichtsstrukturen. Eine Einführung in die Differenzierung*. Hohengehren: Schneider.
- BRÜHWILER, C. / BLATCHFORD, P. (2011). Effects of class size and adaptive teaching competency on classroom processes and academic outcome. *Learning and Instruction*, 21(1), 95–108.
- CHA, H.J. / AHN, M.L. (2014). Development of design guidelines for tools to promote differentiated instruction in classroom teaching. *Asia Pacific Education Review*, 15(4), 511–523.
- CORNO, L. / SNOW, R.E. (1986). Adapting teaching to individual differences among learners. In M. C. WITTRICK (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 605–629). New York, NY: Mac-Millan.
- DATNOW, A. / HUBBARD, L. (2016). Teacher capacity for and beliefs about data-driven decision making: A literature review of international research. *Journal of Educational Change*, 17(1), 7–28.

- DENN, A.-K. / HESS, M. / LIPOWSKY, F. (2017). Hängen das Leistungsniveau und die Leistungsheterogenität von Grundschulklassen mit dem Anteil lehrerzentrierter Unterrichtsphasen im Deutsch- und Mathematikunterricht zusammen? Ergebnisse der PERLE-Studie. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 10(1), 162–176.
- DUNN, K. E. / MULVENON, S. W. (2009). A critical review of research on formative assessment: The limited scientific evidence of the impact of formative assessment in education. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 14(7), 1–11.
- EDELENBOS, P. / KUBANEK-GERMAN, A. (2004). Teacher assessment: the concept of ‚diagnostic competence‘. *Language Testing*, 21(3), 259–283.
- ELMAHDI, I. / AL-HATTAMI, A. / FAWZI, H. (2018). Using Technology for Formative Assessment to Improve Students' Learning. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 17(2), 182–188.
- ESPIN, C. A. / SAAB, N. / PAT-EL, R. / BOENDER, P. D. M. / VAN DER VEEN, J. (2018). Curriculum-Based Measurement progress data: Effects of graph pattern on ease of interpretation. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 21(4), 767–792.
- EVERTSON, C. / ANDERSON, L. / BROPHY, J. (1978). *The Texas Junior High School Study: Final report of process-outcome relationships*. Austin: Research and Development Center for Teacher Education, The University of Texas at Austin.
- FABER, J. M. / GLAS, C. A. W. / VISSCHER, A. J. (2018). Differentiated instruction in a data-based decision-making context. *School Effectiveness and School Improvement*, 29(1), 43–63.
- FABER, J. M. / LUYTEN, H. / VISSCHER, A. J. (2017). The effects of a digital formative assessment tool on mathematics achievement and student motivation: Results of a randomized experiment. *Computers & Education*, 106, 83–96.
- FABER, J. M. / VISSCHER, A. J. (2018). The effects of a digital formative assessment tool on spelling achievement: Results of a randomized experiment. *Computers & Education*, 122, 1–8.
- FEHLING, C. / KOLLMANN, T. / LACKES, R. / LEYMAN, F. / SIEPERMANN, M. (2013). *Kompakt-Lexikon Wirtschaftsinformatik. 1.500 Begriffe nachschlagen, verstehen, anwenden*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- FREEMAN, D. J. / BROOKHART, S. M. / LOADMAN, W. E. (1999). Realities of teaching in racially / ethnically diverse schools: Feedback from entry level teachers. *Urban Education*, 34(1), 89–114.
- FULLER, J. / DAWSON, K. M. (2017). Student Response Systems for Formative Assessment Literature-Based Strategies and Findings from a Middle School Implementation. *Contemporary Educational Technology*, 8(4), 370–389.
- GLOCK, S. / KOVACS, C. / PIT-TEN CATE, I. (2018). Teachers' attitudes towards ethnic minority students: Effects of schools' cultural diversity. *British Journal of Educational Psychology*, 89(4), 616–634.
- GRESHAM, F. M. (1991). Conceptualizing behavior disorders in terms of resistance to intervention. *School Psychology Review*, 20(1), 23–36.
- GRESHAM, F. M. (2002). Responsiveness to Intervention: An Alternative Approach to the Identification of Learning Disabilities. In R. BRADLEY / L. DANIELSON / D. P. HALLAHAN (Eds.), *Identification of Learning Disabilities: Research to Practice* (pp. 467–519). Mahwah: Erlbaum.
- GUMMER, E. / MANDINACH, E. B. (2015). Building a conceptual framework for data literacy. *Teachers College Record*, 117(4), 1–22.
- HARLEN, W. (2008). Editor's introduction. In W. HARLEN (Ed.), *Student Assessment and Testing* (pp. 19–46). London: SAGE.
- HEID, H. (1992). Was „leistet“ das Leistungsprinzip? *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 88(2), 91–108.
- HEINRICHS, K. / REINKE, H. (Hrsg.) (2019). *Heterogenität in der beruflichen Bildung im Spannungsfeld zwischen Erziehung, Förderung und Fachausbildung*. Bielefeld: wbv.

- HELMKE, A. / HELMKE, T. / LENSKE, G. / PHAM, G. / PRAETORIUS, A.-K. / SCHRADER, F.-W. / ADE-THUROW, M. (2018). *Unterrichtsdiagnostik mit EMU – Evidenzbasierte Methoden der Unterrichtsdiagnostik*. http://www.unterrichtsdiagnostik.de/media/files/Broschuere_Version_7.0.pdf, abgerufen am 30.03.2020.
- HERITAGE, M. (2007). Formative assessment: What do teachers need to know and do? *Phi Delta Kappan*, 89, 140–145.
- IFENTHALER, D. / WIDANAPATHIRANA, C. (2014). Development and validation of a learning analytics framework: Two case studies using support vector machines. *Technology, Knowledge and Learning*, 19(1–2), 221–240.
- IKEMOTO, G. S. / MARSH, J. A. (2007). Cutting through the data driven mantra: Different conceptions of data-driven decision making. In P. A. MOSS (Ed.), *Evidence and decision making* (pp. 105–131). Chicago: National Society for the Study of Education.
- JÄGER, R. S. (2006). Diagnostische Aufgaben und Kompetenzen von Lehrkräften. In K.-H. ARNOLD / U. SANDFUCHS / J. WIEHMANN (Hrsg.), *Handbuch Unterricht* (S. 631–638). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- JAHN, R. W. / GÖTZL, M. / KETSCHAU, T. J. (2020). Lernen in variablen Clustern. Zur differenzierenden und empirisch fundierten Gruppierung von Lernenden. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 116(4), 549–577.
- JIMERSON, J. B. / WAYMAN, J. C. (2015). Professional learning for using data: Examining teacher needs and supports. *Teachers College Record*, 117(4), 1–36.
- KÄRNER, T. (in Vorbereitung). Psychophysiological assessment of workplace stress via cortisol measures and cardiovascular markers. In M. GOLLER / E. KYNDT / S. PALONIEMI / C. DAMSA (Eds.), *Methods for researching professional learning and development: Challenges, applications and empirical illustrations*. Dordrecht: Springer.
- KÄRNER, T. / FENZL, H. / WARWAS, J. / SCHUMANN, S. (2019). Digitale Systeme zur Unterstützung von Lehrpersonen – Eine kategoriengeleitete Sichtung generischer und anwendungsspezifischer Systemfunktionen. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 115(1), 39–65.
- KÄRNER, T. / HÖNING, J. (2021). Teachers' experienced classroom demands and autonomic stress reactions: Results of a pilot study and implications for process-oriented research in vocational education and training. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 13:8. <https://doi.org/10.1186/s40461-021-00113-3>.
- KÄRNER, T. / KÖGLER, K. (2016). Emotional states during learning situations and students' self-regulation: process-oriented analysis of person-situation interactions in the vocational classroom. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 8:12. <https://doi.org/10.1186/s40461-016-0038-8>.
- KÄRNER, T. / REINKE, H. / FRIM, A. / HEINRICHS, K. (2019). Innere Differenzierung im Unterricht mit jugendlichen Asylsuchenden und Geflüchteten aus der Sicht von Lehrpersonen. In E. Wittmann / D. Frommberger / U. Weyland (Hrsg.), *Jahrbuch der berufs- und wirtschaftspädagogischen Forschung 2019* (S. 59–74). Berlin: Budrich.
- KÄRNER, T. / RÖHRIG, F. / WARWAS, J. (2020). Situative Anforderungscharakteristika lernprozessbegleitender Diagnostik im Unterricht: Systematisches Literaturreview und Fragebogenentwicklung. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 116(4), 643–676.
- KÄRNER, T. / SEMBILL, D. (2021). Berufsbildungsforschung – Geldverschwendung oder Innovationsmotor? In K. Beck / F. Oser (Hrsg.), *Resultate und Probleme der Berufsbildungsforschung – Festschrift für Susanne Weber* (S. 245–264). Bielefeld: wbv.
- KÄRNER, T. / SEMBILL, D. / ASSMANN, C. / FRIEDERICHS, E. / CARSTENSEN, C. H. (2017). Analysis of person-situation interactions in educational settings via cross-classified multilevel longitudinal modelling: illustrated with the example of students' stress experience. *Frontline Learning Research*, 5(1), 16–42. <http://dx.doi.org/10.14786/flr.v5i1.137>.

- KÄRNER, T. / WARWAS, J. / KRANNICH, M. / WEICHSLER, N. (2021). How does information consistency influence prospective teachers' decisions about differentiated task assignments? A within-subject experiment to explain data-based decision-making in heterogeneous classes. *Learning and Instruction*, 74(3), 101440.
- KÄRNER, T. / WARWAS, J. / SCHUMANN, S. (2021). A Learning Analytics Approach to Address Heterogeneity in the Classroom: The Teachers' Diagnostic Support System. *Technology, Knowledge and Learning*, 26(1), 31–52.
- KINGSTON, N. / NASH, B. (2011). Formative assessment: A meta-analysis and a call for research. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 30(4), 28–37.
- KIPPERS, W. B. / WOLTERINCK, C. H. D. / SCHILDKAMP, K. / POORTMAN, C. L. / VISSCHER, A. J. (2018). Teachers' views on the use of assessment for learning and data-based decision making in classroom practice. *Teaching and Teacher Education*, 75, 199–213.
- KLAFKI, W. / STÖCKER, H. (1976). Innere Differenzierung des Unterrichts. *Zeitschrift für Pädagogik*, 22, 497–523.
- KRANNICH, M. / GOETZ, T. / LIPNEVICH, A. A. / BIEG, M. / ROOS, A.-L. / BECKER, E. S. / MORGNER, V. (2019). Being over- or underchallenged in class: Effects on students' career aspirations via academic self-concept and boredom. *Learning and Individual Differences*, 69, 206–218.
- LEAHY, S. / LYON, C. / THOMPSON, M. / WILIAM, D. (2005). Classroom assessment: Minute-by-minute and day-by-day. *Educational Leadership*, 63(3), 19–24.
- LEE, H. / FELDMAN, A. / BEATTY, I. D. (2012). Factors that Affect Science and Mathematics Teachers' Initial Implementation of Technology-Enhanced Formative Assessment Using a Classroom Response System. *Journal of Science Education and Technology*, 21(5), 523–539.
- LIBERATI, A. / ALTMAN, D. G. / TETZLAFF, J. / MULROW, C. / GÖTZSCHE, P. C. / IOANNIDIS, J. P. A. / CLARKE, M. / DEVEREAUX, P. J. / KLEIJNEN, J. / MOHER, D. (2009). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLoS Med*, 6(7), e1000100.
- MAIER, U. (2010). Formative Assessment – Ein erfolgversprechendes Konzept zur Reform von Unterricht und Leistungsmessung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 13(2), 293–308.
- MANDINACH, E. B. (2012). A perfect time for data use: Using data-driven decision making to inform practice. *Educational Psychologist*, 47, 71–85.
- MAYRING, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz.
- MCKOWN, C. / WEINSTEIN, R. S. (2008). Teacher expectations, classroom context, and the achievement gap. *Journal of School Psychology*, 46(3), 235–261.
- MCMASTER, K. L. / LEMBEKE, E. S. / SHIN, J. / POCH, A. L. / SMITH, R. A. / JUNG, P.-G. / ALLEN, A. A. / WAGNER, K. (2019). Supporting teachers' use of data-based instruction to improve students' early writing skills. *Journal of Educational Psychology*, 112(1) 1–21.
- PARADIES, L. / LINSER, H. J. (2013). *Differenzieren im Unterricht*. Berlin: Cornelsen.
- PAWLIK, K. (1976). Modell- und Praxisdimensionen psychologischer Diagnostik. In K. PAWLIK (Hrsg.), *Diagnose der Diagnostik: Beiträge zur Diskussion der psychologischen Diagnostik in der Verhaltensmodifikation* (S. 13–43). Stuttgart: Klett.
- POWER, D. J. (2002). *Decision support systems: concepts and resources for managers*. Westport: Quorum Books.
- RAUSCH, A. / KÖGLER, K. / SEIFRIED, J. (2019). Validation of Embedded Experience Sampling (EES) for Measuring Non-cognitive Facets of Problem-Solving Competence in Scenario-Based Assessments. *Frontiers in Psychology*, 10, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01200>.
- SCHARENBERG, K. / ROLLETT, W. / BOS, W. (2015). Stehen Merkmale der Klassenkomposition in einem Zusammenhang mit dem Beanspruchungsempfinden von Grundschullehrkräften? *Unterrichtswissenschaft*, 43(2), 101–119.
- SCHIFTER, C. C. / NATARAJAN, U. / KETELHUT, D. J. / KIRCHGESSNER, A. (2014). Data-Driven Decision Making: Facilitating Teacher Use of Student Data to Inform Classroom Instruction. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 14(4), 419–432.

- SCHILDKAMP, K. / KARBAUTZKI, L. / VANHOOF, J. (2014). Exploring data use practices around Europe: Identifying enablers and barriers. *Studies in Educational Evaluation*, 42, 15–24.
- SCHMIDINGER, E. / HOFMANN, F. / STERN, T. (2015). Leistungsbeurteilung unter Berücksichtigung ihrer formativen Funktion. In M. BRUNEFORTH / F. EDER / K. KRÄNER / C. SCHREINER / A. SEEL / C. SPIEL (Hrsg.), *Nationaler Bildungsbericht Österreich 2015. 2. Fokussierte Analysen bildungspolitischer Schwerpunktthemen* (S. 59–94). Graz: Leykam.
- SCHUMANN, S. / KÄRNER, T. / MAUÉ, E. (2018). Integration von jungen Geflüchteten in das deutsche Berufsbildungssystem: Klassenkompositionseffekte und binnendifferenzierende Maßnahmen. In M. PILZ / K. BREUNING / S. SCHUMANN (Hrsg.), *Berufsbildung zwischen Tradition und Moderne. Festschrift für Thomas Deißinger zum 60. Geburtstag* (S. 83–101). Wiesbaden: Springer VS.
- SCHÜTZE, B. / SOUVIGNIER, E. / HASSELHORN, M. (2018). Stichwort – Formatives Assessment. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 21(4), 697–715.
- SEMBILL, D. (1999). Selbstorganisation als Modellierungs-, Gestaltungs- und Erforschungsidea beruflichen Lernens. In T. TRAMM / D. SEMBILL / F. KLAUSER / E.-G. JOHN (Hrsg.), *Professionalisierung kaufmännischer Berufsbildung. Festschrift zum 60. Geburtstag von Frank Achtenhagen* (S. 146–174). Frankfurt a. M.: Lang.
- SEMBILL, D. (2019). Lehrpersonenausbildung 5.12. – Desozialisierung und Physiozid infolge von Digitalisierung? Ein Essay. In D. HOLTSCHE / M. OEPKE / S. SCHUMANN (Hrsg.), *Lehren und Lernen auf der Sekundarstufe II. Gymnasial- und wirtschaftspädagogische Perspektiven* (S. 402–418). Bern: hep.
- SEMBILL, D. / KÄRNER, T. (2020). Emotionen sind Macht. Analoge und digitale Rhythmen in der Fortschrittsdebatte der beruflichen Lehrpersonenausbildung. In K. HEINRICHS / K. KÖGLER / CH. SIEGFRIED (Hrsg.), *Berufliches Lehren und Lernen: Grundlagen, Schwerpunkte und Impulse wirtschaftspädagogischer Forschung. Digitale Festschrift für Eveline Wuttke zum 60. Geburtstag. *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online*, 1–49. https://www.bwpat.de/profil6_wuttke/sembill_kaerner_profil6.pdf, abgerufen am 19.10.2020.*
- SEMBILL, D. / RAUSCH, A. / KÖGLER, K. (2013). Non-Cognitive Facets of Competence. Theoretical Foundations and Implications for Measurement. In K. BECK / O. ZLATKIN-TROITSCHANSKAIA (Eds.), *From Diagnostics to Learning Success* (pp. 199–211). Rotterdam: Sense.
- SHAVELSON, R. J. / YOUNG, D. B. / AYALA, C. C. / BRANDON, P. R. / FURTAK, E. M. / RUIZ-PRIMO, M. A. (2008). On the impact of curriculum-embedded formative assessment on learning: A collaboration between curriculum and assessment developers. *Applied Measurement in Education*, 21(4), 295–314.
- SHIRLEY, M. L. / IRVING, K. E. (2015). Connected Classroom Technology Facilitates Multiple Components of Formative Assessment Practice. *Journal of Science Education and Technology*, 24(1), 56–68.
- SPECTOR, J. M. / IFENTHALER, D. / SAMPSON, D. / YANG, L. J. / MUKAMA, E. / WARUSAVITARANA, A. et al. (2016). Technology enhanced formative assessment for 21st century learning. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(3), 58–71.
- SÜDKAMP, A. / PRAETORIUS, A.-K. (2017). *Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften: Theoretische und methodische Weiterentwicklung*. Münster: Waxmann.
- TATAR, M. / HORENCZYK, G. (2003). Diversity-related burnout among teachers. *Teaching and Teacher Education*, 19(4), 397–408.
- VAN DEN BERG, M. / BOSKER, R. J. / SUHRE, C. J. M. (2018). Testing the effectiveness of classroom formative assessment in Dutch primary mathematics education. *School Effectiveness and School Improvement*, 29(3), 339–361.
- VAN DER KLEIJ, F. M. / VERMEULEN, J. A. / SCHILDKAMP, K. / EGGEN, T. J. (2015). Integrating data-based decision making, assessment for learning and diagnostic testing in formative assessment. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 22(3), 324–343.

- VAN OPHUYSEN, S. / LINTORF, K. (2013). Pädagogische Diagnostik im Schulalltag. In S.-I. BEUTEL / W. BOS / R. PORSCH (Hrsg.), *Lernen in Vielfalt: Chance und Herausforderung für Schul- und Unterrichtsentwicklung* (S. 55–76). Münster: Waxmann.
- VANLOMMEL, K. / VAN GASSE, R. / VANHOOF, J. / VAN PETEGEM, P. (2017). Teachers' decision-making: Data based or intuition driven? *International Journal of Educational Research*, 83(1), 75–83.
- VERVAET, R. / VAN HOUTTE, M. / STEVENS, P. A. J. (2018). Multicultural Teaching in Flemish Secondary Schools: The Role of Ethnic School Composition, Track, and Teachers' Ethnic Prejudice. *Education & Urban Society*, 50(3), 274–299.
- WALKINGTON, C. A. (2013). Using Adaptive Learning Technologies to Personalize Instruction to Student Interests: The Impact of Relevant Contexts on Performance and Learning Outcomes. *Journal of Educational Psychology*, 105(4), 932–945.
- WARWAS, J. / KÄRNER, T. / GOLYSZNY, K. (2015). Diagnostische Sensibilität von Lehrpersonen im Berufsschulunterricht: Explorative Prozessanalysen mittels Continuous-State-Sampling. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 111(3), 437–454.

TOBIAS KÄRNER

Professur für Wirtschaftspädagogik, insbesondere Lehr- und Lernprozesse (560A),

Universität Hohenheim, Fruwirthstraße 47, D-70593 Stuttgart,

E-Mail: tobias.kaerner@uni-hohenheim.de

THOMAS KELLER

Universität Bamberg, E-Mail: thomas.keller@stud.uni-bamberg.de

ANNA SCHNEIDER

Universität Bamberg, E-Mail: anna.schneider@stud.uni-bamberg.de

DANIELA ALBANER

Universität Bamberg, E-Mail: daniela.albaner@stud.uni-bamberg.de

STEPHAN SCHUMANN

Lehrstuhl für Wirtschaftspädagogik II, Universität Konstanz, Fach 123, D-78457 Konstanz,

E-Mail: stephan.schumann@uni-konstanz.de

