

Jennifer Stemmann (Universität Duisburg-Essen)

Martin Lang (Universität Duisburg-Essen)

**Personen-, System- und Situationsmerkmale als
Einflussfaktoren auf den problemlösenden Umgang mit
technischen Alltagsgeräten**

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 und Martin Lang (Universität Duisburg-Essen)

Personen-, System- und Situationsmerkmale als Einflussfaktoren auf den problemlösenden Umgang mit technischen Alltagsgeräten

Zusammenfassung

Um die im Alltag vermehrt vorausgesetzte Fähigkeit zum problemlösenden Umgang mit technischen Geräten im allgemeinbildenden Technikunterricht fördern zu können, widmet sich dieser Beitrag der Frage, wodurch die Interaktion mit einem technischen Gerät überhaupt zu einem Problem wird. Hierzu werden auf Grundlage soziotechnischer Systeme Merkmale auf Ebene der Systeme, der Situation und der ein System bedienenden Personen ausgemacht, von denen ein Einfluss auf die Problemsituation anzunehmen ist. Die empirisch ermittelten Schwierigkeitsindizes können mithilfe multipler Regressionsanalysen zu einem großen Teil durch die Merkmale Komplexität und Transparenz erklärt werden. Von den angenommenen Zusammenhängen zu angrenzenden Konstrukten konnte nur ein verhältnismäßig geringer Teil bestätigt werden.

Schlüsselwörter: Problemlösen, Techniknutzung, Alltagsgeräte, soziotechnische Systeme, Merkmale einer Problemsituation

Person, system and situation characteristics as parameters of the problemsolving handling of technical everyday devices

Abstract

To support the required ability in using technical devices in everyday life within technology education, the attend of the following paper is whereby the interaction with technical devices becomes a problem. For this purpose we consider devices as part of a socio-technical system, in which system-, situation and person characteristics influence the interaction with an technical device. The empirical find outs of the difficulties in handling the devices can largely be explained by its complexity and transparency. But only a small part of the assumed relations to other constructs can be shown.

Keywords: Problemsolving, utilization of technics, everyday devices, socio-technical systems, characteristics of problem situations

1 Alltägliche technische Systeme als Problemkontext

Die sich stetig weiterentwickelnde Wissensgesellschaft bringt in immer kürzeren Abständen neue Erkenntnisse hervor, die beispielsweise in Form technischer Produkte Eingang in die menschliche Lebenswelt finden und dort zu Veränderungen führen (Hüttner 2009, S. 213). Die Möglichkeit mithilfe von Technik Handlungsziele zu erreichen, die ohne technische Mittel nicht oder nur mit einem erheblichen Mehraufwand zu verwirklichen wären, beeinflusst keineswegs nur die Berufs- und Arbeitswelt, sondern auch die Privatsphäre von Menschen. Neben der stetig steigenden Anzahl technischer Produkte im Alltag lässt sich dieser Fortschritt auch in der Digitalisierung technischer Produkte ausmachen, womit Technik weitere Handlungsoptionen offeriert (Tully 2003, S. 10). Den sich eröffnenden scheinbar unbegrenzten Möglichkeiten stehen allerdings auch Beschränkungen gegenüber. So schafft Technik selbst eine komplexere Umwelt für das weitere Handeln (Greif, Mitrea & Werner 2008, S. 57). Da es aufgrund der rasanten Weiterentwicklung technischer Geräte sowie deren kürzere Nutzungszeiten zu einer ständigen Entwertung bereits vorhandenen Nutzungswissens kommt, muss sich der Mensch immer wieder mit unbekanntem technischen Geräten auseinandersetzen. Während die in Alltagsroutinen eingebundenen technischen Geräte keine Aufmerksamkeit beanspruchen, setzen neue und nicht erwartungsgemäß funktionierende technische Systeme die Kompetenz im Umgang mit technischen Geräten voraus.

Vor dem Hintergrund eines gestiegenen Funktionsumfangs und dem damit oft verschwindenden eindeutigen Zweckbezug technischer Geräte, ist ein alle Funktionen umfassendes Bedienungswissen ohnehin nicht mehr denkbar (Tully 2003, S. 92). Mangelnde Erfahrungen und falsche Vorannahmen können dazu führen, dass die Nutzung eines technischen Gerätes zu einem Problem wird, dessen Nichtlösung die Ursache für Frustrationen und Hilflosigkeit im Umgang mit technischen Geräten ist. In der Folge kann das Interesse an Alltagstechnik bei Schülerinnen und Schülern abnehmen oder ganz verloren gehen, denn die Bereitschaft sich mit Beschreibungen und Funktionsproblemen zu befassen, wird in dieser Personengruppe als gering eingeschätzt (Jakobs 2005, S. 70). Die Konsequenz eines geringen Technikinteresses ist das Ausbleiben einer weiteren Auseinandersetzung mit technischen Sachverhalten und damit des Erwerbs von Technikkompetenzen (Mammes 2001, S. 12).

Mit dem Ziel die Folge negativer Erfahrungen im Umgang mit technischen Geräten entgegenzuwirken und Schülerinnen und Schüler zu befähigen technische Probleme zu erkennen und zu lösen, soll der allgemeinbildende Technikunterricht Gelegenheiten für das Sammeln von Erfahrungen in der Techniknutzung bieten (Höpken, Osterkamp & Reich 2003, S. 7). Um dem in vielen Kernlehrplänen formulierten Anspruch die Fähigkeit zum Problemlösen im Technikunterricht zu fördern gerecht zu werden, ist ein solches Konstrukt zunächst genauer zu spezifizieren. Für die Spezifizierung eines solchen Konstruktes stellt sich aus fachdidaktischer Sicht insbesondere die Frage, wodurch die Interaktion mit technischen Alltagsgeräten überhaupt zu einem Problem wird. Um diese Frage beantworten zu können, werden technische Alltagsgeräte im Folgenden als vom Menschen erzeugte Systeme bezeichnet und mithilfe der Systemtheorie (Ropohl 1999) beschrieben.

2 Interaktionen in soziotechnischen Systemen

Die Aufgabe eines technischen Systems besteht in der funktionsentsprechenden Umsetzung von Eingangsgrößen in Ausgangsgrößen. Die Funktion bestimmt dabei die innere Struktur des technischen Systems, also wie Systemelemente miteinander in Beziehung stehen und aufeinander einwirken (Graube 2009, S. 57f.). Welche Elemente Teil des Systems sind, wird durch die Systemgrenze festgelegt, die allerdings von den Ein- und Ausgangsgrößen überschritten werden können (ebd., S. 58).

Für eine differenziertere Betrachtung der Systemstruktur gibt es in der Systemtheorie verschiedene Sichtweisen auf ein technisches System. Die Betrachtung der *Wirkstruktur* lässt die Kombination von Wirkprinzipien, die zur Erreichung der Gesamtfunktion verknüpft werden, erkennen. Liegt der Fokus der Systemanalyse auf der *Baustruktur*, werden die einzelnen Bauteile, Baugruppen und ihre Verbindungen, mit denen die Wirkprinzipien realisiert werden, sichtbar (Pahl, Beitz, Feldhusen et al. 2007, S. 56). Diese Perspektiven auf ein technisches System eignen sich allerdings nicht, um die Schwierigkeit bei der Interaktion mit einem solchen System erklären zu können, denn der Umgang mit einem technischen Alltagsgerät erfordert keine Kenntnisse über den Aufbau des Gerätes, sondern Wissen über das Systemverhalten. Eine zweckmäßigere Sichtweise in Bezug auf die Interaktion mit einem technischen Gerät ist die auf die *Funktionsstruktur* eines Systems. Hierbei wird das System als eine *black box* beschrieben, in der die von außen zu beobachtenden Zusammenhänge von Ein- und Ausgangsgrößen dargestellt werden (Ropohl 1999, S. 75ff.). Im Gegensatz zum strukturalen Konzept beschreibt das funktionale Konzept nicht, wie ein technisches Gerät aufgebaut ist, sondern lediglich sein Verhalten.

Damit die, den Funktionen entsprechenden Ausgangsgrößen generiert werden können, sind seitens der nutzenden Person Eingaben zu tätigen. Die Interaktion erfolgt dabei einerseits durch das Betätigen von Bedienelementen und andererseits durch das Wahrnehmen der Reaktionen des Gerätes auf diese Bedienhandlungen, indem Anzeigeelemente interpretiert werden müssen, auf deren Basis die nächste Eingabe erfolgt. Diese Wechselwirkungen zwischen dem technischen System einerseits und dem handelnden Mensch auf der anderen Seite wird in *soziotechnischen Systemen* näher betrachtet (Eckert 2000, S. 128) (Abb. 1). Die Interaktion mit einem Alltagsgerät wird demnach dann zu einem Problem, wenn die Kommunikation zwischen Mensch und technischem Gerät gestört ist.

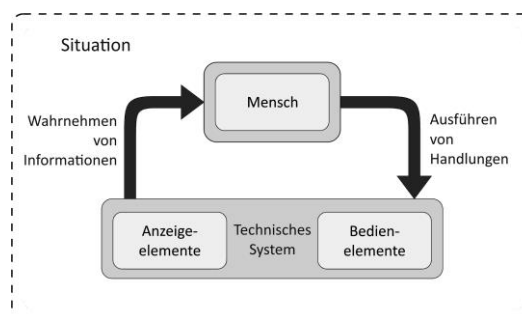


Abbildung 1: Interaktion in einem soziotechnischen System in Abhängigkeit von Mensch, technischem System und Situationskontext

Die Ursachen für eine Störung in der Kommunikation mit einem technischen Gerät können systematisch nach System-, Situations- und Personenmerkmalen differenziert werden (Funke 1990). System- und Situationsmerkmale stellen dabei die Anforderungen an die problem-lösende Person dar, während Personenmerkmale bestimmen, wie gut diese Anforderungen bewältigt werden können. Für die Operationalisierung der System- und Situationsmerkmale werden im Folgenden die von Dörner & Kreuzig (1983) formulierten Merkmale *Komplexität*, *Vernetztheit*, *Dynamik* und *Intransparenz* verwendet. Zu den Merkmalen seitens der mit dem Gerät interagierenden Person gehören alle Eigenschaften und Kenntnisse, die eine Person in die Problemsituation mit einbringt, wie beispielsweise Erfahrung, Intelligenz, Motivation und Selbstwirksamkeitserwartungen.

2.1 Systemmerkmale

Da der Umgang mit einem technischen Alltagsgerät über eine Benutzungsschnittstelle (Interface) erfolgt (Stary 1996, S. 20), sind die Merkmale Komplexität, Vernetztheit, Dynamik und Intransparenz, die eben diese Interaktion schwierig machen auch vorrangig auf der Interfaceebene auszumachen. Für eine einfachere Operationalisierung werden die Systemmerkmale weiter in Merkmale der Hardware und der Software unterteilt (Tab. 1).

Das Merkmal *Komplexität* kennzeichnet den quantitativen Umfang eines technischen Systems, also die Anzahl der Komponenten und Variablen der Benutzungsschnittstelle eines Systems. Auf Hardwareebene lässt sich Komplexität durch die Anzahl an Bedienelementen (Knöpfe, Tasten, Regler etc.) realisieren, auf Softwareebene durch die Anzahl der Zustände, die das System einnehmen kann, die Anzahl der Variablen, die verändert werden können sowie ihre Strukturierung in Menüs, deren Komplexität sich in der Menütiefe und -breite zeigt.

Mit dem Systemmerkmal *Vernetztheit* wird die Verknüpfung von Systemkomponenten und Variablen beschrieben. Eine starke Vernetzung von Bedienelementen der Hardware lässt sich durch eine mehrfache Belegung von Bedienelementen mit Funktionen realisieren (Preim & Dachsel 2010, S. 145). Tasten müssen dann beispielsweise häufig hintereinander gedrückt oder gedrückt gehalten werden, um die zusätzlichen Funktionen aufzurufen. Vernetztheit auf Ebene der Software kann durch eine Verknüpfung von Menüpunkten zwischen unterschiedlichen Navigationsebenen erfolgen mit der Konsequenz eines Verlustes an Struktur und Übersicht von Menüs. Lassen sich Interaktionen nicht direkt wieder rückgängig machen (Reversibilität) wird die Bedienung des entsprechenden Gerätes weiter erschwert. Eine weitere Form der Vernetzung liegt vor, wenn Variablen nur verändert werden können, wenn eine andere Variable einen bestimmten Wert aufweist (Variablenbedingung).

Das Merkmal *Dynamik* eines technischen Systems wird durch das zeitliche Übertragungsverhalten zwischen den Eingangs- und Ausgangsgrößen charakterisiert (Johannsen 1993, S. 34). Zu Problemen führt die Interaktion mit einem System beispielsweise wenn sich Systemzustände ohne das Eingreifen seitens der bedienenden Person verändern (Eigendynamik) oder wenn das System auf Bedienhandlungen erst nach Ablauf einer gewissen Zeit reagiert (Zeitverzögerung).

Wenn Systemzustände, –variablen sowie die Ereignisse mit denen sie geändert werden können zeitweise unbekannt sind oder es dauerhaft bleiben spricht man von einem intransparenten System. *Intransparenz* führt zu Unsicherheit im Handeln der problemlösenden Person und wirkt deshalb schwierigkeitsbestimmend (Tauschek 2006, S. 44). Für die Hardware eines technischen Systems lässt sich Intransparenz durch die Beschriftung von Bedienelementen und der Sichtbarkeit der Bedienhandlung durch eine Rückkopplung des Bedienelementes (optisches, akustisches oder haptisches Signal) variieren, für die Software anhand der Menüverständlichkeit sowie die Rückmeldung des Systems auf die erfolgte Bedienhandlung.

	Komplexität	Vernetztheit	Dynamik	Transparenz
Systemmerkmale				
<i>Hardware</i>	Anzahl Bedienelemente	Mehrfachbelegte Bedienelemente	nicht vorhanden	Beschriftung, Rückkopplung
<i>Software</i>	Menütiefe und –breite, Funktions- und Variablenanzahl	Menüvernetzung, Reversibilität, Variablenbedingungen	Zeitverzögerungen, Eigendynamiken	Menüverständlichkeit, Rückkopplung
Situationsmerkmale				
<i>Problemstellung</i>	Anzahl Lösungsschritte, Anzahl einzustellender Variablen	Zu berücksichtigende Mehrfachbelegungen und Bedingungen	nicht vorhanden	Hilfsmittel

Tabelle 1: Ergebnis der Präzisierung schwierigkeitsbestimmender Merkmale für System- und Situationsmerkmale

2.2 Situationsmerkmale

Die Art und Weise, wie eine Person mit einem technischen System über die Benutzungsschnittstelle interagiert, unterscheidet sich anhand des Ziels, das mit der Anwendung erreicht werden soll. So macht es einen Unterschied, ob eine Person lediglich ein Programm an einer ihr unbekanntem Spülmaschine auswählen möchte (ein Problem, dessen Lösung wenige Bedienhandlungen erfordert), oder ob sie die Einstellung für den Wasserhärtegrad ändern möchte (eine Problemstellung, bei der eventuell mehrfachbelegte Bedienelemente zu berücksichtigen sind). Weil technische Alltagsgeräte nicht mehr nur auf wenige Funktionen beschränkt sind und ihre Anwendung als ergebnisoffen bezeichnet werden kann (Tully 2003, S. 92), kennen nur die wenigsten Nutzer alle Funktionen eines technischen Gerätes und Ausprobieren wird ein wesentlicher Bestandteil der Techniksozialisation (ebd.).

Situationen im Umgang mit technischen Alltagsgeräten werden deshalb danach unterschieden, ob sie dem Erwerb von Wissen (Systemexploration) oder der Anwendung von Wissen, um eine konkrete Bedienhandlung auszuführen (Systemsteuerung) dienen. Während die vorher genannten Systemmerkmale auch einen Einfluss auf die Schwierigkeit in dem explorierenden Umgang mit technischen Systemen haben, wirken Situationsmerkmale nur bei Vorliegen eines konkreten Steuerungsziels schwierigkeitsbestimmend. Situationsmerkmale beschreiben nach Funke (1990) die konkrete Problemstellung unabhängig von dem gegebenen technischen System.

Komplexität als Merkmal der Situation zeigt sich in der Anzahl der Variablen, die verändert werden müssen sowie in der Gesamtanzahl der Bedienhandlungen, die erforderlich sind, um ein vorliegendes technisches System zielgerichtet zu steuern. Je größer die nötige Anzahl unterschiedlicher Bedienhandlungen ist, desto wahrscheinlicher ist das Auftreten fehlerhafter Eingriffe und damit die Schwierigkeit ein technisches System zu bedienen. Eine auf Systemebene vorhandene *Vernetztheit* wirkt in einer konkreten Problemsituation nur dann schwierigkeitsbestimmend, wenn sie für das Erreichen des Steuerungsziels auch berücksichtigt werden muss. Ist in einem technischen System ein mit mehreren Funktionen belegtes Bedienelement vorhanden, das für die Steuerung jedoch nicht verwendet werden muss, so kann diese Mehrfachbelegung keinen Einfluss auf die Schwierigkeit der Steuerung haben. Da sich das konkrete Ziel während der Steuerung eines technischen Gerätes nicht ständig ändert, ist von einer Ausprägung des Merkmals *Dynamik* für die konkrete Problemsituation nicht auszugehen. Unabhängig von der *Transparenz* eines technischen Systems kann die Transparenz in einer konkreten Situation durch Hilfestellungen (z. B. Bedienungsanleitungen) erhöht werden.

2.3 Personenmerkmale

Während die vorab genannten System- und Situationsmerkmale erklären, warum technische Geräte unterschiedlich schwierig zu bedienen sind, erklären Personenmerkmale warum es individuelle Unterschiede in der Bedienung *eines* technischen Geräts gibt. Neben der Problemlösekompetenz, die für das Zustandekommen des Ergebnisses eines Problemlöseprozesses erforderlich ist, sind weitere Einflussfaktoren in die Betrachtung des zu spezifizierenden Konstruktes einzubeziehen. Da es nicht möglich ist, alle Einzelfaktoren anzugeben, sind zumindest diejenigen Konstrukte heranzuziehen, von denen auf Grundlage theoretischer und empirischer Arbeiten ein Einfluss angenommen werden kann.

Der Zusammenhang zwischen Intelligenz und Problemlösen ist bereits seit Langem Gegenstand psychologischer Forschung (z. B. Dörner 1984; Funke 1983; Hussy 1989; Kersting 1999; Leutner 2002; Süß 1999). Vor allem von der genetisch determinierten fluiden Intelligenz (Cattell 1971) wird angenommen, dass sie die Problemlösekompetenz bestimmt. So umfasst fluide Intelligenz, als die Fähigkeit Anforderungen in neuen Situationen ohne Vorwissen bewältigen zu können, Prozesse des Bewusstwerdens von Informationen und des Haltens unterschiedlicher Informationsaspekte im Arbeitsgedächtnis. Durch die Begrenzung der Arbeitsgedächtniskapazität ist die Menge an Informationen, die vorübergehend gehalten werden kann allerdings limitiert (vgl. Süß 1999, S. 223). Aus dem engen Zusammenhang

zwischen Arbeitsgedächtniskapazität und fluider Intelligenz (Kyllonen & Christal 1990, S. 426), lässt sich auch der Einfluss von fluider Intelligenz auf den Wissenserwerb beim Problemlösen erklären.

Die Höhe des Einflusses von Intelligenz auf die Problemlöseleistung ist dabei vermutlich von dem bereits vorhandenen problemspezifischen Wissen abhängig. So zeigte sich in einer Untersuchung zum fachspezifischen Problemlösen bei Elektronikern und Kfz-Mechanikern, dass Intelligenz nur dann einen Einfluss auf das Lösen gegebener technischer Probleme ausübt, wenn das Fachwissen nicht einbezogen wird (Abele, Greiff, Gschwendtner et al. 2012, S. 385). Weil der Erfolg des Wissenserwerbs davon abhängig ist, wie gut neue Inhalte mit bereits vorhandenen Wissensstrukturen verknüpft werden können (Krause & Stark 2006, S. 41), stellt Vorwissen vor allem bei Problemen, die in einem spezifischen Kontext eingebettet sind, eine wichtige Determinante dar. Unter Vorwissen kann dabei all das problembezogene Wissen gefasst werden, das einer Person vor der Problembearbeitung zur Verfügung steht und abrufbar ist (Wirth 2004, S. 42). Zum Vorwissen zählen auch weniger strukturierte Wissensaspekte wie Alltagserfahrungen (Krause & Stark 2006, S. 39), die neben der zum Teil unbewussten Lenkung der Aufmerksamkeit auch bewusst Vorannahmen und Hypothesen über den vorliegenden Problemkontext induzieren (Beckmann & Goode 2014). Der Vorteil bereits vorhandener Annahmen für den Umgang mit technischen Alltagsgeräten liegt in der schon zu Beginn der Systemexploration besseren Orientierung und des gezielteren Informationsbedarfs, dem durch systematischere Explorationsstrategien nachgekommen wird (Hesse 1982, S. 85). Fehlen Erfahrungen und Kenntnisse im Umgang mit einem technischen System, lassen sich keine Hypothesen über das Systemverhalten aufstellen und überprüfen. In diesen Fällen kann Wissen über ein unbekanntes technisches System ausschließlich über die trial-and-error-Strategie erworben werden (OECD PISA Deutschland 2003, S. 7). Diese Strategie ist allerdings aufgrund einer fehlenden Handlungssystematik wenig effektiv und wenig effizient (Van Der Linden, Sonnentag, Frese et al. 2001, S. 190), so dass weniger Wissen erworben werden kann, als mit systematischeren Strategien, die bei bereits vorhandenem Wissen eingesetzt werden.

Neben den kognitiven Faktoren Intelligenz und Vorwissen bzw. Erfahrung haben in konkreten Problemsituationen affektive und motivationale ebenfalls einen Einfluss (Bandura 1977). In einem Vergleich zwischen erfolgreichen und erfolglosen Problemlösern stellen Ausubel, Novak & Hanesian (1981, S. 664) fest, dass erfolgreiche Problemlöser der Tätigkeit des Nachdenkens positiv gegenüber eingestellt sind und mehr Selbstvertrauen in die eigene Fähigkeit Probleme zu lösen zeigen, als weniger erfolgreiche Problemlöser. Eine überdauernde individuelle Motivdisposition, die sich insbesondere in der Motivation zur Bewältigung kognitiver Anforderungen, wie sie beim Problemlösen entstehen, zeigt, ist *Need for Cognition* (Cohen, Stotland & Wolfe 1955). *Need for Cognition* beschreibt die Tendenz einer Person, kognitive Unstimmigkeiten und Doppeldeutigkeiten zu vermeiden, sich mit der Tätigkeit des Denkens zu beschäftigen und Spaß daran zu haben (Cacioppo & Petty 1982, S. 116). Personen mit einer hohen *Need for Cognition* sind eher bereit sich kognitiv aufwändig mit einem Problem auseinanderzusetzen, als Person mit einer gering ausgeprägten *Need for Cognition* (Pechtl 2009, S. 5), was sich in einer Problemsituation in der Ausdauer und der Intensität der ausgeführten Tätigkeiten zeigt (Vollmeyer 2009, S. 336). Im Umgang

mit technischen Alltagsgeräten, der zunächst den Erwerb von Wissen, also die Suche und Verarbeitung von Informationen verlangt, sollte eine hohe Motivation in dem Umfang an Informationssuche sowie in einer deutlich ausdauernden Bearbeitung sichtbar werden (Hesse, Spies & Lüer 1983, S. 420). Eine zurückhaltende Informationssuche lässt sich aber auch auf eine geringe Selbstwirksamkeitserwartung zurückführen (Naumann, Goldhammer, Rölke et al. 2014, S. 195), unter der die subjektive Überzeugung verstanden wird, aufgrund der eigenen Kompetenz Anforderungen erfolgreich bewältigen zu können (Bandura 1977). Ob sich eine Person in der Lage sieht, das zur Erreichung eines Ziels erforderliche Verhalten zu zeigen, ist dabei von den spezifischen Anforderungen in einer Situation abhängig. Der Einschätzung von Wirth (2004, S. 51) zufolge, sind Selbstwirksamkeitserwartungen aufgabenbezogen und keine generellen Personeneigenschaften.

3 Fragestellungen

Die in diesem Beitrag zu beantwortende Frage, wodurch die Interaktion mit technischen Alltagsgeräten zu einem Problem wird, kann in zwei konkreten Fragestellungen formuliert werden, wobei sich die erste Fragestellung auf die Anforderungen in der Problemsituation und die zweite Fragestellung auf die Konstrukte bezieht, die den Erfolg bei der Bewältigung der Anforderungen beeinflussen.

Fragestellung 1: Bestimmen die angenommenen System- und Situationsmerkmale tatsächlich die Schwierigkeit im Umgang mit technischen Alltagsgeräten?

Da bereits vorab theoriegeleitet Annahmen über die potenziell schwierigkeitsbestimmenden System- und Situationsmerkmale *Komplexität, Vernetztheit, Dynamik* und *Intransparenz* formuliert wurden, lassen sich diese Annahmen auch empirisch prüfen. Eine Überprüfung der aus dem Konstrukt abgeleiteten Anforderungen dient damit auch der Konstruktvalidierung (Hartig & Frey 2012, S. 44).

Fragestellung 2: Lassen sich die angenommenen Beziehungen der genannten Personenmerkmale auf die Problemlösekompetenz bestätigen?

Für die weitere Validierung des Konstruktes einer Problemlösekompetenz im Umgang mit technischen Alltagsgeräten sind die in Abb. 2 dargestellten Beziehungen zu überprüfen und Fehler darin aufzudecken.

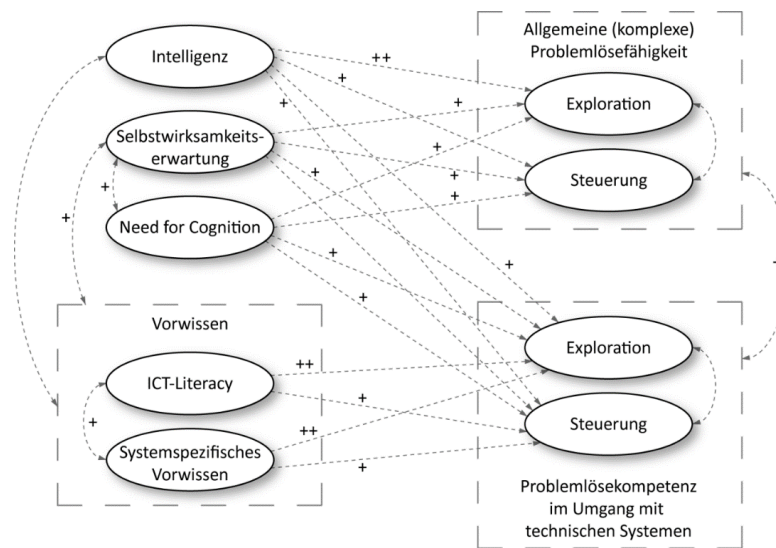


Abbildung 2: Theoretisches Kausalmodell der Problemlösekompetenz im Umgang mit technischen Alltagsgeräten

4 Methode

Zur Erfassung der Problemlösekompetenz im Umgang mit technischen Systemen wurde ein computerbasierter Test entwickelt, der 15 Simulationen technischer Alltagsgeräte aus den Bereichen: Selbstbedienungsautomaten, Hausgerätetechnik, Haustechnik, Multimedia und Informations- und Kommunikationstechnik enthält (Abb. 3). Weil davon auszugehen ist, dass sich das Verhalten einer Person im Umgang mit einem technischen System anhand des Ziels, das erreicht werden soll unterscheidet, beinhaltet jedes Item in dem Test die Interaktionsformen Systemexploration und Systemsteuerung. Die hinsichtlich der Merkmale Komplexität, Vernetztheit, Dynamik und Intransparenz variierenden Systeme müssen von den Probanden zunächst exploriert werden, um Wissen über die Bedienung zu erlangen und anschließend nach einer vorgegebenen Problemstellung gesteuert werden, indem sie das zuvor erworbene Wissen anwenden.



Abbildung 3: simuliertes Interface eines Radioweckers als Item des computerbasierten, technischen Problemlösetests

Eine hohe Problemlösekompetenz in der Handhabung technischer Systeme zeigt sich im explorierenden Umgang darin, dass die Systeme sehr ausführlich exploriert werden, um so

viele Informationen zu generieren. Die Bewertung des Probandenverhaltens in dieser Phase erfolgt anhand der Vollständigkeit der Systemexploration. Die Anzahl der explorierten Systemzustände, die sich aus den aufgezeichneten Logfiles entnehmen lassen, werden an der Gesamtzahl der vorhandenen Zustände eines jeweiligen Systems relativiert. Das sich ergebende Maß der Explorationsvollständigkeit kann demnach Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei der Wert 0 für keine Systemexploration und der Wert 1 für eine vollständige Systemexploration steht.

Die Kompetenz einer Person im steuernden Umgang zeigt sich hingegen darin, wie erfolgreich sie bei der Steuerung ist. Der Erfolg bei der Systemsteuerung lässt sich danach beurteilen, ob das Steuerungsziel erreicht wurde und wie viele Systemeingriffe dafür benötigt wurden. Neben der dichotomen Bewertung der Steuerungsleistung (1 Punkt für Richtiglösungen / 0 Punkte für Falschlösungen) können bei erfolgreicher Itembearbeitung weitere Punkte vergeben werden. Für jedes der auf Basis finiter Automaten erstellten technischen Systeme gibt es eine minimale Anzahl an Bearbeitungsschritten, um das gegebene Problem zu lösen. Je geringer die Differenz zwischen der tatsächlich vom Probanden benötigten Anzahl und der mindestens benötigten Schrittzahl ist, desto größer ist der zu erreichende Score (0 Punkte für ein falsches Ergebnis, 1 Punkt für ein richtiges Ergebnis, für das über 100 % mehr Bearbeitungsschritte benötigt wurden, 2 Punkte für ein richtiges Ergebnis, für das über 50 % mehr Bearbeitungsschritte benötigt wurde und 3 Punkte für ein richtiges Ergebnis, für das weniger als 50 % mehr Interaktionen benötigt wurden) (Stemmann & Lang, in Druck).

Fluide Intelligenz als Einflussfaktor auf die Problemlösekompetenz wurde mit der Kurzform des CFT 20-R (Weiß 2006) ohne Testzeitverlängerung erfasst. Die Testdurchführung erfolgte papierbasiert unmittelbar vor dem Einsatz des technischen Problemlösetests. Um den Einfluss der Selbstwirksamkeitserwartung zu prüfen, wurden die in der PISA-Studie 2012 (OECD 2013, S. 65) erstmalig eingesetzten Skalen Ausdauer und Aufgeschlossenheit gegenüber dem Problemlösen eingesetzt. Zur Erfassung der Need for Cognition wurde eine von Preckel (2014) adaptierte deutschsprachige Skala verwendet. Aufgrund des angenommenen Vorwissenseinflusses wurde das geräteübergreifende und gerätespezifische Vorwissen mit einem Selbstbeurteilungsfragebogen erfasst. Die Skala ICT-Nutzung repräsentierte das geräteübergreifende Vorwissen während das gerätespezifische Vorwissen einer Person im Umgang mit den in dem Test simulierten technischen Geräten mit jeweils einem Einzelitem (Single-Item mit konkreter Falldarstellung) erhoben wurde. Weiterhin wurde in der Studie ein ebenfalls computerbasierter Test zur Erfassung allgemeiner Problemlösefähigkeit eingesetzt (Neubert, Kretzschmar, Wüstenberg et al. 2015), um zu prüfen, ob sich der angenommene Kontexteinfluss in der empirischen Differenzierbarkeit der beiden Konstrukte allgemeine Problemlösefähigkeit und technische Problemlösekompetenz zeigt.

Der entwickelte computerbasierte technische Problemlösetest, der CFT 20-R sowie die genannten Skalen wurden 147 Studierenden ($w = 52$, $m = 95$) zur Bearbeitung vorgelegt. Das Durchschnittsalter der Probanden betrug zum Zeitpunkt der Datenerhebung $M = 26.59$ Jahre ($SD = 5.89$ Jahre). Um den Einfluss, den das Interesse an technischen Sachverhalten auf die Techniknutzung ausübt auf ein Minimum zu reduzieren, konnten ausschließlich Studierende eines technischen Faches an der Studie teilnehmen, da bei ihnen von einem vorhandenen

Technikinteresse ausgegangen werden kann. Die freiwillige Teilnahme an dem Test wurde mit 30 € vergütet und stellte die Verlosung eines Apple® iPad® Air2 unter den besten zehn Problemlösern in Aussicht, um die Motivation über die Testdauer von drei Stunden aufrecht zu erhalten. Von 94 Probanden wurde außerdem der computerbasierte Test zur Erfassung allgemeiner Problemlösefähigkeit bearbeitet.

Um anhand der erhobenen Daten die erste Fragestellung beantworten zu können, wird die Methode der Regressionsanalyse gewählt. Die Varianz in den Aufgabenschwierigkeiten wird anhand der Summe der gewichteten System- und Situationsmerkmale aufgeklärt (vgl. Hartig 2007), wobei die Größe des Einflusses eines Merkmals durch das in der Analyse zu schätzende Regressionsgewicht zum Ausdruck gebracht wird. Das in Abb. 2 postulierte theoretische Kausalmodell, in dem die Wirkungsbeziehungen zwischen den einzelnen Personenmerkmalen dargestellt werden, wird mithilfe eines Strukturgleichungsmodells formalisiert und dann empirisch (anhand der Stichprobe, die die gesamte Testbatterie bearbeitet hat) überprüft. Die Durchführung der multiplen linearen Regressionsanalyse erfolgte in IBM SPSS Statistics 22, die Berechnung der Parameter und der Modellgüte des Strukturgleichungsmodells in der Software R (Version 3.3.1) (R core Team 2016) und dem R-Paket lavaan (Version 0.5-20) (Rosseel 2015).

5 Ergebnisse

5.1 Fragestellung I: schwierigkeitsbestimmende System- und Situationsmerkmale

Für die Beantwortung der ersten Fragestellung werden die empirischen Itemschwierigkeiten der 15 simulierten technischen Geräte getrennt nach Systemexploration und –steuerung ausgewertet, da nicht alle Merkmale in beiden Interaktionsformen die Schwierigkeit beeinflussen. Die empirischen Schwierigkeiten stellen in den ebenfalls getrennt nach Interaktionsform aufgestellten Regressionsgleichungen die abhängige Variable und die System- und Situationsmerkmale die unabhängigen Variablen dar.

Exploration

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass sich die Schwierigkeit eines Items in der Vollständigkeit der Systemexploration zeigt. So sollte ein technisches Gerät, dessen schwierigkeitsbestimmende Merkmale stark ausgeprägt sind, weniger vollständig zu explorieren sein, als ein System mit geringer Merkmalsausprägung. Die empirische Schwierigkeit für den explorierenden Umgang mit einem technischen Gerät ergibt sich aus der an der Probandenzahl relativierten Explorationsvollständigkeit. Die durch die Explorationsvollständigkeiten operationalisierte mittlere Testschwierigkeit beträgt .55. Aus Abb. 4, die die Itemschwierigkeiten aller technischen Geräte für die Systemexploration zeigt, lässt sich erkennen, dass die Testitems das Schwierigkeitsspektrum ausreichend abdecken.

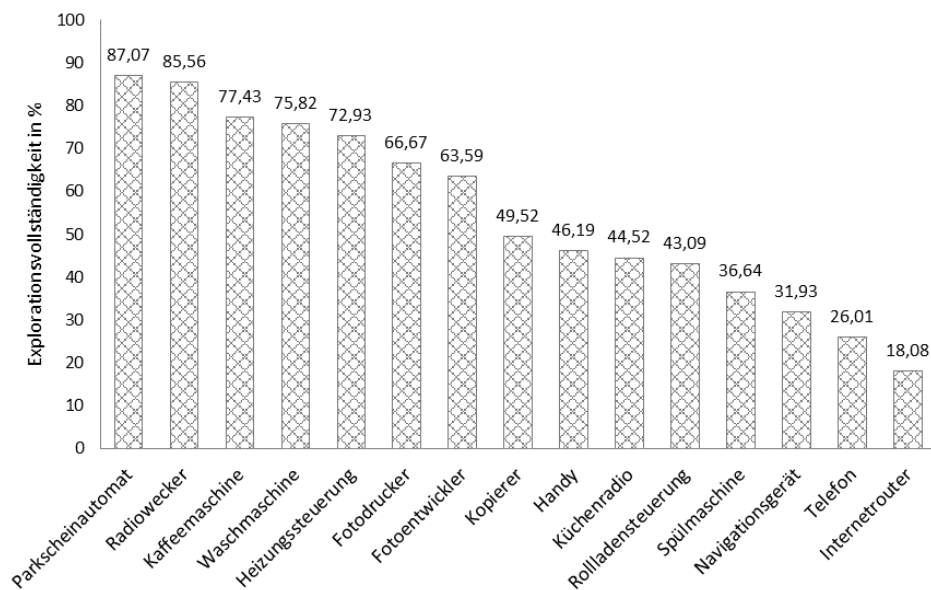


Abbildung 4: empirische Schwierigkeit im explorierenden Umgang mit technischen Alltagsgeräten (die technischen Geräte sind in der Reihenfolge ihrer empirischen Schwierigkeiten angeordnet und nicht anhand ihrer Position in dem Test)

Nach der Überprüfung der Voraussetzungen für die Durchführung einer linearen Regression (linearer Zusammenhang zwischen den unabhängigen und abhängigen Variablen, Ausschluss von Multikollinearität, normalverteilte und homogen streuende Residuen) verbleiben die als schwierigkeitsbestimmend angenommenen formalen Systemmerkmale: *Anzahl der Bedienelementarten*, *Menüverständlichkeit*, *Anzahl der Bedingungen*, *Anzahl der Bedienelemente*, *Menütiefe*, *Anzahl sichtbarer Zustände* sowie *Anzahl der veränderbaren Variablen*. Als inhaltliches Merkmal wird außerdem die *Vorwissenskompatibilität* in die Regressionsanalyse genommen. Die Aufnahme der unabhängigen Variablen in die Regressionsgleichung erfolgte in Blöcken anhand der Merkmale Transparenz, Vernetztheit, Komplexität und Vorwissenskompatibilität. Durch jede Hinzunahme eines Blockes wird ein neues Regressionsmodell gebildet, für das entsprechende Gütemaße angegeben und die miteinander verglichen werden können (Tab. 2).

Der Vergleich der Regressionsmodelle zeigt zwar, dass je mehr Variablenblöcke in das Modell aufgenommen werden, das Bestimmtheitsmaß R^2 steigt (Maximum von $R^2 = .95$), die Varianzaufklärung im Verhältnis zur Anzahl der Merkmale und der Itemanzahl im Modell 3 mit $R_{\text{korr}}^2 = .88$ am größten ist. Das Ergebnis für den F-Test, der das Bestimmtheitsmaß R^2 statistisch absichert, ist in allen vier Modellen signifikant, wobei der F-Wert in dem Modell 3 mit $F = 14.24$ am größten wird.

Modell	R^2	R_{korr}^2	F	p
1) Transparenz	.61	.54	8.65	<.01
2) Transparenz + Vernetztheit	.75	.68	10.22	<.01
3) Transparenz + Vernetztheit + Komplexität	.94	.88	14.24	<.01
4) Transparenz + Vernetztheit + Komplexität + Vorwissenskompatibilität	.95	.87	11.99	<.01

Tabelle 2: Vergleich von Regressionsmodellen zur Vorhersage der Explorationsschwierigkeit

Aus dem am besten zu den beobachteten Daten passenden Modell 3 werden die Merkmale entfernt, deren Einfluss auf die Explorationsschwierigkeit im Vergleich zu den anderen Merkmalen als gering einzuschätzen ist. Mit den verbleibenden Variablen der Transparenz (Anzahl der Bedienelementarten und Menüverständlichkeit) sowie den Variablen der Komplexität (Anzahl Bedienelemente und Menütiefe) können noch 90 % der Varianz der Explorationsschwierigkeit erklärt werden (Tab. 3). Die Ausprägung der Merkmale der Transparenz erhöhen die Explorationsvollständigkeit (geringe Schwierigkeit) wohingegen die Ausprägung der Merkmale der Komplexität zu einer Verringerung der Explorationsvollständigkeit führen (hohe Schwierigkeit).

Prädiktoren	B	SE	β	t	p
(Konstante)	.54	.10		5.49	.00
Anzahl Bedienelementarten	.12	.04	.37	3.27	.01
Menüverständlichkeit	.32	.08	.42	3.88	.00
Anzahl Bedienelemente	-.02	.01	-.37	-3.38	.01
Menütiefe	-.05	.01	-.43	-3.97	.00

$R = .95$; $R^2 = .90$; $R_{korr}^2 = .86$; $F = 20.44$; $p < .001$

Anmerkungen: n = Itemanzahl; B = unstandardisierter Regressionskoeffizient; SE = Standardfehler; β = standardisierter Regressionskoeffizient; t = t-Wert des unstandardisierten Regressionskoeffizienten; R^2 = Determinationskoeffizient; F = F-Wert; R_{korr}^2 = korrigierter Determinationskoeffizient

Tabelle 3: Regressionskoeffizienten und globale Modellgütemaße der Analyse schwierigkeitsbestimmender Merkmale der Systemexploration nach Entfernung von Variablen mit nicht-signifikanten Regressionskoeffizienten ($n = 15$)

Steuerung

Die empirische Schwierigkeit ein technisches System zu steuern, zeigt sich nicht nur in der relativen Lösungshäufigkeit (dichotome Ergebnisauswertung), sondern auch darin, wie viele Bearbeitungsschritte für das Erreichen des jeweiligen Steuerungsziels benötigt werden. Für die Steuerung eines besonders schwierigen Systems (das überhaupt nur von wenigen Personen zielgerichtet gesteuert werden kann) müssen die Probanden weitaus mehr mit dem System interagieren, als eigentlich nötig ist. Abb. 5 zeigt die nach den unterschiedlichen Verfahren berechneten Itemschwierigkeiten der einzelnen technischen Geräte.

Der Vergleich der Itemschwierigkeiten, zeigt ein Absinken des Schwierigkeitsindex für alle Items. Der Betrag, um den die relative Lösungshäufigkeit bei Berücksichtigung der Interaktionsanzahl abnimmt, ist jedoch nicht für alle Items gleich groß. So waren einige Items von den Testpersonen zwar zu lösen (hohe relative Lösungshäufigkeit bei dichotomer Ergebnisauswertung), die Lösungen konnten jedoch nur mit einem erheblichen Mehraufwand an Bearbeitungsschritten erzielt werden (geringe relative Lösungshäufigkeit bei Berücksichtigung der Interaktionsanzahl). Ursächlich für den auswertungsbedingten Schwierigkeitsunterschied bei einzelnen Items ist unseres Erachtens das Vorhandensein von schwierigkeitsbestimmenden Merkmalen, die einen Einfluss auf den steuernden Umgang mit den technischen Geräten haben. Als unabhängige Variable der Regressionsanalyse wird deshalb die empirische Itemschwierigkeit, die die Interaktionsanzahl berücksichtigt, verwendet.

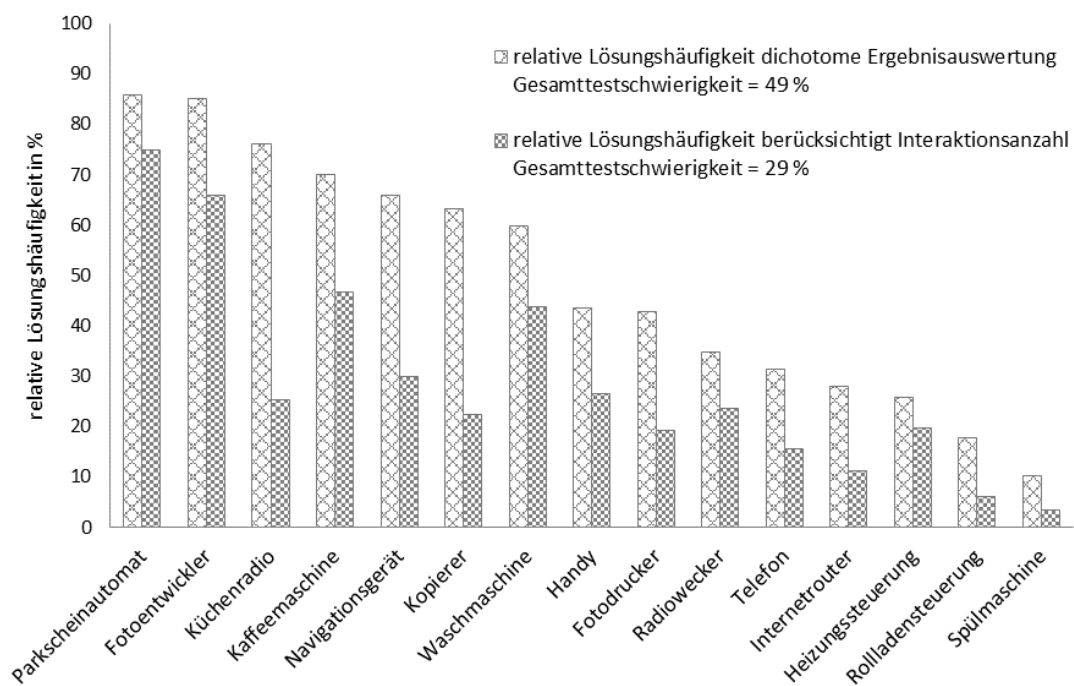


Abbildung 5: Vergleich der unterschiedlich berechneten empirischen Itemschwierigkeiten für die Steuerung technischer Alltagsgeräte

Die nach der Prüfung der Voraussetzungen für die Durchführung einer linearen Regression verbleibenden Merkmale der Problemsituation sind die benötigte *Anzahl unterschiedlicher*

Lösungsschritte sowie die zu berücksichtigenden Mehrfachbelegungen von Bedienelementen. Die Systemmerkmale werden in der Variable der *Explorationsvollständigkeit* zusammengefasst, die gleichermaßen wie die *steuerungsspezifische Exploration* mit in die Regressionsgleichung eingeht. Als inhaltliches Merkmal, das bereits in der Explorationsphase berücksichtigt wurde, wird die *Vorwissenskompatibilität* der technischen Systeme als eine weitere Ursache für die Varianz in der Itemschwierigkeit vermutet. Das Ergebnis der Regressionsanalyse ist in Tab. 4 zusammengefasst.

Prädiktoren	<i>B</i>	<i>SE</i>	β	<i>t</i>	<i>p</i>
(Konstante)	.07	.12		.55	.59
zu berücksichtigende Mehrfachbelegung Bedienelemente	-.10	.06	-.37	-1.69	.12
Explorationsvollständigkeit	.62	.19	.67	3.18	.01
geringe Vorwissenskompatibilität	-.14	.09	-.34	-1.54	.15

$R = .73$; $R^2 = .54$; $R_{\text{korrr}}^2 = .41$; $F = 4.28$; $p = .03$

Anmerkungen: *n* = Itemanzahl; *B* = unstandardisierter Regressionskoeffizient; *SE* = Standardfehler; β = standardisierter Regressionskoeffizient; *t* = t-Wert des unstandardisierten Regressionskoeffizienten; R^2 = Determinationskoeffizient; *F* = F-Wert; R_{korrr}^2 = korrigierter Determinationskoeffizient

Tabelle 4: Regressionskoeffizienten und globale Modellgütemaße der Analyse schwierigkeitsbestimmender Merkmale der Systemsteuerung (Leistungsbewertung berücksichtigt Anzahl der Interaktionen) nach Entfernung von Variablen mit geringem Einfluss auf die Itemschwierigkeit ($n = 15$)

Ausschließlich für das Verhalten in der vorherigen Systemexploration kann ein signifikanter Einfluss auf die Systemsteuerung gezeigt werden. Je vollständiger die technischen Geräte vorab exploriert wurden, desto besser konnten diese anschließend gesteuert werden. Die Variablen Mehrfachbelegung von Bedienelementen und geringe Vorwissenskompatibilität hat zwar wie erwartet einen negativen Einfluss auf die Leistung der Systemsteuerung, jedoch wird dieser nicht signifikant. Insgesamt können mit diesen drei Variablen nur 54 % der Varianz in der Steuerungsschwierigkeit erklärt werden.

5.2 Fragestellung II: Prüfung des theoretischen Kausalmodells technischer Problemlösekompetenz

Während sich der vorherige Abschnitt mit den Anforderungen, die im problemlösenden Umgang mit technischen Systemen an die interagierende Person gestellt werden befasste, soll in diesem Abschnitt die Frage beantwortet werden, welche Merkmale bei der Bewältigung dieser Anforderungen helfen. Konstrukte von denen ein Einfluss auf die Problemlöseleistung angenommen wird, sind fluide Intelligenz, die auf das Problemlösen bezogene Selbstwirksamkeitserwartung, Need for Cognition sowie ICT-Nutzung und das gerätespezifische Vorwissen. Auf Grund des ungünstigen Verhältnisses zwischen der Anzahl zu schätzender Modellparameter und der Anzahl beobachteter Daten wurden die Konstrukte, deren Erfassung über eine Fragebogenskala erfolgte, als manifeste Variablen in das Struktur-

modell eingefügt. Dazu zählen *Ausdauer*, *Aufgeschlossenheit gegenüber Problemlösen*, *Need for Cognition*, *Nutzungshäufigkeit von ICT* sowie die *gerätespezifische Vorerfahrung*. Diese manifesten Variablen werden aus dem jeweiligen Skalenwert der Personen gebildet, der sich aus der Summe der einzelnen Itemwerte ergibt. Die kognitiven Konstrukte, für deren Erfassung ein Test zum Einsatz kam, wurden als latente Variablen in das Strukturmodell eingebracht. Allgemeine Problemlösefähigkeit wurde in Anlehnung an Neubert, Kretschmar, Wüstenberg et al. (2015) sowie Greiff, Fischer, Wüstenberg et al. (2013) anhand den zwei Subdimensionen Exploration (dort Wissenserwerb bzw. Wissen) und Steuerung (dort Wissensanwendung) differenziert.

Da die Daten, auf deren Grundlage die Schätzung des Strukturgleichungsmodells erfolgt, kontinuierliche und kategoriale Werte enthält, letztere also als nicht normalverteilt angesehen werden dürfen, kann kein Maximum Likelihood-Verfahren verwendet werden (Reinecke, 2014, S. 109). Stattdessen wird das DWLS-Verfahren, eine modifizierte Variante des WLS-Verfahrens (diagonally weighted least square) eingesetzt, das für kategoriale und nicht normalverteilte Daten geeignet ist und keine hohe Stichprobengröße erfordert (Wirth & Edwards 2007, S. 65). Abb. 6 zeigt das angenommene und geschätzte Theoriemodell. Die Modellgütemaße für das Gesamtmodell zeigen bis auf eine signifikante X^2 -Statistik einen guten Modellfit an ($X^2/df = 1.21$; CFI = .96; RMSEA = .04 [.03; .05]; WRMR = .82).

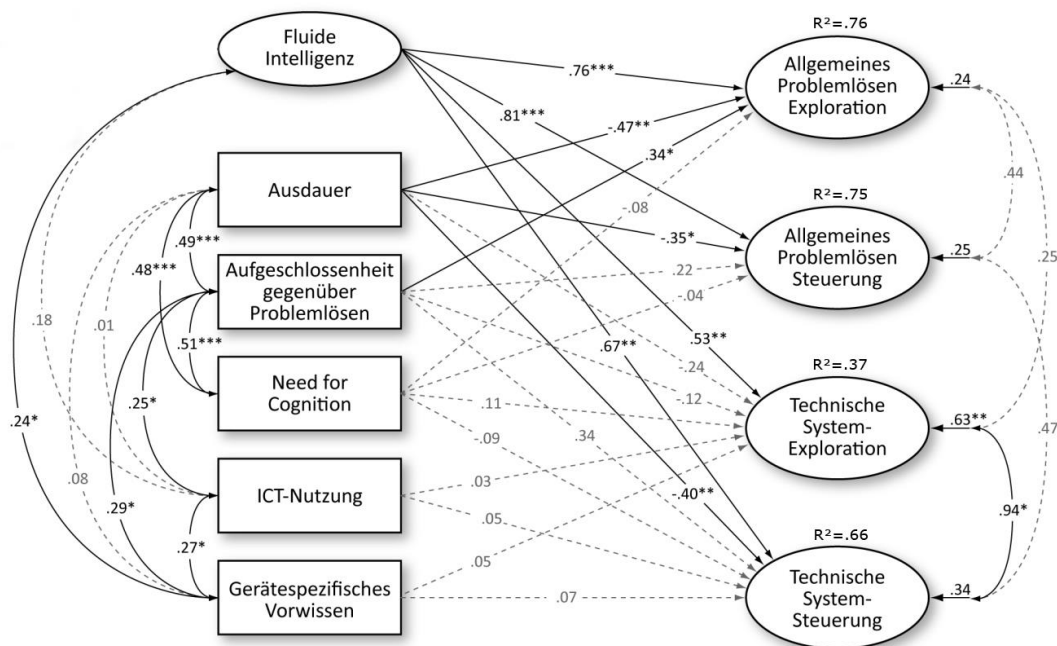


Abbildung 6: Strukturgleichungsmodell zur Verortung technischer Problemlösekompetenz in einem Theoriemodell ($n = 77$); gestrichelt dargestellte Effekte sind nicht signifikant, $*p < .05$; $**p < .01$; $***p < .001$; $R^2 =$ Kommunalität; Modellfit: $X^2/df = 1.21$; CFI = .96; RMSEA = .04 [.03; .05]; WRMR = .82

Der stärkste Prädiktor für die Leistungen im explorierenden und steuernden Umgang mit technischen Systemen ist fluide Intelligenz. Die standardisierten Pfadkoeffizienten betragen

für den Einfluss der Intelligenz auf die technische Systemexploration $\beta = .53$ ($p = .002$) und auf die technische Systemsteuerung $\beta = .67$ ($p = .003$). Die höheren Pfadkoeffizienten zwischen Intelligenz und den Subdimensionen allgemeiner Problemlösefähigkeit ($\beta = .76$ ($p < .001$) und $\beta = .81$ ($p < .001$)) sprechen für den angenommenen Einfluss von Vorwissen beim Umgang mit technischen Alltagsgeräten, der sich auf die Höhe des Einflusses von Intelligenz auswirkt.

Gegen diese Annahme sprechen allerdings die Pfadkoeffizienten zwischen dem Vorwissen und dem technischen Problemlösen. Weder die Nutzungshäufigkeit von Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT) noch die bereits gemachten Nutzungserfahrungen der Probanden mit den einzelnen spezifischen Geräten beeinflussen die Leistungen der Probanden in der Systemexploration und -steuerung. Die Hypothese, nach der ein höheres Vorwissen zu einer besseren Leistung im explorierenden und steuernden Systemumgang führt, kann demnach nicht bestätigt werden.

Die auf das Lösen von Problemen bezogene Selbstwirksamkeitserwartung wurde mit den Selbsteinschätzungsskalen *Ausdauer* bei der Bewältigung neuer Aufgaben sowie *Aufgeschlossenheit gegenüber dem Problemlösen* erfasst. Beide Skalen korrelieren zu $r = .49$ ($p < .001$) und erfassen damit unterschiedliche Facetten der problemlösebezogenen Selbstwirksamkeitserwartung. Diese Unterschiede zeigen sich auch deutlich in den Einflüssen, die sie auf die latenten Variablen des allgemeinen und technischen Problemlösens ausüben. So haben die Pfadkoeffizienten zwischen der Ausdauer bei der Aufgabebewältigung und den endogenen Variablen ein durchweg negatives Vorzeichen, während sie zwischen der Aufgeschlossenheit gegenüber dem Problemlösen und den endogenen Variablen (mit Ausnahme technischer Systemexploration) positiv sind. Für die Variable *Ausdauer* bedeutet das, dass Personen die sich selbst als besonders ausdauernd bei der Bewältigung neuer Anforderungen einschätzen, tendenziell eher geringere Leistungen erbrachten. Der angenommene direkte Einfluss von Need for Cognition auf die Problemlöseleistungen konnte nicht bestätigt werden. Die Höhe der Pfadkoeffizienten bleiben unter bzw. gleich dem Wert von $\beta = .11$ und werden nicht signifikant. Auch die indirekten Effekte von Need for Cognition über die Ausdauer und die Aufgeschlossenheit gegenüber dem Problemlösen auf die Problemlöseleistungen sind sehr klein (der indirekte Effekt von Need for Cognition über die Aufgeschlossenheit gegenüber dem Problemlösen auf die technische Systemexploration beispielsweise ist $\beta = .11$; $p = .13$).

Insgesamt können mit den berücksichtigten exogenen Variablen 37 % Varianz der Systemexploration und 66 % Varianz der Systemsteuerung erklärt werden. Hierbei trägt die Variable fluide Intelligenz den jeweils größten Beitrag ($R^2 = .30$ bei technischer Systemexploration und $R^2 = .48$ bei technischer Systemsteuerung). Im Gegensatz zum allgemeinen Problemlösen, bei dem mindesten 75 % der Varianz aufgeklärt werden kann (bis zu 66 % durch fluide Intelligenz), verbleibt insbesondere bei der technischen Systemexploration noch ein Anteil von über 50 %, der nicht durch die berücksichtigten exogenen Variablen erklärt werden kann.

6 Diskussion & Limitationen

Gezeigt werden konnte der deutliche Einfluss, den einige der Merkmale auf die Schwierigkeit der Systemexploration ausüben. Komplexität als die Menge an Informationen, die während der Systemexploration generiert werden muss, als auch eine fehlende Transparenz dieser Informationen bestimmen wie gut die Exploration eines technischen Gerätes gelingt. Sichtbar wurde dabei auch, dass das Verhalten in der Systemexploration einen Einfluss auf die Systemsteuerung ausübt, das heißt je vollständiger ein technisches Gerät exploriert wurde, desto besser gelang die anschließende Systemsteuerung.

Ein in der Itementwicklung und –analyse nicht berücksichtigter Aspekt betrifft eventuelle Interaktionseffekte zwischen einzelnen Merkmalen auf die Explorations- und Steuerungsschwierigkeit. Interessant wäre diesbezüglich inwieweit das Merkmal Intransparenz als Moderatorvariable den Zusammenhang zwischen den Merkmalen Komplexität, Vernetztheit und Dynamik und der Explorationsschwierigkeit beeinflusst. Wenn sich ein solcher Zusammenhang empirisch zeigen ließe, könnten daraus Maßnahmen für die Förderung der Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schüler im allgemeinbildenden Technikunterricht abgeleitet werden. Zu prüfen ist vorab allerdings, ob sich der gefundene Einfluss der Merkmale auf die Schwierigkeit auch im Umgang mit anderen technischen Systemen zeigt. Die Ermittlung der schwierigkeitsbestimmenden Merkmale mithilfe der multiplen linearen Regressionsanalyse wurde in der berichteten Studie an lediglich 15 Items untersucht, so dass zu fragen ist, ob ein solcher Befund auf die Gesamtheit aller technischen Alltagsgeräte generalisierbar ist.

Intelligenz hat wie erwartet einen bedeutsamen Einfluss auf die Exploration und die Steuerung im Umgang mit technischen Alltagsgeräten, der ebenfalls erwartungskonform geringer ausfällt, als zwischen Intelligenz und allgemeiner Problemlösefähigkeit. Der Nachweis, dass das kontextspezifische Vorwissen diesen Unterschied ausmacht, ließ sich allerdings nicht zeigen. Die Ursache für den in dieser Studie ausgebliebenen Zusammenhang zwischen der Nutzungserfahrung und dem Umgang mit technischen Geräten kann zum einen in der Erfassungsmethode und zum anderen in der theoretischen Annahme selbst liegen. Die Ausprägung der gerätespezifischen Erfahrung wurde für jedes technische Gerät aus dem Test mit einer drei-vierstufigen Ratingskala erfasst, deren Abstufungen zusätzlich durch konkrete Falldarstellungen verdeutlicht wurden. Es ist nicht auszuschließen, dass Probanden sich eventuell nur ungenau in eine der Kategorien einordnen ließen. Die Ausprägung der Erfahrung variierte mit einer lediglich drei Stufen enthaltenen Skala in den Ergebnissen nur unzureichend. Die theoretische Annahme, dass die Vorerfahrungen förderlich für den Problemlöseprozess und die Problemlöseleistung sind, muss außerdem nicht bei jeder Person und jedem technischen Gerät zutreffen. Vorstellbar ist, dass die technischen Geräte, mit denen die Probanden bereits Erfahrungen gesammelt haben, sich hinsichtlich bestimmter Aspekte von den Geräten unterscheiden, die in dem Test simuliert wurden.

Festzustellen (aber hier nicht berichtet) war eine überdurchschnittliche Ausprägung der Selbstwirksamkeitserwartung in der untersuchten Stichprobe von Studierenden. Dies kann unter anderem darin begründet sein, dass sich Studierende, aber auch Schülerinnen und Schüler tendenziell häufiger überschätzen, als unterschätzen (Pajares & Kranzler 1995;

Pajares & Miller 1994). Ein anderer Erklärungsgrund für den hohen Grad an Selbstwirksamkeitserwartung ist in der Selbstselektion der Stichprobe zu finden. Der Testaufruf enthielt bereits Informationen über die Testdauer und darüber, dass der problemlösende Umgang mit technischen Geräten computerbasiert erfasst werden soll. Es ist denkbar, dass sich auf diesen Aufruf vorwiegend Personen meldeten, die Spaß am Denken und an Herausforderungen haben und die von sich erwarten, dass sie in dem Test gut abschneiden. Die geringe Varianz in den überdauernden Motiven kann ein Grund für den hier nicht festzustellenden Einfluss zwischen der *Need for Cognition* und den Problemlöseleistungen sein. Ein fehlender Zusammenhang zwischen der Selbstwirksamkeitserwartung als ein überdauerndes Motiv und dem Testverhalten ließe sich auch über die aktualisierte Motivation erklären. Durch die vorhandene High-Stakes-Testsituation (in der die Probanden durch die Aufsicht auf Belohnung motiviert wurden) wurden überdauernde Motive nicht wie erwartet wirksam. Ein Erklärungsansatz für den gefundenen negativen Einfluss von Ausdauer auf alle Problemlöseleistungen ist damit jedoch nicht aufgezeigt.

Berücksichtigt wurde das Interesse an Technik als eine Einflussvariable, indem die technische Problemlösekompetenz zunächst ausschließlich an einer Stichprobe von Studierenden eines technischen Faches untersucht wurde. Ob das Interesse an den spezifischen technischen Sachverhalten der jeweiligen Studiengänge auch mit dem Interesse an technischen Geräten verbunden ist, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden. Mit der Stichprobenauswahl ist allerdings auch der Nachteil verbunden, dass sich die Befunde aus dieser Untersuchung nicht auf Personen übertragen lassen, deren Technikinteresse als gering einzuschätzen ist. Nicht generalisiert werden dürfen die Befunde außerdem auf Personen, die nicht der Gruppe von Studierenden angehören, da sich diese hinsichtlich der kognitiven Fähigkeiten, der Selbstwirksamkeitserwartungen aber auch hinsichtlich des Alters und anderen Variablen von anderen Personengruppen unterscheiden. Im Anschluss an die Beseitigung methodischer Mängel sollte die Repräsentativität der Stichprobe durch eine sukzessive Aufhebung der Selektionskriterien erhöht werden, sodass schlussendlich Aussagen über die Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schüler im allgemeinbildenden Technikunterricht aller Schulformen möglich sind.

Ogleich der genannten Limitierungen, die es bei der Ergebnisinterpretation zu berücksichtigen gilt, leistet die vorliegende Arbeit einen ersten Beitrag kompetentes Handeln im allgemeinbildenden Technikunterricht computerbasiert zu erfassen. Die berichteten Ergebnisse haben aber nicht nur aus testtheoretischer Perspektive für die Validierung des Konstruktes *Problemlösender Umgang mit technischen Geräten* Relevanz, sondern sind außerdem aus fachdidaktischer Sicht bedeutend, weil sich aus ihnen Maßnahmen zur Förderung technischer Problemlösefähigkeit generieren lassen. Ein Fokus kann dabei in Abhängigkeit individueller Voraussetzungen auf die Vermittlung komplexitätsreduzierender und transparenzerhöhender Explorationsstrategien liegen.

Literaturverzeichnis

- Abele, S., Greiff, S., Gschwendtner, T., Wüstenberg, S., Nickolaus, R., Nitzschke, A., et al. (2012). Dynamische Problemlösekompetenz: Ein bedeutsamer Prädiktor von Problemlöseleistungen in technischen Anforderungskontexten? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(2), S. 363–391.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1981). *Psychologie des Unterrichts: Band 2*. Weinheim: Beltz.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. *Psychological Review*, 84(2), S. 191–215.
- Beckmann, J. F. & Goode, N. (2014). The benefit of being naive and knowing it: the unfavourable impact of perceived context familiarity on learning in complex problem solving tasks. *Instructional Science*, 42, S. 271–290.
- Cacioppo, J. T. & Petty, R. E. (1982). The need for cognition. *Journal of Personality and Social Psychology*, 42, S. 116–131.
- Cattell, R. B. (1971). *Abilities: Their Structure, Growth, and Action*. Boston, Mass.: Houghton Mifflin.
- Cohen, A. R., Stotland, E. & Wolfe, D. M. (1955). An experimental investigation of need for cognition. *Journal of abnormal and social psychology*, 51, 291–294.
- Dörner, D. (1984). Denken, Problemlösen und Intelligenz. *Psychologische Rundschau*, 35(1), S. 10–20.
- Dörner, D. & Kreuzig, H. W. (1983). Problemlösefähigkeit und Intelligenz. *Psychologische Rundschau*, 34(4), S. 185–192.
- Eckert, M. (2000). Die Theorie technischer Systeme - Ein Ansatz zur Didaktik technisch-beruflicher Fachrichtungen? In R. Bader & K. Jenewein (Hrsg.), *Didaktik der Technik zwischen Generalisierung und Spezialisierung: Helmut Sanfleber gewidmet anlässlich der Verabschiedung von der Gerhard-Mercator-Universität Duisburg* (125–140). Frankfurt am Main: GAFB.
- Funke, J. (1983). Einige Bemerkungen zu Problemen der Problemlöseforschung oder: Ist Testintelligenz doch ein Prädiktor? *Diagnostica*, 29(4), S. 283–302.
- Funke, J. (1990). Systemmerkmale als Determinanten des Umgangs mit dynamischen Systemen. *Sprache und Kognition*, 9(3), S. 143–154.
- Graube, G. (2009). *Technik und Kommunikation: Ein systemischer Ansatz technischer Bildung*. Göttingen: Cuvillier.
- 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 Verlag für Sozialwissenschaften (GWV).

- Greiff, S., Fischer, A., Wüstenberg, S., Sonnleitner, P., Brunner, M. & Martin, R. (2013). A multitrait-multimethod study of assessment instruments for complex problem solving. *Intelligence*, 41(5), S. 579–596.
- Hartig, J. (2007). Skalierung und Definition von Kompetenzniveaus. In B. Beck & E. Klieme (Hrsg.), *Sprachliche Kompetenzen: Konzepte und Messung ; DESI-Studie (Deutsch-Englisch-Schülerleistungen-International)* (83–99). Weinheim, Basel: Beltz.
- Hartig, J. & Frey, A. (2012). Konstruktvalidierung und Skalenbeschreibung in der Kompetenzdiagnostik durch die Vorhersage von Aufgabenschwierigkeiten. *Psychologische Rundschau*, 63(1), S. 43–49.
- Hesse, F. W. (1982). Effekte des semantischen Kontexts auf die Bearbeitung komplexer Probleme. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 29(1), S. 62–91.
- Hesse, F. W., Spies, K. & Lüer, G. (1983). Einfluß motivationaler Faktoren auf das Problemlöseverhalten im Umgang mit komplexen Problemen. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 30(3), S. 400–424.
- Höpken, G., Osterkamp, S. & Reich, G. (2003). *Inhalte technischer Bildung*. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verl.
- Hussy, W. (1989). Intelligenz und komplexes Problemlösen. *Diagnostica*, 35(1), 1–16.
- Jakobs, E.-M. (2005). Technikakzeptanz und Technikteilhabe. *Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis*, 14(3), S. 68–75.
- Johannsen, G. (1993). *Mensch-Maschine-Systeme*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Kersting, M. (1999). Diagnostik und Personalauswahl mit computergestützten Problemlöseszenarien? Zur Kriteriumsvalidität von Problemlöseszenarien und Intelligenztests. Göttingen: Hogrefe.
- Krause, U.-M. & Stark, R. (2006). Vorwissen aktivieren. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (38–49). Göttingen: Hogrefe.
- Kyllonen, P. C. & Christal, R. E. (1990). Reasoning Ability Is (Little More Than) Working-Memory Capacity?! *Intelligence*, 14(4), S. 389–433.
- Leutner, D. (2002). The fuzzy relationship of intelligence and problem solving in computer simulations. *Computers in Human Behavior*, 18, S. 685–697.
- Mammes, I. (2001). Förderung des Interesses an Technik: Eine Untersuchung zum Einfluss technischen Sachunterrichts auf die Verringerung von Geschlechterdifferenzen im technischen Interesse. Frankfurt am Main, Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Lang.
- Naumann, J., Goldhammer, F., Rölke, H. & Stelter, A. (2014). Erfolgreiches Problemlösen in technologiebasierten Umgebungen: Wechselwirkungen zwischen Interaktionsschritten und Aufgabenanforderungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 28(4), S. 193–203.

- Neubert, J. C., Kretzschmar, A., Wüstenberg, S. & Greiff, S. (2015). Extending the Assessment of Complex Problem Solving to Finite State Automata: Embracing Heterogeneity. *European Journal of Psychological Assessment*, 31(3), S. 181–194.
- OECD (2013). *PISA 2012 Results: Ready to Learn: Students' engagement, drive and self-beliefs (Volume III)*: OECD Publishing.
- OECD PISA Deutschland (2003). Erfassung fächerübergreifender Problemlösekompetenzen in PISA. www.mpib-berlin.mpg.de/Pisa/Problemloesen-2.pdf. Zugegriffen: 27. August 2012.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K.-H. (2007). *Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung*. Berlin: Springer.
- Pajares, F. & Kranzler, J. (1995). Self-Efficacy Beliefs and General Mental Ability in Mathematical Problem-Solving. *Contemporary Educational Psychology*, 20(4), S. 426–443.
- Pajares, F. & Miller, D. M. (1994). Role of Self-Efficacy and Self-Concept Beliefs in Mathematical Problem Solving: A Path Analysis. *Journal of Educational Psychology*, 86(2), S. 193–203.
- Pechtl, H. (2009). Anmerkungen zur Operationalisierung und Messung des Konstrukts "need for cognition". Diskussionspapier 05/09.
- Preckel, F. (2014). Assessing Need for Cognition in Early Adolescence. *European Journal of Psychological Assessment*, 30(1), S. 65–72.
- Preim, B. & Dachselt, R. (2010). *Interaktive Systeme*. Heidelberg: Springer.
- R core Team (2016). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna Austria.
- Reinecke, J. (2014). *Strukturgleichungsmodelle in den Sozialwissenschaften*. München: Oldenbourg.
- Ropohl, G. (1999). *Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik*. München: C. Hanser.
- Rosseel, Y. (2015). *lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling*.
- Stary, C. (1996). *Interaktive Systeme: Software-Entwicklung und Software-Ergonomie*. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg.
- Stemmann, J. & Lang, M. (in Druck). 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*. Münster: Waxmann.
- Süß, H.-M. (1999). Intelligenz und komplexes Problemlösen. *Psychologische Rundschau*, 50(4), S. 220–228.
- Tauschek, R. (2006). *Problemlösekompetenz in komplexen technischen Systemen: Möglichkeiten ihrer Entwicklung und Förderung im Unterricht der Berufsschule mit Hilfe*

computergestützter Modellbildung und Simulation. Theoretische und empirische Analyse in der gewerblich-technischen Berufsbildung. Dissertation. Technische Universität Dresden, Dresden.

Tully, C. J. (2003). Mensch - Maschine - Megabyte: Technik in der Alltagskultur. Eine sozialwissenschaftliche Hinführung. Opladen: Leske + Budrich.

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), S. 189–198.

Vollmeyer, R. (2009). Motivationspsychologie des Lernens. In V. Brandstätter & J. H. Otto (Hrsg.), *Handbuch der Allgemeinen Psychologie-Motivation und Emotion* (335–346). Göttingen: Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG.

Weiß, R. H. (2006). CFT 20-R: Grundintelligenztest Skala 2. Revision. Göttingen [u.a.]: Hogrefe.

Wirth, J. (2004). Selbstregulation von Lernprozessen. Humboldt-Univ., Diss.--Berlin, 2003. Münster: Waxmann.

Wirth, R. J. & Edwards, M. C. (2007). Item factor analysis: current approaches and future directions. *Psychological Methods*, 12(1), S. 58–79.

Autoren

Jennifer Stemmann

Universität Duisburg-Essen, Technologie und Didaktik der Technik

Universitätsstraße 15, 45141 Essen

jennifer.stemmann@uni-due.de

Prof. Dr. Martin Lang

Universität Duisburg-Essen, Technologie und Didaktik der Technik

Universitätsstraße 15, 45141 Essen

martin.lang@uni-due.de

Zitieren dieses Beitrages:

Stemmann, J. & Lang, M. (2016). Personen-, System- und Situationsmerkmale als Einflussfaktoren auf den problemlösenden Umgang mit technischen Alltagsgeräten. *Journal of Technical Education (JOTED)*, Jg. 4 (Heft 2), S. 128-150.