

JENNIFER STEMMANN (Pädagogische Hochschule Freiburg)

MARCUS SCHRICKEL (Ruhr-Universität Bochum)

CAROLIN HAHNEL (Ruhr-Universität Bochum)

**Personen unterscheiden sich in ihren Kompetenzen, Probleme mit
technischen Alltagsgeräten zu lösen - aber wie lässt es sich
untersuchen? Ein Projektbericht**

Herausgeber

BERND ZINN

RALF TENBERG

DANIEL PITTICH

Journal of Technical Education (JOTED)

ISSN 2198-0306

Online unter: <http://www.journal-of-technical-education.de>

JENNIFER STEMMANN / MARCUS SCHRICKEL/ CAROLIN HAHNEL

Personen unterscheiden sich in ihren Kompetenzen, Probleme mit technischen Alltagsgeräten zu lösen - aber wie lässt es sich untersuchen? Ein Projektbericht

ZUSAMMENFASSUNG: Der vorliegende Beitrag stellt das Forschungsprojekt TPL-basics vor, welches die Kompetenz von Personen beim Lösen technischer Probleme mit Alltagsgeräten untersucht. Es verfolgt das Ziel, individuelle Unterschiede im Umgang mit Technik zu quantifizieren und die Bedingungen zu erforschen, die den Wissenserwerb fördern. Dazu wurde ein computerbasiertes Testinstrument entwickelt, das verschiedene Strategien des Wissenserwerbs (v. a. Exploration und Manualnutzung) erfasst. Erste Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Nutzung von Anleitungen als auch das eigenständige Erkunden die Problemlösungsleistung positiv beeinflussen. Zudem schlägt der Beitrag einen Ansatz zur Bildung eines Theoriemodells des technischen Problemlösens vor und betont die Bedeutung technischer Bildung im Alltag.

Schlüsselwörter: Technisches Problemlösen, Alltagsgeräte, Exploration, Bedienungsanleitungen, Theoriemodell

People differ in their ability to solve problems with home automation and appliances – but how can this be researched? A project report

ABSTRACT: This article presents the research project TPL-basics that investigates the competence of individuals in solving technical problems with everyday devices. It aims at quantifying individual differences in dealing with technology and at investigating the conditions that promote knowledge acquisition. For this purpose, a computer-based test instrument was developed that captures various strategies of knowledge acquisition (especially exploration and manual use). First results show that using instructions as well as autonomous exploration positively influence problem-solving performance. Furthermore, the paper proposes an outline for a theoretical model of technical problem-solving and emphasizes the importance of technical education in everyday life.

Keywords: technical problem solving, everyday home automation and appliances, exploration, instruction manuals, theory model

1 Herausforderungen durch technische Systeme im Alltag

Neue Produktinnovationen (z. B. Smart Home Systeme) gehen oft mit Änderungen darin einher, wie Menschen über digitale Benutzungsoberflächen mit technischen Systemen kommunizieren und sie verwenden (Schlund 2014). Solche Änderungen können allerdings aufgrund von Systemfaktoren (z. B. Gestaltung von Benutzungsoberflächen) oder individuellen Einflüssen (z. B. fehlendes Bedienungswissen) problematisch werden und zu Störungen in der Mensch-Technik-Interaktion führen. Während Systemfaktoren vor allem im Rahmen von Usability-Studien beforscht werden, bleiben individuelle Unterschiede oft unberücksichtigt. Der Aufbau von angemessenem Bedienungswissen kann aber herausfordernd sein und wird vor allem durch die zunehmende Produktvielfalt, kürzer werdenden Produktlebenszyklen und die steigende Produktkomplexität erschwert (Schließmann 2017). Während dieser Umstand zwar gewinnbringend für produktunabhängige Technikberatungen ist, zeigt er einen dringenden Bedarf an technischer Allgemeinbildung (Meschenmoser 2009).

Aus bildungswissenschaftlicher und vor allem technikdidaktischer Perspektive drängen sich folglich Fragen darüber auf, wie Personen unterstützt werden können, auch mit neueren technischen Systemen geplant und zielgerichtet in ihrem Alltag umzugehen und welche Bedingungen zu berücksichtigen sind, um eine effektive und selbstständige Aneignung von Bedienungswissen zu fördern. Diesen Fragen widmet sich das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Projekt "Bedingungen des Erwerbs von Handlungswissen zum Lösen technischer Probleme" (Projektnummer 456978965). Das Ziel des Projekts besteht darin, zunächst Unterschiede im individuellen Handeln im Umgang mit digitalisierter Technik verhaltensbasiert zu quantifizieren, um daran anschließend Bedingungen und Voraussetzungen einer kompetenten Techniknutzung im Zusammenspiel mit verschiedenen Formen des Erlernens von Bedienungswissen untersuchen zu können.

In diesem Beitrag beschreiben wir zunächst ein Prozessmodell des technischen Problemlösens, das sich ausgehend von theoretischen Ansätzen des Problemlösens und Lernens sowie aus Erkenntnissen bisheriger Forschung über Techniknutzung ableiten lässt. Anschließend stellen wir ein computerbasiertes Testinstrument zur verhaltensbasierten Messung von Kompetenzen im Umgang mit digitalisierter Technik vor, welches im DFG-Projekt weiterentwickelt wurde und mit dem sich Teile des zuvor erörterten Prozessmodells empirisch prüfen lassen. Abschließend berichten wir erste empirische Ergebnisse und diskutieren ihren Beitrag zur Modellprüfung sowie Weiterentwicklungspotentiale des computerbasierten Instruments.

2 Technisches Problemlösen

Technische Artefakte ermöglichen das Erreichen von Handlungszielen, die ohne den Einsatz von Technik nicht oder nur mit einem erheblichen Mehraufwand zu verwirklichen wären (Greif, Mitrea & Werner 2008). Dem Vorteil eines Zugewinns an Handlungsmöglichkeiten steht jedoch der Nachteil gegenüber, dass Technik wiederum eine komplexere Umwelt schafft. Die Nutzung technischer Geräte kann dann zu einem Problem werden, vor allem wenn technische Systeme neu oder neuartig sind, Erfahrungen mit ihrem Umgang fehlen oder sie nicht erwartungsgemäß funktionieren.

Es ist anzunehmen, dass der individuelle Umgang mit Technik durch eine Reihe unterschiedlicher Faktoren beeinflusst wird. Entsprechend haben bisherige Studien verschiedene Einzelaspekte beim zielgerichteten Umgang mit Alltagstechnik beleuchtet (de Mul, van Oostendorp &

White 1994; z. B. Karreman 2004) und legen nahe, dass diverse kognitive und motivationale Personenmerkmale das Erlernen und Anwenden von Bedienhandlungen beim technischen Problemlösen prägen. Systematische Studien zum Zusammenspiel solcher Faktoren mit konkreten Bedienhandlungen sind jedoch selten. Präferenzen und Prozesse des Wissenserwerbs im Umgang mit Alltagstechnik wurden ebenfalls nicht umfassend berücksichtigt. Im Hinblick auf einen Technikunterricht, der sich an den Phasen des selbstregulierten Lernens orientiert, stellen sich aber gerade aus fachdidaktischer Sicht Fragen dazu, wie Lernende ausgehend von ihren Voraussetzungen bestmöglich Wissen erwerben können, was geeignete Unterstützungsmöglichkeiten sind und welche Hürden in Abhängigkeit von den jeweiligen Geräten bestehen. Wenn beispielsweise Präferenzen erkannt und ausgleichend berücksichtigt werden können, könnten zum Beispiel Lernende, die aufgrund geringerer Selbstwirksamkeitserwartungen eher dazu neigen, Instruktionen zu befolgen, entsprechend ermutigt werden, Systeme selbst zu entdecken, und so Möglichkeiten erhalten, positive Erfahrungen im Umgang mit Technik zu sammeln.

In der Zusammenschau legen der aktuelle Forschungsstand und theoretische Ansätze des Lernens und Problemlösens nahe, dass sich der Umgang mit Technik im Alltag als technisches Problemlösen anhand eines Prozessmodells beschreiben lässt (Abbildung 1). In einem solchem Modell wird die Steuerung eines technischen Geräts mit dem Ziel, ein bestimmtes Handlungsergebnis zu erreichen, als die Anwendung von Bedienungswissen in einem Problemlöseprozess verstanden (2.1). Sofern das dazu benötigte Bedienungswissen nicht vorliegt, kann es in Interaktion mit einem Gerät, durch mündlich oder schriftlich gegebene Instruktionen oder durch die Beobachtung von Handlungen anderer als Teil des Problemlöseprozesses generiert werden (2.2). Die Art und Weise, wie entsprechendes Bedienungswissen letztlich erworben und angewendet wird, kann dabei durch verschiedene individuelle und situative Faktoren beeinflusst werden (2.3). Im Folgenden führen wir diese Hauptbestandteile des Prozessmodells des technischen Problemlösens vertiefend aus.

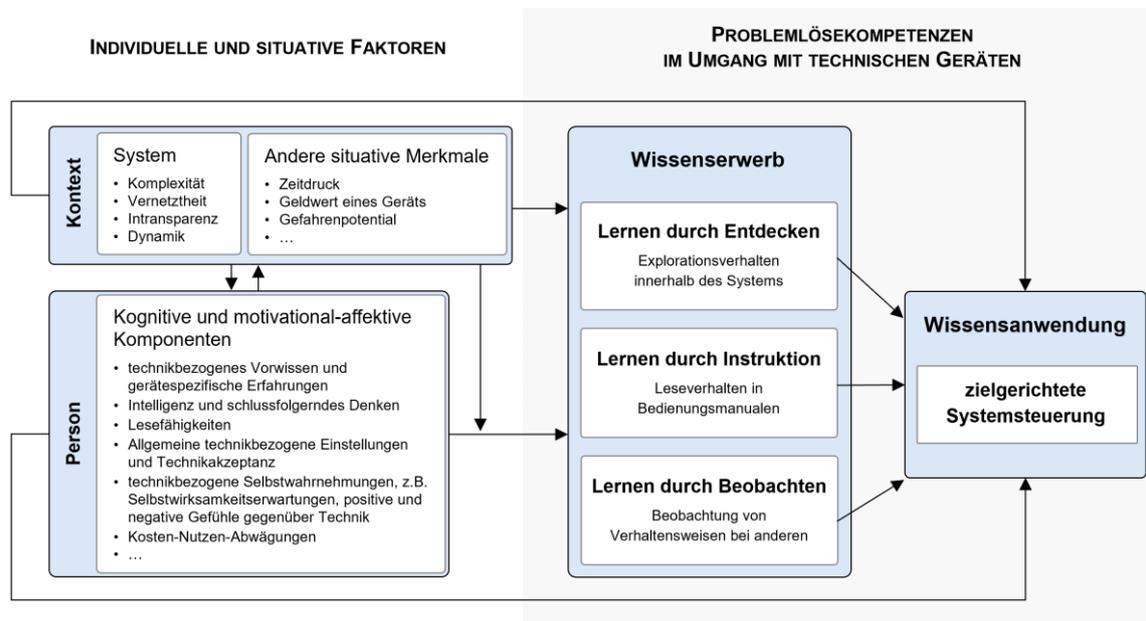


Abb. 1: Prozessmodell des technischen Problemlösens.

2.1 Wissensanwendung: Der Umgang mit technischen Alltagsgeräten als Problemlöseprozess

Die Bedienung eines technischen Geräts kann als Problemlöseprozess angesehen werden (technisches Problemlösen, TPL; Stemmann 2016): Eine Person versucht durch ihre Interaktionen mit einem Gerät einen aktuellen Ausgangszustand in einen gewünschten Zielzustand zu überführen (zielgerichtete Systemsteuerung). Die Überführung wird jedoch durch Barrieren erschwert, welche die Person nicht durch Routinehandlungen überwinden kann (vgl. Dörner & Funke 2017). Solche wohldefinierten Problemlöseaufgaben lassen sich als finite Zustandsautomaten beschreiben (*finite state machines*, FSMs; Buchner 1995), die durch eine Reihe endlicher Systemzustände (*states*) und Bedingungen für Zustandsänderungen (*transitions*) definiert sind. Zum Beispiel kann das Einschalten eines Geräts als Überführung vom Zustand „Aus“ in den Zustand „Ein“ durch die Handlung „Drücken der Power-Taste“ beschrieben werden. Zum Problem wird diese Situation dann, wenn zum Beispiel eine Person die Power-Taste nicht unmittelbar als solche erkennen kann. Der Schwierigkeitsgrad der zu überwindenden Barrieren ergibt sich hierbei durch Merkmale wie der Komplexität, Vernetztheit, Intransparenz und Dynamik eines Systems (vgl. Dörner 1976; siehe auch Abschnitt 2.3).

In der Problemlöseforschung werden Probleme auch hinsichtlich der Bedeutung von Vorwissen differenziert (Arbinger 2015). Vorwissen kann dabei deklarativ oder prozedural sein (Renkl 1996), implizit oder explizit vorliegen (Krause & Stark 2006), und auch gering strukturierte, subjektive Informationen umfassen (z. B. Alltagserfahrungen; Mack 1999). Allgemeines bzw. fachübergreifendes Problemlösen erfordert dabei kaum Vorwissen oder zumindest lediglich solches, das keinem spezifischen Fach zugeordnet werden kann (Leutner et al. 2005). Demgegenüber setzen domänenspezifische Problemstellungen oft zum Teil umfangreiches Vorwissen von der problemlösenden Person voraus (z. B. in beruflichen Kontexten: Abele et al. 2012). Technisches Problemlösen lässt sich zwischen diesen Polen verorten, da es im Umgang mit mehr oder weniger aus dem Alltag bekannten technischen Geräten stattfindet und dem spezifischen Kontext der Bedienung technischer Systeme zugeordnet werden kann. Erforderliches Bedienungswissen umfasst hierbei deklaratives Strukturwissen über vorhandene Systemzustände sowie prozedurales Eingriffswissen über die Veränderung von Systemzuständen, das für eine gezielte Systemsteuerung notwendig ist (Karreman 2004; Schaub & Reimann 1999).

Vorwissen oder eine Vertrautheit mit ähnlichen Geräten kann die Ausbildung von Bedienungswissen über technische Systeme unterstützen. Personen mit Vorwissen sollten beispielsweise neue Informationen hypothesengeleitet generieren und ihr Bedienungswissen gezielt weiterentwickeln können, indem sie vorhandene Wissensstrukturen zu Beginn aktivieren und im Wechsel mit neuen Informationen erweitern (Burmeister 2009; Klahr & Dunbar 1988). Im Gegensatz zu anderen Problemlösedomänen muss Bedienungswissen aber nicht zwangsläufig zu Beginn vorliegen, sondern kann auf unterschiedliche Art und Weise vorab oder im Problemlöseprozess erworben werden.

2.2 Wissenserwerb: Formen und Präferenzen beim Erwerb von Bedienungswissen

Der Prozess des Wissenserwerbs ist ein Informationsverarbeitungsprozess, für den eine Person zunächst Informationen über Problemlöseoperatoren generieren muss (Dörner & van der Meer 1995). Übertragen nach Anderson (2007, 296f.) sollten Personen Bedienungswissen über ein technisches Gerät anhand von (1) eigenen Entdeckungen (Exploration), (2) Mitteilungen durch andere (Instruktion) oder durch (3) die Beobachtung bei anderen (Analogiebildung) erwerben können.

(1) Exploration fasst hierbei Aktivitäten zusammen, die Kenntnisse über das Vorhandensein, die Arbeitsweise und das Systemfeedback von Funktionen generieren sollen (Beckwith et al. 2006). Sofern Personen systematisch explorieren, nehmen sie direkte Interaktionen mit einem Gerät idealerweise derart vor, dass möglichst viele Informationen über verschiedene Systemzustände hervorgerufen werden, wodurch Systemzustände und Zustandsänderungen umfassend erschlossen werden können. Je vollständiger eine Exploration erfolgt, desto wahrscheinlicher ist die erfolgreiche Nutzung von Funktionen eines Gerätes (Stemmann 2016; Stemmann & Lang 2018).

(2) Der Wissenserwerb durch Instruktion findet vor allem durch die Nutzung schriftlicher Instruktionen, d. h. Bedienungsanleitungen (z. B. Becker-Mrotzek 1997), statt. Als gerätebezogene Textsorte vermitteln Bedienungsanleitungen allgemein Wissen über die Inbetriebnahme und Funktionen eines Systems. Sie umfassen üblicherweise aber auch eine Vielzahl an Informationen, die über einzelne Bedienschritte hinausgehen (z. B. Hinweise zur Pflege, Wartung und Störungsbeseitigung, Hartung 1992). Somit verlangen ihre Nutzung unter anderem Fähigkeiten zur gezielten Suche relevanter Begriffe (vgl. Brand-Gruwel, Wopereis & Walraven 2009).

(3) Der Wissenserwerb durch Beobachten ist eine beliebte Form des Wissenserwerbs in der beruflichen Weiterbildung (BMBF 2006). Hierbei werden die Handlungen anderer einordnend erfasst, um zum Beispiel anhand von Art und Zeitpunkt von Eingriffen in technische Prozessen Wissen zu generieren (Skell 1996). Im Kontext des technischen Problemlösens im Alltag ist ein formales Vorgehen (z. B. anhand von Beobachtungsprotokollen, vgl. Skell 1996) zwar nicht zu erwarten. Allerdings können Gerätefunktionen von anderen Personen durchaus demonstriert und vorgeführt werden, beispielsweise im direkten Kontakt oder über erklärende Videos.

Die genannten Formen des Wissenserwerbs erfolgen nicht notwendigerweise isoliert, sondern können kombiniert werden. Darüber hinaus besitzen Personen auch Präferenzen für bestimmte Wissenserwerbsformen (z. B. Cox & Young 2000; Rieman 1996). Jakobs, Schindler & Straetmans (2005) zeigten beispielsweise, dass jüngere Personen (Durchschnittsalter 17 Jahre) technisches Handlungswissen bevorzugt durch Systemexploration erwerben. Nur 20 Prozent würden Bedienungsanleitungen lesen, während 69 Prozent der älteren Personen (zwischen 55 und 91 Jahren) diese zuerst heranziehen würden (Jakobs, Lehnen & Ziefle 2008). Ältere Personen zeigen selbst unter Kontrolle ihres Vorwissens wenig systematisches Explorationsverhalten, begehen häufiger Bedienungsfehler und berichten eine höhere kognitive Belastung während der Systeminteraktion (Beierlein 2011). Das Explorieren wird als Methode zur selbstständigen Wissensaneignung zudem häufiger von männlichen Personen eingesetzt und besser beherrscht (Schaumburg 2004; Vincent & Janneck 2012), die oft eine experimentierfreudige Herangehensweise im Umgang mit technischen Geräten zeigen (Janneck, Vincent-Höper & Othersen 2012). Hingegen geben Frauen eher an, zunächst Bedienungsanleitungen zu lesen oder andere Hilfen zu nutzen (Beckwith et al. 2006). Warum Personen eine bestimmte Form zum Erwerb von Handlungswissen bevorzugen und wie sie verschiedene Formen miteinander kombinieren, wurde bisher kaum systematisch untersucht.

2.3 Situative und individuelle Faktoren: Distale Einflüsse durch System- und Personenmerkmale

Sowohl der Erwerb als auch die Anwendung von Handlungswissen beim Lösen technischer Probleme finden in verschiedenen Kontexten statt, wodurch ihre konkrete Umsetzung durch situative und individuelle Faktoren indirekt beeinflusst wird. Zu den situativen Faktoren zählen beispielsweise Systemmerkmale, welche die Schwierigkeit eines technischen Problems prägen (vgl. Abschnitt 2.1). Angelehnt an Dörner & Kreuzig (1983) betreffen solche Systemmerkmale die Komplexität, Vernetztheit, Dynamik und Intransparenz eines technischen Systems. Das Merkmal der

Komplexität kennzeichnet hierbei den quantitativen Umfang eines technischen Systems auf Hardware- (z. B. Anzahl der Bedienelemente) und Softwareebene (z. B. Menütiefe). Vernetztheit betrifft die Abhängigkeit, in der einzelne Bedienelemente stehen: Beispielsweise sind in einem stark vernetzten System Bedienelemente mit mehreren Funktionen so belegt, dass sie mehrfach gedrückt oder gehalten werden müssen, um zusätzliche Funktionen aufzurufen. Das Merkmal der Dynamik umfasst mögliche zeitverzögerte Reaktionen eines technischen Systems und Eigendynamiken, die ohne eine direkte Interaktion seitens der nutzenden Person erfolgen können. Intransparenz bezieht sich letztlich auf die Verständlichkeit von Beschriftungen und Symbolen von Bedienelementen und Menüpunkten (Stemmann & Lang 2016), die empirisch nachweislich die Schwierigkeit im Umgang mit technischen Systemen beeinflusst (Hussy 1984; Funke 1990; Stemmann 2016).

Neben gerätespezifischen Systemmerkmalen können auch individuelle Faktoren, wie beispielsweise kognitive und motivational-affektive Personenmerkmale, beim technischen Problemlösen zum Tragen kommen. In der Literatur sind vor allem Zusammenhänge mit ausgewählten soziodemografischen Hintergrundfaktoren, wie dem Alter und dem Geschlecht von Personen, gut bekannt; allerdings werden sie selten vertieft untersucht. Beobachtete Geschlechterunterschiede werden beispielsweise häufig auf Selbstwirksamkeitserwartungen im Umgang mit Technik attribuiert – eine Annahme, die selten empirisch geprüft wird (vgl. Eichmann et al. 2020; Vollmeyer & Imhof 2007). Neben Vorwissenseinflüssen (siehe Abschnitt 2.1) sind vor allem Effekte von allgemeinen und spezifischeren kognitiven Fähigkeiten oder technikbezogenen Einstellungen und Selbstwahrnehmungen zu erwarten (Hahnel & Stemmann 2024). Allgemeine kognitive Fähigkeiten, wie fluide Intelligenz (Cattell 1971), tragen zum Beispiel zur Bildung neuer struktureller mentaler Repräsentationen bei (Stadler et al. 2015) und stehen in enger Beziehung mit der Anwendung effektiver Problemlösestrategien (Lotz et al. 2017). Entsprechend ließen sich auch enge Zusammenhänge von fluider Intelligenz mit explorierenden Verhaltensweisen beim technischen Problemlösen ($r = .45-.55$) und dem Erfolg bei der Wissensanwendung ($r = .49-.69$) beobachten (Stemmann 2018). Spezifischere kognitive Fähigkeiten wie Lesefähigkeiten, die eine selbstständige Aneignung von Wissen aus geschriebenen Informationen ermöglichen (Richter & van Holt 2005; Kintsch 1998), sollten hingegen eher unter bestimmten Bedingungen, wie beim Verwenden von Bedienungsanleitungen, zum Tragen kommen. Arbeiten im Bereich des digitalen Lesens (Hahnel et al. 2016; Hahnel et al. 2018) legen nahe, dass gute Lesefähigkeiten das Auffinden bedienungsrelevanter Textpassagen erleichtern und dabei unterstützen, identifizierte Textpassagen zu verstehen und in Handlungen zu übersetzen (siehe auch Scardamalia & Bereiter 1987). Es besteht allerdings auch der Verdacht, dass das Lesen von Bedienungsanleitungen mit zusätzlichem kognitiven Aufwand einhergeht und eine oberflächliche Verarbeitung („Scanning“) sogar hinderlich für die Systembedienung sein kann (Ehlich 1994; Lehrndorfer 1999).

Darüber hinaus setzt eine eigenständige Aneignung von problemrelevantem Wissen auch die Motivation zur Bewältigung bestehender Anforderungen voraus (Rheinberg, Vollmeyer & Lehnik 2000), die sich unter anderem von den Einstellungen und Selbstwahrnehmungen einer Person ableitet (Epstein 1993). Hahnel & Stemmann (2024) beschreiben beispielsweise technikbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen (z. B. das Vertrauen einer Person, künftige Situationen mit Technikbezug lösen zu können) sowie positive (Freude, Interesse) und negative Affekte gegenüber Technik (Ängstlichkeit, Überforderung) als zentrale Bestandteile, die konkretes Verhalten beim technischen Problemlösen prägen können. Empirisch äußert sich diese Beziehung beispielsweise darin, dass technikängstliche Personen explorative Wissenserwerbsstrategien oft vermeiden (Jakobs, Lehnen & Ziefle 2008). Auftretende Bedienfehler können jedoch wiederum auch negative Kognitionen und Emotionen bestärken (Van Der Linden et al. 2001).

3. Wie lässt sich technisches Problemlösen erfassen?

Um die Beziehungen, die sich im vorgestellten Prozessmodell ergeben, untersuchen zu können, wird ein Testinstrument benötigt, das die Problemlösekompetenz im Umgang mit technischen Geräten verhaltensbasiert abbilden kann. Dabei sollten der tatsächliche Wissenserwerb und die Wissensanwendung nicht nur durch Selbstberichte, sondern vor allem durch beobachtbares situatives Verhalten erfasst werden. Die Kompetenz einer Person sollte sich darin zeigen, dass sie fehlendes Bedienungswissen zunächst erwirbt und dieses Wissen dann für die Steuerung eines technischen Geräts einsetzt. Im Projekt TPL-basics wurde dazu das von Stemmann (2016) entwickelte Testverfahren aufgegriffen und weiterentwickelt. In diesem Test werden verschiedene technische Systeme (z. B. Internetrouter, Navigationsgerät) aus den Bereichen der Hausgerätetechnik, Haustechnik, Selbstbedienungsautomaten, Informations- und Kommunikationstechnologien und Multimedia authentisch simuliert. Die Hardware und Software der Geräte weisen dabei verschiedene Ausprägungsgrade in den Merkmalen Komplexität (z. B. Menütiefe), Vernetztheit (z. B. Mehrfachbelegung von Bedienelementen), Transparenz (z. B. Sichtbarkeit der erfolgten Bedienung) und Dynamik (z. B. Vorhandensein von Eigendynamiken) auf. Zur Erfassung des technischen Problemlösens werden Proband*innen die Gerätesimulationen in zwei Phasen vorgelegt: In der Wissenserwerbsphase (bzw. Explorationsphase in Stemmann (2016)) können zunächst Systemfunktionen ausprobiert und so Bedienwissen generiert werden, welches in der anschließenden Wissensanwendungsphase (Steuerungsphase in Stemmann (2016)) zur Lösung einer Steuerungsaufgabe eingesetzt werden soll. Aus den Proband*innendaten lassen sich anschließend Variablen zur Explorationsvollständigkeit und zur Akkuratheit beim Lösen der Steuerungsaufgaben ableiten.

Die Weiterentwicklung des Testverfahrens konzentrierte sich im Wesentlichen auf fünf Schwerpunkte: (1) Zunächst sollten Bedienungsanleitungen der technischen Geräte in alle Simulationen integriert werden, sodass Personen alternativ auch Handlungswissen erlesen können. Die Bedienmanuale wurden auf der Grundlage deutscher Normen (DIN EN IEC/IEEE 82079-1 VDE 0039-1:2021-09 2021) erstellt und enthielten Informationen zur Bedienung, Sicherheit und Entsorgung eines Geräts. (2) Zur Verbesserung der psychometrischen Eigenschaften des Tests wurden jedem Gerät drei zusätzliche Steuerungsaufgaben hinzugefügt. (3) Der Wissenserwerbsphase wurde eine Vorab-Instruktion und eine Abfrage der Vertrautheit mit einem Gerät vorangestellt, wodurch sich Proband*innen zunächst auf ein Gerät einstellen und mögliches Vorwissen aktivieren können. (4) Nach Testabschluss werden Selbstberichtangaben erfasst, wie beispielsweise zum tatsächlichen Gebrauch von Bedienungsanleitungen oder Alternativen wie Online-Videos oder Telefon-Hotlines. (5) Darüber hinaus wurden alle Gerätesimulationen um auditives Feedback erweitert, um das Immersionserleben von Proband*innen während der Testbearbeitung zu steigern.

3.1 Aufbau der Einheiten im Test zum technischen Problemlösen

Das überarbeitete Testinstrument beinhaltet neun der ursprünglich 15 computersimulierten technischen Systeme von Stemmann (2016) mit insgesamt 36 Steuerungsaufgaben, die mit der Software CBA ItemBuilder Version 9.70 erstellt wurden. Bei den ausgewählten Geräten handelt es sich um repräsentative Systeme aus dem Alltag aus den Bereichen Haushaltsgerätetechnik (HGT), Haustechnik (HT) sowie Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Jedes Gerät wird in Form einer sogenannten TPL-Einheit präsentiert, die einem einheitlichen Ablauf folgen:

(1) Jede TPL-Einheit beginnt zunächst mit einer Abfrage des Vorwissens über ein vorgelegtes Gerät. Die Proband*innen machen dabei Angaben zu ihrem Besitz und den Vorkenntnissen in der Bedienung des präsentierten Geräts (z. B. der digitalisierten Heizungssteuerung).

(2) In der anschließenden Wissenserwerbsphase wird den Proband*innen die Möglichkeit gegeben, innerhalb eines Zeitfensters von zehn Minuten das Gerät selbstständig zu erkunden und Funktionen in einem Bedienmanual nachzuschlagen, wobei die Wissenserwerbsphase auch vor Ablauf der Zeit durch die Proband*innen beendet werden kann.

(3) Es folgt eine kurze Befragung der Proband*innen nach der Kompatibilität ihres Vorwissens mit dem präsentierten Gerät [„Wie vertraut war Ihnen die Bedienung des dargestellten Geräts (verglichen mit ähnlichen Geräten, die Sie selbst benutzt haben)?“] und nach ihrer Einschätzung darüber, wie viele von vier folgenden Steuerungsaufgaben sie voraussichtlich lösen würden (Abfrage der prospektiven metakognitiven Genauigkeit).

(4) In der sich anschließenden Wissensanwendungsphase ist das technische Gerät in vier Aufgaben zielgerichtet zu bedienen. Für jede Steuerungsaufgabe stehen den Proband*innen maximal fünf Minuten zur Bearbeitung zur Verfügung. Im Umgang mit der digitalisierten Heizungssteuerung aus dem Bereich Haustechnik lautet ein Item beispielsweise: „Wechseln Sie in den manuellen Modus und stellen Sie die Heizung auf 18°C ein“.

(5) Zum Schluss einer TPL-Einheit wurden die Proband*innen gefragt, wie sehr sie sich bei der Lösung der Aufgaben in der Wissensanwendungsphase angestrengt haben.

Nach Abschluss des gesamten TPL-Tests (d. h. aller TPL-Einheiten) wurden die Proband*innen danach befragt, wie sie üblicherweise vorgehen, um über ein unvertrautes Gerät Bedienungswissen zu erwerben. Hierbei wurden alle im Prozessmodell beschriebenen Formen des Wissenserwerbs als Antwortoptionen angeboten, wobei mehrere Antwortoptionen ausgewählt werden konnten.

3.2 Bildung der Testwerte

Während die Proband*innen mit den simulierten technischen Geräten interagieren, werden diese Interaktionen im Hintergrund in Logfiles aufgezeichnet, die Aufschluss über individuelle Bearbeitungsverläufe und Bearbeitungsergebnisse geben. Die Bewertung des Testverhaltens wird hierbei getrennt nach Wissenserwerbsphase und Wissensanwendungsphase vorgenommen.

In der Wissenserwerbsphase liegt der Fokus auf den Interaktionen der Proband*innen mit einem technischen Gerät, die über eine Geräteexploration oder die Nutzung des Bedienmanuals entstehen. Mithilfe der Logfiles wird das Verhalten der Proband*innen dahingehend bewertet, wie vollständig sie das Gerät exploriert (Explorationsvollständigkeit) und wie vollständig das Bedienmanual genutzt wurde (Manualnutzungsvollständigkeit). Die Explorationsvollständigkeit ergibt sich aus der Anzahl der in dieser Phase besuchten Systemzustände relativiert an der Gesamtzahl der Zustände des explorierten Systems. Analog dazu ergibt sich die Manualnutzungsvollständigkeit aus der Anzahl der aufgerufenen Bedienmanualseiten relativiert an der Gesamtzahl der Bedienmanualseiten für das jeweilige Gerät. Die Werte für die Explorations- und Manualnutzungsvollständigkeit können demnach zwischen 0 und 1 liegen.

Aus den Daten der Wissensanwendungsphase kann abgeleitet werden, ob die Proband*innen die präsentierten Steuerungsaufgaben korrekt lösen konnten oder nicht. Das bedeutet, dass sich die Kompetenz zum technischen Problemlösen in dieser Phase darin zeigen sollte, wie gut es Proband*innen gelingt, das erworbene Wissen zur gezielten Bedienung anzuwenden. Nur wenn sie alle erforderlichen Schritte zur Lösung eines vorgegebenen technischen Problems erfüllen, wird

ein Item als richtig gelöst bewertet. Fehlende Werte können in der Testbearbeitung nur entstehen, wenn eine Person den Test abbricht oder Computerprobleme vorliegen. Ausgehend von kodierten Aufgabenantworten werden die Testwerte zur Wissensanwendung anschließend als Personenparameter aus einem Rasch-Modell nach Item-Response-Theorie geschätzt.

4. Erste empirische Prüfung

Der weiterentwickelte TPL-Test wurde einer ersten empirischen Prüfung unterzogen. Im Folgenden berichten wir Auszüge aus der hierfür umgesetzten Studie. Es werden insbesondere Ergebnisse zu den Eigenschaften des TPL-Tests aus Schrickel et al. (2024) rekapituliert sowie neue Ergebnisse zur Übereinstimmung von selbstberichtetem Verhalten im Alltag und dem beobachteten Verhalten beim Wissenserwerb im TPL-Test sowie zur Vorhersage der TPL-Steuerungsleistung durch selbstberichtetes und tatsächliches Verhalten präsentiert.

4.1 Studiendesign

Für die Studie bearbeiteten die Proband*innen alle neun TPL-Einheiten in einem ausbalancierten Design (Minimal Balanced Repeated Treatment Design; Frey, Hartig & Rupp 2009). Um fehlende Werte zu reduzieren, mussten alle Fragebogen- und Testitems beantwortet werden, bevor mit dem jeweils nächsten Abschnitt fortgefahren werden konnte. Für die Bearbeitung des gesamten TPL-Tests benötigten die Proband*innen im Mittel etwa zwei Stunden.

4.2 Stichprobe

Die Rekrutierung erfolgte an den Standorten Freiburg und Frankfurt (Main) mittels Flyer, Werbung in sozialen Netzwerken, Onlinewerbung, lokalen Zeitungsanzeigen und öffentlichen Marktplätzen. Teilnahmevoraussetzung war die Fähigkeit, deutschsprachige Texte zu verstehen. Realisiert wurde eine Stichprobe von $n = 213$ Proband*innen (59 % weiblich), die zwischen 16 und 80 Jahren alt waren ($M_{Alter} = 31.06$, $SD_{Alter} = 14.89$, Median = 25 Jahre). Ein Großteil der Stichprobe gab an, die allgemeine Hochschulreife (47 %) oder einen Hochschulabschluss (37 %) als höchsten erreichten Bildungsgrad erlangt zu haben. Die Teilnahme wurde mit einer Zahlung von 30 € vergütet sowie einem Bonus von 5 €, wenn eine weitere Person mitgebracht wurde.

4.3 Ergebnisse zu Merkmalen des TPL-Tests

Itemschwierigkeiten. Die Wahrscheinlichkeit, die TPL-Testitems korrekt zu lösen, lag zwischen 9.39 % und 95.28 % und zeigt somit eine große Spannweite in den Aufgabenschwierigkeiten an. Der rechte Teil der Abbildung 2 verdeutlicht diese Spannweite gruppiert nach den drei Hauptgerätetypen. Die geschätzten Itemschwierigkeiten lagen zwischen -3.86 und 2.87 Logits ($Mdn = -.85$) und zeigten an, dass die Items überwiegend von mittlerer bis niedriger Schwierigkeit waren. Systematische Unterschiede zwischen den Gerätetypen konnten nicht festgestellt werden. Mit Infit-Werten wurde geprüft, wie modellkompatibel sich einzelne Items verhalten bzw. wie gut

die TPL-Testitems die TPL-Kompetenz von Personen beschreiben können. Die Infit-Werte zeigten insgesamt eine gute Passung zwischen der Iteminformation und der Modellerwartung an (bei Schwellenwerten von 0.7 bis 1.3 nach (Wright & Linacre 1994)), mit Ausnahme des TPL-Testitems 23 (aus der TPL-Einheit "Pkw-Infotainmentsystem"), welches von weiteren Analysen ausgeschlossen wurde.

Personenfähigkeiten. Zur Schätzung der TPL-Kompetenzen wurden Weighted Likelihood Estimates (WLE) verwendet, wobei der Erwartungswert der Fähigkeitsverteilung auf null festgelegt wurde (siehe linker Teil der Abbildung 2). Die resultierenden Personenschätzer zeigten eine hohe WLE-Reliabilität von .89 an ($SD_{WLE} = 1.51$, $Min = -6.11$, $Max = 3.50$).

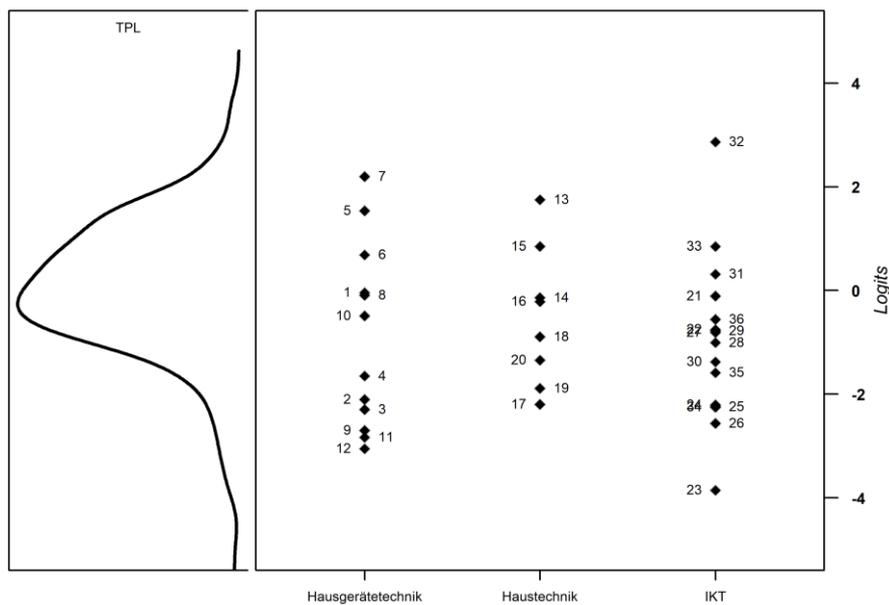


Abb. 2: Wright Map der Verteilung der TPL-Kompetenzen (linker Teil) und der Schwierigkeiten der TPL-Items (rechter Teil) dargestellt auf derselben Logit-Skala. Übernommen und angepasst aus Abbildung 1 in Schrickel et al. (2024). IKT = Informations- und Kommunikationstechnologie.

Modellpassung. Die Annahme der lokalen Unabhängigkeit, also die Annahme, dass die Lösung eines Items nicht von der Lösung eines anderen Items abhängt, wurde mit der Q3-Statistik geprüft. Hierbei handelt es sich um Residualkorrelationen von Itempaaren, die im Falle lokaler Unabhängigkeit im Betrag den Wert 0.2 nicht überschreiten sollten (Chen & Thissen 1997). Dieser Betrag wurde lediglich in 1.64 % aller Itempaare überschritten, wodurch die Daten insgesamt die Annahme der lokalen Unabhängigkeit der TPL-Testitems unterstützen. Anhand einer modifizierten Parallelanalyse (Drasgow & Lissak 1983) wurde zusätzlich geprüft, ob die TPL-Testitems eine eindimensionale Struktur abbilden (d. h., ob nur eine Kompetenz erfasst wird oder mehrere Facetten eine Rolle spielen). Das gefundene Ergebnis war nicht signifikant (beobachteter 2. Eigenwert = 2.49, mittlerer 2. Eigenwert aus 100 Monte Carlo-Stichproben = 2.64, $p = .644$) und spricht dafür, dass die TPL-Testitems dieselbe Kompetenz zum Lösen technischer Probleme abbilden.

4.4 Ergebnisse zur Prüfung von Teilen des Prozessmodells

Effekte von Systemmerkmalen auf die Wissensanwendung. In einer weiteren Analyse mittels generalisierten linearen gemischten Modells untersuchten Schrickel et al. (2024), inwiefern die Gerätemerkmale der Komplexität und der Intransparenz Einfluss auf den Erfolg bei der Wissensanwendung haben. Hierbei zeigte sich, dass die Komplexität eines Geräts keinen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit hatte, ein TPL-Testitem korrekt zu lösen ($B = 0.04$). Die Intransparenz eines Geräts zeigte hingegen den erwarteten negativen Zusammenhang mit der Lösungswahrscheinlichkeit ($B = -0.90$).

Effekte von Vorwissen und Lernverhalten auf die Wissensanwendung. Die Analysen der generalisierten linearen gemischten Modelle wurden zudem um gerätespezifisch wirkende Personenmerkmale erweitert. In Hinblick auf das Verhalten beim Wissenserwerb zeigte sich, dass sowohl eine höhere Explorationsvollständigkeit ($B = 0.49$) als auch eine höhere Manualnutzungsvollständigkeit ($B = 0.25$) sich positiv auf die Wahrscheinlichkeit auswirkten, die TPL-Testitems korrekt zu lösen. Zusätzlich dazu konnte auch ein davon unabhängiger, positiver Zusammenhang des gerätespezifischen Vorwissens mit der Wissensanwendung beobachtet werden ($B = 0.28$).

Effekte des tatsächlichen versus selbstberichtetes Verhalten. Neue vertiefende Analysen der Daten zum selbstberichteten Verhalten beim Wissenserwerb ($n = 211$) ergaben, dass das Lernen durch Entdecken am häufigsten berichtet wurde (88.2 %). Lernen durch Beobachten, welches nicht Teil des TPL-Tests war, wurde von 71.6 % der Proband*innen berichtet; das Lernen durch Instruktionen (Manualnutzung) von 65.9 %. Zudem gaben 9 % der Proband*innen an, eine andere Form des Wissenserwerb zu nutzen, welche post-hoc jedoch den drei übergeordneten Kategorien zugeordnet werden konnten. Beim tatsächlichen Verhalten zeigte sich, dass die Manualnutzungsvollständigkeit über alle TPL-Einheiten hinweg (59.15 %) höher ausfiel als die Explorationsvollständigkeit (32.48 %). Tabelle 1 stellt die Korrelationen zwischen der TPL-Steuerungsleistung, den Selbstberichtsangaben und dem tatsächlich gezeigten Verhalten dar. Die Korrelationen von Selbstbericht und tatsächlichem Verhalten fielen für Exploration ($r = .23$) und Manualnutzung ($r = .25$) eher gering aus und die tatsächliche Exploration korrelierte höher mit der TPL-Steuerungsleistung als der Selbstbericht zur Exploration ($r = .51$ vs. $r = .26$). Hinsichtlich der Manualnutzung fiel der Unterschied zwischen tatsächlichem und selbstberichtetem Verhalten noch deutlicher aus ($r = .38$ vs. $r = .07$).

Tab. 1: Korrelationen der TPL-Steuerungsleistung (1), Selbstberichte zum Vorgehen beim Wissenserwerb (2-4) und tatsächlichem Verhalten beim Wissenserwerb (5-6), p-Werte in Klammern darunter

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1) TPL-Steuerungsleistung	-					
(2) Selbstberichtsangabe „Entdecken“	.26 (<.001)	-				
(3) Selbstberichtsangabe „Instruieren“	.07 (.302)	-.11 (.114)	-			
(4) Selbstberichtsangabe „Beobachten“	.07 (.320)	-.04 (.603)	-.21 (.002)	-		
(5) Systemexploration	.51 (<.001)	.23 (.001)	.02 (.739)	-.06 (.362)	-	
(6) Manualnutzung	.38 (<.001)	.02 (.798)	.25 (<.001)	-.02 (.732)	-.01 (.893)	-

Anmerkungen: Signifikante Korrelationen sind durch Fettdruck hervorgehoben.

Tabelle 2 zeigt die Vorhersage der TPL-Steuerungsleistung durch die selbstberichteten und tatsächlichen Verhaltensweisen beim Wissenserwerb. Bei Berücksichtigung des Selbstberichts allein sagt nur die selbstberichtete Exploration die TPL-Steuerungsleistung vorher; unter Kontrolle des tatsächlichen Verhaltens zeigte zudem das selbstberichtete Lernen durch Beobachten einen schwachen positiven Effekt.

Tab. 2: Regressionsergebnisse für die Vorhersage der Leistungen bei der Wissensanwendung durch selbstberichtetes Verhalten im Alltag ohne (Modell 1) und unter Kontrolle für das tatsächliche Verhalten (Modell 2).

	Modell 1			Modell 2		
	<i>b</i> (<i>SE</i>)	β	<i>p</i>	<i>b</i> (<i>SE</i>)	β	<i>p</i>
Intercept	-1.52(.37)		<.001	-2.93(.33)		<.001
Selbstbericht						
Entdecken	1.20(.29)	.27	<.001	-.61(.01)	.14	.012
Instruieren	.37(.20)	.12	.073	.03(.17)	.01	.843
Beobachten	.33(.21)	.10	.126	.43(.17)	.14	.014
Testverhalten						
Systemexploration				.03(.00)	.49	<.001
Manualnutzung				.02(.00)	.35	<.001

Anmerkungen: Signifikante Zusammenhänge sind durch Fettdruck hervorgehoben.

5. Diskussion

5.1 Relevanz der Ergebnisse zur empirischen Überprüfung des Prozessmodells

Mit dem hier vorgestellten Test zum technischen Problemlösen steht ein Instrument zur Verfügung, das die Kompetenz von Personen im problemlösenden Umgang mit technischen Geräten angemessen erfassen kann. Der Test ist in der Lage, das Verhalten von Personen mit technischen Geräten realitätsnah, aber auch ressourcenschonend simulationsbasiert zu erfassen.

Mit der Erweiterung des ursprünglichen Tests um die Möglichkeit in der Wissenserwerbsphase neben der eigenständigen Exploration (Lernen durch Entdecken) auch Bedienmanuale zu nutzen (Lernen durch Instruktionen), lassen sich nun auch Fragestellungen im Kontext der Präferenz für bestimmte Wissenserwerbsarten beantworten. Im Gegensatz zu anderen Forschungsarbeiten, in denen das Verhalten im Umgang mit technischen Geräten oft nur durch Selbstberichte erfasst wird, kann das Verhalten der Personen nun direkt beobachtet (und ggf. mit Selbstberichtsangaben verglichen) werden. Wie sich aus den eigenen Ergebnissen ableiten lässt, ist das berichtete Verhalten nur bedingt prädiktiv für den situativen Umgang mit technischen Systemen. Die in dem Prozessmodell angenommenen Einflüsse unabhängiger Variablen auf die Präferenz für eine Wissenserwerbsart und den Erfolg in der Wissenserwerbsphase können ebenfalls mithilfe von weiteren Analysen betrachtet werden.

Bisherige Analysen stehen im Einklang mit Befunden von Stemmann (2016), wonach die Explorationsvollständigkeit beim Wissenserwerb positiv mit dem Erfolg bei der Wissensanwendung zusammenhängt, und ergänzen sie um analoge Befunde zur Manualnutzungsvollständigkeit. Diese Befunde legen zum einen nahe, dass Wissenserwerb und Wissensanwendung zwei getrennte, aber

korrelierte Prozesse von TPL sind (vgl. Wüstenberg, Greiff & Funke 2012). Zum anderen unterstützen sie Teile des oben beschriebenen Prozessmodells des technischen Problemlösens, wonach das Lernen durch Entdecken und Lernen durch Instruktion zwei zentrale Formen des Wissenserwerbs darstellen. Da innerhalb des TPL-Tests Interaktionen am simulierten Gerät und die Manualnutzung nicht parallel möglich war, konnten die Effekte beider Formen des Wissenserwerbs getrennt ausgewertet werden (vgl. Lotz et al. 2017). Mit Bezug auf die Alltagspraxis stellt dies aber auch eine Limitierung dar, da eine parallele Nutzung mitunter wünschenswert ist, zum Beispiel, um beim Auftreten von Barrieren im Umgang mit dem Gerät direkt nachzulesen und darüber gegebene Instruktionen nicht erst erinnern zu müssen.

Hinsichtlich des Einflusses von Systemmerkmalen auf den Erfolg bei der Wissensanwendung zeigten unsere Analysen, dass eine hohe Intransparenz des Geräts mit einer geringen Wahrscheinlichkeit einherging, eine Aufgabe korrekt zu lösen. Ein analoger Effekt der Komplexität wurde nicht gefunden, was mit der Augenscheinlichkeit beider Merkmale und der resultierenden Anpassung des Verhaltens erklärt werden könnte (Schrickel et al. 2024). Hinsichtlich des Einflusses von individuellen Faktoren auf den Erfolg bei der Wissensanwendung wurde das gerätespezifische Vorwissen untersucht. Auch dieses zeigte, wie Explorations- und Manualnutzungsvollständigkeit, einen positiven Zusammenhang. Kompetenzen im TPL sind somit nicht unabhängig vom spezifischen Vorwissen, wie es beim allgemeinem Problemlösen der Fall ist (Leutner et al. 2005). Es benötigt aber auch kein Vorwissen in dem Grade, wie es bei einer beruflichen Anwendung notwendig wäre oder ein intensives Training erfordern würde (vgl. Abele et al. 2012).

5.2 Perspektive für die Technikdidaktik

Das allgemeinbildende Fach Technik zielt auf eine mehrperspektivische Betrachtung von Technik. Im Gegensatz zur gewerblich-technischen Bildung steht jedoch nicht die Vermittlung spezifischen Fachwissens im Vordergrund, sondern die Kompetenz sich im technischen Alltag zurechtzufinden. Diese Kompetenz ist Voraussetzung für die Teilnahme am gesellschaftlichen Leben, in Form sozialer Kontakte oder der autarken Bewegung im gesellschaftlichen Umfeld, da viele dieser Tätigkeiten die Interaktion mit technischen Geräten erfordert. Dabei besteht die Problematik in der, durch die bislang starren Bedienkonzepte fehlenden Berücksichtigung verschiedener Nutzungsgruppen. Mangelnde Erfahrungen und falsche Vorannahmen bezüglich der Bedienung technischer Geräte können zu Hilflosigkeit und Frustration führen.

Gelegenheiten für das Sammeln von Erfahrungen in der Techniknutzung sowie dem Lösen von Problemen mit nicht funktionierenden Geräten kann der allgemeinbildende Technikunterricht bieten (Höpken, Osterkamp & Reich 2003), dessen Ziel zwar die Förderung technischer Problemlösekompetenz ist (z. B. Kernlehrplan Technik für die Sekundarstufe II in NRW), der sich bislang aber vor allem auf die Herstellung technischer Produkte und weniger auf deren Nutzung konzentriert (Sachs 2001).

Neben Erkenntnissen zu Lernprozessen in einer digitalisierten Welt ließen sich aus der empirischen Prüfung des theoretisch angenommenen Prozessmodells technischen Problemlösens auch Fördermaßnahmen für den allgemeinbildenden Technikunterricht ableiten. Aus fachdidaktischer Sicht wären Erkenntnisse über anforderungsrelevante Merkmale im Umgang mit technischen Systemen bedeutend, weil sich aus ihnen Maßnahmen zur Förderung technischer Problemlösefähigkeit generieren lassen. Ein Fokus kann dabei in Abhängigkeit individueller Voraussetzungen auf der Vermittlung komplexitätsreduzierender und transparenzerhöhender Wissenserwerbsstrategien liegen. Aber auch die evidenzbasierte Gestaltung von Differenzierungen im Technikunterricht

können dann im Fokus stehen. Diese haben zum Ziel, Überforderungen von Schüler*innen zu vermeiden, positive Erlebnisse im Umgang mit Technik zu schaffen und so langfristig das Interesse an Technik zu stärken. Die Ergebnisse können unter Umständen auch auf andere Fächer, in denen Wissen im Umgang mit technischen Geräten erworben wird (z. B. Umgang mit Messgeräten im Fach Physik), oder auch auf den Umgang mit Software (z. B. Erlernen von CAD-Software) übertragen werden. Diese Vermutung wäre aber noch in weiteren Studien zu prüfen.

Die Gültigkeit des theoretisch formulierten Prozessmodell des technischen Problemlösens und die Anwendung des hier vorgestellten Tests zum technischen Problemlösen beschränken sich nicht auf die Problemlöseprozesse einzelner Personengruppen, sondern beziehen die von Schüler*innen im Umgang mit technischen Systemen, Lehrkräften und aller Personen im Kontext technischer Bildung mit ein.

5.3 Ausblick

Die Richtungen und Größen der im Theoriemodell formulierten Pfade sind bislang nicht umfassend empirisch geprüft. Gerade für die Analyse der Interaktionen zwischen den System- und Personenmerkmalen und deren Einfluss auf den Wissenserwerb und die Wissensanwendung im problemlösenden Umgang mit technischen Geräten erfordert ein entsprechend angemessenes Studiendesign. Zudem stellt eine in dem formulierten Prozessmodell zwar berücksichtigte, im Testinstrument TPL bislang aber nicht implementierte Möglichkeit, Wissen über ein technisches System zu erwerben, durch das Beobachten bei anderen dar. Zur Beantwortung entsprechender Fragestellungen muss das präsentierte TPL-Testverfahren weiterentwickelt werden.

Auch wenn die ergänzenden Selbstberichte der Proband*innen über ihren üblicherweise praktizierten Wissenserwerb (Instruktion durch Kundenservice, Onlinetutorials, Nachlesen in Foren etc.) vermuten lassen, dass sich die Möglichkeiten Wissen über die Bedienung eines technischen Gerätes zu erwerben, in die im Prozessmodell formulierten drei Arten von Wissenserwerb (Entdeckendes Lernen, Lernen durch Instruktionen, Lernen am Modell) einordnen lassen, sind zukünftig sicher noch andere Möglichkeiten denkbar. Neben dem Testinstrument müsste auch das Theoriemodell dann entsprechend ergänzt werden.

Insgesamt betrachtet ermutigen die Befunde aber zu weiteren Analysen und Untersuchungen und lassen erwarten, dass sich die Pfade des Prozessmodells technischen Problemlösens mithilfe des TPL-Tests umfassend empirisch prüfen lassen. Die Inhalte des TPL-Tests sind über das Forschungsdatenzentrum Bildung (FDZ Bildung) archiviert und stehen somit der wissenschaftlichen Öffentlichkeit zu Forschungszwecken auf Antrag zur Verfügung (Hahnel, Stemmann & Schrickel 2024). Aktuell liegen die Testteile in Form von CBA ItemBuilder-Projekten (Version 9.70) vor. Veränderungen, Weiterentwicklungen oder Übersetzungen des Tests sind grundsätzlich möglich, aber bedürfen einer Genehmigung der Gruppe der Urheberrechtsinhabenden.

Unsere eigenen nächsten Studienschritte werden beispielsweise darin bestehen zu untersuchen, inwieweit Personen bei der Wahl einer Wissenserwerbsart auch Kosten-Nutzen-Abwägungen vornehmen, ob Personen mit einer geringen technikbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung gerätespezifisches Bedienungswissen eher anhand von Bedienungsanleitungen erwerben oder ob bestimmte Systemmerkmale (wie die Intransparenz) im Zusammenspiel mit bestimmten Personenmerkmalen einen Einfluss auf die Präferenz für eine Wissenserwerbsmöglichkeit haben. Vor dem Hintergrund heterogener Schülerschaften, auch im Technikunterricht, ließen sich somit essenzielle Erkenntnisse zur Wirksamkeit von Fördermaßnahmen (unter verschiedenen Voraussetzungen) generieren.

Literatur

- 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? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(2), 363–391.
- Anderson, J.R. (2007). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl.
- Arbinger, R. (2015). *Psychologie des Problemlösens*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Becker-Mrotzek, M. (1997). *Schreibentwicklung und Textproduktion. Der Erwerb der Schreibfertigkeit am Beispiel der Bedienungsanleitung*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Beckwith, L., Kissinger, C., Burnett, M., Wiedenbeck, S., Lawrance, J., Blackwell, A. & Cook, C. (2006). Tinkering and gender in end-user programmers' debugging. In R. Grinter, T. Rodden, P. Aoki, E. Cutrell, R. Jeffries & G. Olson (Hrsg.), *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (231–240). New York, NY, USA: ACM.
- Beierlein, C. (2011). *Geschlechtsunterschiede in Motivation und Strategiesystematik beim selbstregulierten Erlernen eines Computerprogramms*. Dissertation. Johann Wolfgang Goethe-Universität.
- BMBF (2006). *Berichtssystem Weiterbildung IX - Integrierter Gesamtbericht zur Weiterbildungssituation in Deutschland*. https://www.bildungserver.de/onlinereource.html?online-ressourcen_id=32859 (Stand vom 27.9.2024).
- Brand-Gruwel, S., Wopereis, I. & Walraven, A. (2009). A descriptive model of information problem solving while using internet. *Computers & Education*, 53(4), 1207–1217.
- Buchner, A. (1995). Basic Topics and Approaches to the study. In P.A. Frensch & J. Funke (Hrsg.), *Complex problem solving. The European perspective*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Burmeister, K. (2009). *Komplexes Problemlösen im Kontext angewandter Eignungsdiagnostik*. Dissertation. Ernst-Moritz-Arndt-Universität.
- Chen, W.-H. & Thissen, D. (1997). Local Dependence Indexes for Item Pairs Using Item Response Theory. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 22(3), 265.
- Cox, A.L. & Young, R.M. (2000). Device-Oriented and Task-Oriented Exploratory Learning of Interactive Devices. In N.A. Taatgen & J. Aasman (Hrsg.), *Proceedings of the Third International Conference on Cognitive Modelling* (70–77). Veenendaal: Universal Press.
- de Mul, S., van Oostendorp, H. & White, T. (1994). Learning user interfaces by exploration. In R. Oppermann, S. Bagnara & D. Benyon (Hrsg.), *ECCE 7 Seventh European Conference on Cognitive Ergonomics. Human computer interaction: From individuals to groups in work, leisure, and everyday life; Proceedings; Bonn, Germany, September 5 - 8, 1994* (135–142). Sankt Augustin.
- DIN EN IEC/IEEE 82079-1 VDE 0039-1:2021-09 (2021). *Erstellung von Nutzungsinformationen (Gebrauchsanleitungen) für Produkte. Teil 1: Grundsätze und allgemeine Anforderungen*. (IEC/IEEE 82079-1:2019); Deutsche Fassung EN IEC/IEEE 82079-1:2020. Berlin: Beuth.
- Dörner, D. (1976). *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Dörner, D. & Funke, J. (2017). Complex Problem Solving: What It Is and What It Is Not. *Frontiers in psychology*, 8, 1153.

- Dörner, D. & Kreuzig, H.W. (1983). Problemlösefähigkeit und Intelligenz. *Psychologische Rundschau*, 34(4), 185–192.
- Dörner, D. & van der Meer, E. (1995). *Das Gedächtnis. Probleme - Trends - Perspektiven*. Göttingen: Hogrefe.
- Drasgow, F. & Lissak, R.I. (1983). Modified parallel analysis: A procedure for examining the latent dimensionality of dichotomously scored item responses. *Journal of Applied Psychology*, 68(3), 363–373.
- Ehlich, K. (1994). Verweisungen und Kohärenz in Bedienungsanleitungen. Einige Aspekte der Verständlichkeit von Texten. In K. Ehlich, C. Noack & S. Scheiter (Hrsg.), *Instruktion durch Text und Diskurs. Zur Linguistik ‚Technischer Texte‘* (116–149): VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Eichmann, B., Greiff, S., Naumann, J., Brandhuber, L. & Goldhammer, F. (2020). Exploring behavioural patterns during complex problem-solving. *Computer Assisted Learning*, 36(6), 933–956.
- Epstein, S. (1993). Entwurf einer Integrativen Persönlichkeitstheorie. In S.-H. Filipp (Hrsg.), *Selbstkonzept-Forschung. Probleme, Befunde, Perspektiven* (15–45). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Frey, A., Hartig, J. & Rupp, A.A. (2009). An NCME Instructional Module on Booklet Designs in Large-Scale Assessments of Student Achievement: Theory and Practice. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 28(3), 39–53.
- Funke, J. (1990). Systemmerkmale als Determinanten des Umgangs mit dynamischen Systemen. *Sprache und Kognition*, 9(3), 143–154.
- Greif, H., Mitrea, O. & Werner, M. (2008). Information und technologische Handlungsfähigkeit. In H. Greif, O. Mitrea & M. Werner (Hrsg.), *Information und Gesellschaft* (49–71). s.l.: VS Verl. für Sozialwissenschaften.
- Hahnel, C., Goldhammer, F., Kröhne, U. & Naumann, J. (2018). The role of reading skills in the evaluation of online information gathered from search engine environments. *Computers in Human Behavior*, 78, 223–234.
- Hahnel, C., Goldhammer, F., Naumann, J. & Kröhne, U. (2016). Effects of linear reading, basic computer skills, evaluating online information, and navigation on reading digital text. *Computers in Human Behavior*, 55, 486–500.
- Hahnel, C. & Stemmann, J. (2024). Entwicklung eines Fragebogens zur ökonomischen Erfassung technikbezogener Einstellungen und Selbstwahrnehmungen. *Diagnostica*, 70(2), 65–76.
- Hahnel, C., Stemmann, J. & Schrickel, M. (2024). *Test zum technischen Problemlösen (TPL)*. [Testinstrument: Version 1.0]: DIPF | Leibniz Institute for Research and Information in Education.
- Hartung, S. (1992). Die Textsortenproblematik in der Deutschen Gegenwartssprache - Beschreibung der Textsorte Bedienungsanleitung. In K.-E. Sommerfeldt (Hrsg.), *Vom Satz zum Text* (121–133). Frankfurt am Main: Lang.
- Höpken, G., Osterkamp, S. & Reich, G. (2003). *Inhalte technischer Bildung*. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verl.
- Hussy, W. (1984). Zum Begriff der Problemschwierigkeit beim komplexen Problemlösen. Trier: Univ. Trier, Fachber. 1, Psychologie.
- Jakobs, E.-M., Lehnen, K. & Ziefle, M. (2008). *Alter und Technik. Studie zu Technikkonzepten, Techniknutzung und Technikbewertung älterer Menschen*. Aachen: Apprimus.

- Jakobs, E.-M., Schindler, K. & Straetmans, S. (2005). *Technophil oder technophob? Eine Studie zur altersspezifischen Konzeptualisierung von Technik*. Aachen: Inst. für Sprach- und Kommunikationswiss.
- Janneck, M., Vincent-Höper, S. & Othersen, I. (2012). Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zum Technikbezogenen Selbstkonzept (TSK): Eine gendersensitive Studie. *Gruppendynamik und Organisationsberatung*, 43(3), 289–310.
- Karreman, J. (2004). *Use and effect of declarative information in user instructions*. Amsterdam: Rodopi.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension. A paradigm for cognition*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1–48.
- Krause, U.-M. & Stark, R. (2006). Vorwissen aktivieren. In H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (38–49). Göttingen: Hogrefe.
- Lehrndorfer, A. (1999). Neue Fachsprache für die Technische Dokumentation? Eine Analyse des Status Quo der Technischen Dokumentation. *Fachsprache*, 21(1-2), 38–52.
- Leutner, D., Funke, J., Klieme, E. & Wirth, J. (2005). Problemlösefähigkeit als fächerübergreifende Kompetenz. In E. Klieme, D. Leutner & J. Wirth (Hrsg.), *Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern. Diagnostische Ansätze, theoretische Grundlagen und empirische Befunde der deutschen PISA-2000-Studien* (11–19). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwissenschaften.
- Lotz, C., Scherer, R., Greiff, S. & Sparfeldt, J.R. (2017). Intelligence in action – Effective strategic behaviors while solving complex problems. *Intelligence*, 64, 98–112.
- Mack, W. (1999). Intelligenz und Wissen. In H. Gruber, W. Mack & A. Ziegler (Hrsg.), *Wissen und Denken. Beiträge aus Problemlösepsychologie und Wissenspsychologie* (119–150). Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Meschenmoser, H. (2009). Nationale und Internationale Kompetenzbereichs- und Kompetenzstufenmodelle zur technischen Allgemeinbildung. Der Beitrag der Technikdidaktik zur Erfassung individueller Lernentwicklung und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. In W.E. Theuerkauf, H. Meschenmoser, B. Meier & H. Zöllner (Hrsg.), *Qualität technischer Bildung. Kompetenzmodelle und Kompetenzdiagnostik; [Beiträge des Workshops "Entwicklung von Kompetenzmodellen und Kompetenzstufen zur Verbesserung der Qualität der Technischen Bildung", der von der WOCATE und der Universität Potsdam in Zusammenarbeit mit dem LISUM Berlin-Brandenburg im Frühjahr 2009 veranstaltet wurde* (11–37). Berlin: Machmit-Verl.
- Renkl, A. (1996). Vorwissen und Schulleistungen. In J. Möller & O. Köller (Hrsg.), *Emotionen, Kognitionen und Schulleistung* (175–190). Weinheim: Beltz.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Lehnik, A. (2000). Selbstkonzept der Begabung, Erfolgserwartungen und Lernleistung. In F. Försterling, J. Stiensmeier-Pelster & L.-M. Silny (Hrsg.), *Kognitive und emotionale Aspekte der Motivation* (77–97). Göttingen: Hogrefe.
- Richter, T. & van Holt, N. (2005). ELVES: Ein computergestütztes Diagnostikum zur Erfassung der Effizienz von Teilprozessen des Leseverstehens. *Diagnostica*, 51(4), 169–182.
- Rieman, J. (1996). A Field Study of Exploratory Learning Strategies. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 3(3), 189–218.

- Sachs, B. (2001). Technikunterricht: Bedingungen und Perspektiven. *tu Zeitschrift für Technik im Unterricht*, 26(100), 5–12.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1987). Knowledge Telling and Knowledge Transforming in Written Composition. In S. Rosenberg (Hrsg.), *Advances in Applied Psycholinguistics, Volume 2: Reading, Writing and Language Learning (142–175)*: Cambridge University Press.
- Schaub, H. & Reimann, R. (1999). Zur Rolle des Wissens beim komplexen Problemlösen. In H. Gruber, W. Mack & A. Ziegler (Hrsg.), *Wissen und Denken. Beiträge aus Problemlösepsychologie und Wissenspsychologie (169–191)*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Schaumburg, H. (2004). Laptops in der Schule - ein Weg zur Überwindung des Digital Divide zwischen Jungen und Mädchen? *Zeitschrift für Medienpsychologie*, 16(4), 142–154.
- Schließmann, A. (2017). iProduction, die Mensch-Maschine-Kommunikation in der Smart Factory. In B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl & M.t. Hompel (Hrsg.), *Handbuch Industrie 4.0 Bd.4. Allgemeine Grundlagen (171–200)*. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg.
- Schlund, S. (2014). Industrie 4.0 - Herausforderungen und Handlungsfelder in der industriellen Produktion. In H. Biedermann (Hrsg.), *Instandhaltung im Wandel. Industrie 4.0 - Herausforderungen und Lösungen*; 28. Instandhaltungsforum (9–22). Köln: TÜV Media.
- Schricket, M., Stemmann, J., Goldhammer, F. & Hahnel, C. (2024). Assessing Skills of Everyday Technical Problem Solving. *European Journal of Psychological Assessment*.
- Skell, W. (1996). Handlungsregulationstheorie und berufsbezogenes Lernen. In H. Geißler (Hrsg.), *Arbeit, Lernen und Organisation. Ein Handbuch (23–38)*. Weinheim: Dt. Studien-Verl.
- Stadler, M., Becker, N., Gödker, M., Leutner, D. & Greiff, S. (2015). Complex problem solving and intelligence: A meta-analysis. *Intelligence*, 53, 92–101.
- Stemmann, J. (2016). Technische Problemlösekompetenz im Alltag - theoretische Entwicklung und empirische Prüfung des Kompetenzkonstruktes Problemlösen im Umgang mit technischen Geräten. Dissertation. Universität Duisburg-Essen.
- Stemmann, J. (2018). Problemlösen im Umgang mit technischen Geräten - eine allgemeine oder kontextspezifische Kompetenz? In T. Prescher, C. Marquardt & J. Fluck (Hrsg.), *Überfachliche Kompetenzen als kompetenzgenerierende Lösungsmuster (46–62)*. Landau: Verlag Empirische Pädagogik.
- Stemmann, J. & Lang, M. (2016). Wodurch wird die Interaktion mit technischen Alltagsgeräten zum Problem? Identifikation und Analyse schwierigkeitsbestimmender Merkmale im Umgang mit technischen Systemen. In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann & M. Rothgangel (Hrsg.), *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung (247–260)*. Münster: Waxmann.
- Stemmann, J. & Lang, M. (2018). Eignet sich die logfilegenerierte Explorationsvollständigkeit als Prozessindikator für den Wissenserwerb im problemlösenden Umgang mit technischen Alltagsgeräten? *Journal of Technical Education (JOTED)*, 6(1), 185–199.
- Van Der Linden, D., Sonnentag, S., Frese, M. & van Dyck, C. (2001). Exploration strategies, performance, and error consequences when learning a complex computer task. *Behaviour and Information Technology*, 20(3), 189–198.

- Vincent, S. & Janneck, M. (2012). Das Technikbezogene Selbstkonzept von Frauen und Männern in technischen Berufsfeldern: Modell und empirische Anwendung. *Psychologie des Alltagshandelns*, 5(1), 53–67.
- Vollmeyer, R. & Imhof, M. (2007). Are There Gender Differences in Computer Performance? If So, Can Motivation Explain Them? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 21(3/4), 251–261.
- Wright, B.D. & Linacre, J.M. (1994). Reasonable mean-square fit values. *Rasch Measurement Transactions*, 8(3), 370.
- Wüstenberg, S., Greiff, S. & Funke, J. (2012). Complex problem solving — More than reasoning? *Intelligence*, 40(1), 1–14.

PROF. DR. JENNIFER STEMMANN

Pädagogische Hochschule Freiburg, Institut für Chemie, Physik, Technik und ihre Didaktiken, Fach Technik
Kunzenweg 21, 79117 Freiburg
jennifer.stemmann@ph-freiburg.de

MARCUS SCHRICKEL

Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Psychologie, Lehrstuhl Psychologische Diagnostik
Universitätsstr. 150, 44801 Bochum
marcus.schrickel@rub.de

PROF. DR. CAROLIN HAHNEL

Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Psychologie, Lehrstuhl Psychologische Diagnostik
Universitätsstr. 150, 44801 Bochum
carolin.hahnel@rub.de

Zitieren dieses Beitrags:

Stemmann, J., Schrickel, M., Hahnel, C. (2025). Personen unterscheiden sich in ihren Kompetenzen, Probleme mit technischen Alltagsgeräten zu lösen - aber wie lässt es sich untersuchen? Ein Projektbericht. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 13(1), 9–27.