

JENNIFER STEMMANN (Universität Duisburg-Essen)

MARTIN LANG (Universität Duisburg-Essen)

**Eignet sich die logfilegenerierte Explorationsvollständigkeit als  
Prozessindikator für den Wissenserwerb im 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 / MARTIN LANG

## **Eignet sich die logfilegenerierte Explorationsvollständigkeit als Prozessindikator für den Wissenserwerb im problemlösenden Umgang mit technischen Alltagsgeräten?**

**ZUSAMMENFASSUNG:** Das Konstrukt technischer Problemlösekompetenz wird als ein Sammelbegriff für die Dimensionen Wissenserwerb und Wissensanwendung aufgefasst. Die im Umgang mit technischen Geräten als Systemexploration bezeichnete Dimension für den Wissenserwerb hat einen Einfluss auf die anschließende Wissensanwendung (Systemsteuerung). Bisherige Forschungsarbeiten haben den Wissenserwerb mithilfe zusätzlicher Tests erfasst, in denen vor allem deklaratives Wissen abgefragt wird. Mit der Intention die damit verbundenen Nachteile (u. a. Testzeitverlängerung, Beeinflussung des Testverhaltens) zu überwinden, widmet sich dieser Beitrag der Explorationsvollständigkeit als logfilegenerierter Indikator für den Wissenserwerb. Die Ergebnisse zeigen einen hohen Zusammenhang zwischen diesem Indikator und der Leistung in der Systemsteuerung.

*Schlüsselwörter:* Problemlösen, Techniknutzung, Alltagsgeräte, Logfiles, Wissenserwerb

### **Is logfile-generated exploration completeness suitable as a process indicator for knowledge acquisition in handling of everyday technical devices?**

**ABSTRACT:** Technical problem solving is a two-dimensional construct consists of the dimensions knowledge acquisition and knowledge application. In handling technical devices system exploration (knowledge acquisition) influences the following system control (knowledge application). Previous research uses additional tests to measure the existing knowledge after system exploration. With the intention to overcome the associated disadvantages (i.e. test time extension, influencing the test behaviour), this paper is dedicated to exploration completeness as a logfile-generated indicator of knowledge acquisition. The results show a high correlation between exploration completeness and system control.

*Keywords:* problem solving, utilization of technics, everyday devices, logfiles, knowledge acquisition

## 1 Wissenserwerb und Wissensanwendung im problemlösenden Umgang mit technischen Alltagsgeräten

Die im allgemeinbildenden Technikunterricht zu fördernde Kompetenz technische Probleme zu erkennen und zu lösen soll Schülerinnen und Schülern helfen, sich im technischen Alltag zurechtzufinden (Höpken, Osterkamp & Reich 2003). Technische Probleme umfassen dabei alle Probleme, in denen Technik eine Rolle in der Problemsituation spielt. Da Probleme allerdings nicht durch ein technisches Artefakt selbst, sondern erst im Umgang mit ihm entstehen, umfassen technische Problemkontexte nach einer von Ropohl (1990, S. 111) verfassten Definition des Technikbegriffes also

- „die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Artefakte entstehen und
- die Menge menschlicher Handlungen, in denen Artefakte verwendet werden.“

Während die Entwicklung und Herstellung als technikspezifisches Handeln vorwiegend in industriellen und handwerklichen Bereichen stattfindet, nimmt die Nutzung technischer Produkte auch im privaten Bereich eine große Stellung ein (Graube 2009). Aufgrund der schnellen Entwicklung technischer Geräte und den damit verbundenen kurzen Nutzungszeiten wird vorhandenes Wissen allerdings schnell obsolet und Handlungsroutrinen müssen ständig verändert werden. Darüber hinaus führt auch die immer größer werdende Menge an Funktionen, die in den Geräten implementiert wird, dazu, dass der Umgang mit ihnen zu einem Problem wird (Zühlke 2005). Die Förderung des kompetenten Umgangs mit technischen Alltagsgeräten sowie die valide Erfassung einer solchen Kompetenz ist Aufgabe des Technikunterrichtes.

Die Bedienung eines technischen Gerätes erfordert zum einen gezielte Eingriffe in das System und zum anderen das Wahrnehmen und Interpretieren der Systemreaktionen, um darauf basierend weitere Eingriffskombinationen tätigen zu können. Da sich der Systemzustand während des Eingreifens verändert, können Informationen nur im zeitlichen Verlauf generiert werden. Kompetentes Handeln in solchen dynamischen Problemsituationen lässt sich im Gegensatz zu deklarativ repräsentiertem Fachwissen nicht mit Papier-Bleistift-Verfahren diagnostizieren. Die valide Erfassung fachspezifischer Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern erfolgt im allgemeinbildenden Technikunterricht als auch in der gewerblich-technischen Berufsbildung daher häufig im Umgang mit realen Gegenständen (Funke 1993). Die in Tests eingesetzten technischen Systeme müssen jedoch bestimmte Bedingungen erfüllen und eignen sich aus ökonomischen Gründen nur für kleine Stichproben (vgl. Abele, Gschwendtner & Nickolaus 2009, S. 24). Als Alternative bieten sich computerbasierte Messungen an, die Handlungen sowohl hoch standardisiert, reliabel als auch praktikabel und für große Stichproben kostengünstig erfassen können (Gschwendtner, Abele & Nickolaus 2009, S. 557). Mit Computersimulationen lassen sich reale technische Geräte mehr oder weniger detailgetreu abbilden, Eingriffsmöglichkeiten generieren und das entsprechende Systemverhalten nachbilden, so dass mit ihnen Personen nicht nur wiederholt und kontrolliert (Badke-Schaub & Tisdale 1995, S. 48) sondern auch valide untersucht werden können.

Im problemlösenden Umgang mit technischen Alltagsgeräten können Personen im Gegensatz zu vollständig kontextfreien Problemsituationen auf eventuell vorhandenes Bedienungswissen zurückgreifen, das ihnen bei der Problembearbeitung hilft. Allerdings ist dieses Wissen nicht obligatorisch, sondern kann auch im Umgang mit den technischen Geräten explorativ erworben werden. Denn im Gegensatz zu stark fachspezifischen Problemstellungen, wie sie in beruflichen Kontexten auftreten, erlaubt der Umgang mit technischen Alltagsgeräten den Ausgleich eventu-

ell vorhandener Vorwissensdefizite noch im Problemlöseprozess. Je (fach-)spezifischer und umfangreicher hingegen das für die Problemlösung benötigte Wissen ist, desto schwieriger wird es, sich das Wissen erst während der Problembearbeitung anzueignen (Stemmann & Lang 2014).

Weil heutige technische Alltagsgeräte nicht mehr nur auf wenige Funktionen beschränkt sind, ist eine umfassende Kenntnis aller Funktionen kaum noch denkbar. Durch das Verschwinden eines eindeutigen Zweckbezuges (mit einem Smartphone lässt sich nicht mehr nur telefonieren) verlieren aber auch Bedienungsanleitungen an Bedeutung und Ausprobieren wird nach Tully ein wesentlicher Bestandteil der Techniksozialisation (Tully 2003, S. 19). In Bezug auf den problemlösenden Umgang mit technischen Alltagsgeräten wird demnach zwischen den Prozesskomponenten *Wissenserwerb* und *Wissensanwendung* differenziert, denn die problemlösende Person muss zum einen ein technisches System sorgfältig explorieren, um Wissen zu erwerben und zum anderen Wissen anwenden, um das Gerät der gewünschten Funktion entsprechend zu bedienen.

Das über ein technisches Gerät vorhandene Wissen einer Person lässt sich zunächst in Wissen auf *Interfaceebene* und Wissen auf *Systemebene* unterscheiden (vgl. Kluwe 1997a, S. 66). Wissen auf Systemebene bezieht sich auf das Wissen über die Wirk- und Baustruktur eines technischen Gerätes, also auf das Wissen über die einzelnen Bauteile und ihre Verbindungen. Wissen auf Interfaceebene beschreibt das Wissen einer Person über die Elemente der Benutzungsschnittstelle (Interface), die aus den Anzeige- und Bedienelementen besteht. Während das Wissen auf Systemebene vor allem von Personen benötigt wird, die diese Geräte fertigen, warten oder reparieren, reicht das Wissen auf Interfaceebene aus, um ein Gerät als durchschnittlicher Nutzer bedienen zu können. Das auf Interfaceebene vorhandene Wissen muss nicht mit dem Wissen auf Systemebene verknüpft sein, d. h. eine Person kann die Funktion einer Taste des Interfaces kennen, aber nicht notwendigerweise, welche dahinterliegende Systemkomponente mit ihr angesprochen wird (Kluwe 1997b, S. 20). Weiter wird das Wissen auf Interfaceebene unterschieden in *Strukturwissen* einerseits und *Eingriffswissen* andererseits (z. B. Preußler 1998, S. 219; Schaub & Reimann 1999, S. 175; Süß 1996, S. 72). Dabei umfasst das Strukturwissen auf Interfaceebene das Wissen über die vorhandenen Systemvariablen und ihren Relationen (Putz-Osterloh, Bott & Houben 1988, S. 241) sowie über mögliche Systemzustände. Neben dem Strukturwissen ist zur Steuerung eines komplexen Systems außerdem Wissen darüber erforderlich, wie in das System eingegriffen werden muss, um Variablen und Zustände konkret zu verändern (Eingriffswissen). Diese Form des Wissens besteht vor allem aus *Wenn-Dann-Regeln*, bei denen der Wenn-Teil die Bedingung beschreibt, unter der eine bestimmte Aktion (Dann-Teil) erlaubt ist (vgl. Opwis, Beller, Spada et al. 2006, S. 213). Eine Person weiß in diesem Sinne, welcher Input (z. B. Betätigen eines Knopfes) zu welchem Output führt (z. B. Kaffee fließt aus dem Auslauf eines Kaffeefullautomaten).

Das für die gezielte Bedienung eines technischen Systems benötigte Eingriffswissen muss, wenn es nicht bereits vorhanden ist, zunächst erworben werden. Der Wissenserwerbsprozess kann als ein Informationsverarbeitungsprozess beschrieben werden, in dem eine Person Informationen (Problemlöseoperatoren) zunächst beschaffen muss, bevor sie diese verarbeiten und speichern kann (Dörner & van der Meer 1995). Im Umgang mit technischen Geräten können Informationen prinzipiell auf verschiedene Arten erworben werden (Anderson 2007). So ermöglicht das Befragen von Experten, das Durchlesen von Bedienungsanleitungen (Instruktion), das Beobachten (Analogiebildung) sowie das eigene Ausprobieren (Entdecken) fehlende Informationen zu identifizieren. Vor dem Hintergrund dynamischer Systeme lässt sich durch Instruktion und Analogiebildung nur begrenzt (prozedurales) Eingriffswissen erwerben, so dass dem *Entdecken-Lernen* im Umgang mit technischen Systemen eine besondere Bedeutung zugesprochen wird

(vgl. Kluwe 1997b, S. 22). Das Ausprobieren (Explorieren) erfordert die Interaktion mit dem technischen System (Schachtner 1997, S. 16). Hierzu muss eine Person über die Benutzungsschnittstelle Eingaben tätigen, die intern eine Zustandsänderung herbeiführen können und dann eine Rückmeldung an die Benutzungsschnittstelle geben. Diese Informationen müssen von der bedienenden Person wahrgenommen und im deklarativen Gedächtnis gespeichert werden. Je ausführlicher eine Person ein technisches System exploriert, desto mehr Zustandsübergänge finden statt und desto mehr Informationen werden generiert. Je öfter eine Person dieselben Eingaben in demselben Zustand ausführt, desto eher erfolgt eine Wissenskompilation, bei der das deklarative Wissen in prozedurales Wissen überführt wird. Dieses Wissen ist erforderlich, um in einer konkreten Situation eine Aufgabe mit dem technischen System zu erledigen. Dazu muss das System mit einer gezielten Folge von Eingriffen in einen bestimmten Systemzustand gebracht werden. Je nach Aufgabenstellung sind das unterschiedliche und unterschiedlich viele Eingriffe in das System. Die Interaktion mit technischen Systemen unterscheidet sich also danach, welches Ziel mit der Interaktion erreicht werden soll. Steht der Erwerb von Eingriffswissen im Vordergrund, so wird eine Person sehr viele Eingriffe in das System vornehmen, um so viele Informationen über die Zustandsübergänge zu erhalten. Besteht das Ziel der Interaktion hingegen darin, das System in einen klar definierten Systemzustand zu bringen, so müssen die zu tätigen Eingriffe in einer der Aufgabenstellung entsprechenden Reihenfolge ausgeführt werden.

Zusammenfassend erfolgt der Wissenserwerb im Umgang mit dynamischen Systemen durch die Identifikation von Informationen und deren Integration in die Wissensstruktur (Wirth 2004, S. 22). Dabei zeigt sich, dass das Explorationsverhalten einen Einfluss auf den Wissenserwerb und dieser einen Einfluss auf die Wissensanwendung hat (Wüstenberg, Greiff, Molnár et al. 2014).

## 2 Indikatoren von Problemlösekompetenz

Um die Kompetenz im problemlösenden Umgang mit technischen Alltagsgeräten messen und im Technikunterricht fördern zu können, sind für die Operationalisierung des Konstruktes in ein Messinstrument geeignete Indikatoren zu finden. Indikatoren lassen sich danach unterscheiden, ob sie ein Ergebnis oder einen Prozess anzeigen. Mit dem resultatorientierten Ansatz, bei dem das Interesse auf dem Ergebnis des Problemlöseprozesses liegt, können besonders interindividuelle Unterschiede der Problemlösekompetenz gezeigt werden. Im prozessorientierten Ansatz wird hingegen betrachtet, wie es zu dem beobachteten Ergebnis gekommen ist. Geeignete Indikatoren sind allerdings nicht nur danach auszuwählen, ob sie das Resultat oder den Prozess des Problemlösens indizieren, sondern außerdem ob sie auf den Wissenserwerb oder die Wissensanwendung hinweisen.

Das über ein dynamisches und auf Basis finiter Automaten konstruiertes System bestehende Wissen, das entweder bereits vorhanden ist oder ggf. während einer Explorationsphase erworben wurde, wird in vielen Studien mithilfe des resultatorientierten Ansatzes erfasst. Ein resultatorientierter Testwert entsteht, wenn den Probanden ggf. nach einer vorhandenen Systemexploration Aufgaben vorgelegt werden, in denen sie Systemzustände identifizieren oder verifizieren müssen und die Richtiglösungen anschließend zu einem Wert summiert werden. Neben der vorhandenen Ratewahrscheinlichkeit bei Unsicherheit oder Nichtwissen ist ein wesentlicher Kritikpunkt die zusätzliche Testzeit, die für die Wissensdiagnose benötigt wird. Abhängig von der Komplexität des explorierten Systems kann die Anzahl zu beantwortender Items die Testökonomie in Frage stellen. Wird indessen nur das für die anschließende Systemsteuerung relevante Systemwissen

abgefragt, so führt das zu einer Beeinflussung des weiteren Problemlöseprozesses. Denn durch die Reflexion wird relevantes Wissen aktiviert (Süß 1996, S. 71; Schoppek & Putz-Osterloh 2003, S. 166), das sich dann auf das Verhalten während der Systemsteuerung und damit auf die Steuerungsleistung auswirkt (Tauschek 2006, S. 57).

Als Alternative zu resultatorientierten Indikatoren für den Erwerb von Systemwissen bieten sich prozessorientierte Indikatoren an. Häufig werden Methoden eingesetzt, die die im Laufe des Wissenserwerbs stattfindenden kognitiven Prozesse verbalisieren, wie *Protokollnotizen* sowie die Methode des *Lauten Denkens* (Funke & Spering 2006, S. 674). Diese synchron zu dem laufenden Problemlöseprozess eingesetzten Methoden stellen damit Sekundärprozesse dar, die den eigentlichen Problemlösungsprozess begleiten (Wallach 1998, S. 165). Allerdings können auch diese Methoden aufgrund der Aufzeichnung der Aktivitäten zur einer Verhaltensveränderung führen. Im Hinblick auf die mögliche Reaktivität der Methoden des Verbalisierens und den mit ihrem Einsatz verbundenen Aufwand erscheint eine Fokussierung auf Prozessindikatoren, die aus Logfiles entnommen werden können, unproblematischer (vgl. Wirth 2004, S. 83).

Logfiles stellen digitale, automatisch aufgezeichnete, chronologische Protokolle von Ereignissen in einem computerbasierten System dar (Schmitz & Yanenko 2014, S. 847). Im Umgang mit komplexen Systemen handelt es sich bei den Ereignissen um vorab als relevant definierte Systemeingriffe wie etwa Klicks (ebd.), Zeicheneingaben oder Drag and Drop-Aktionen. Weil die Aufzeichnung von Logfiles stattfindet, ohne dass die Testperson davon etwas bemerkt, liefern die aus ihnen entnommenen Prozessindikatoren unverzerrte Daten über den Wissensprozess (Wirth 2004, S. 84).

Die Ableitung eines Prozessindikators aus Logfiles ist abhängig von dem, was mit dem Indikator erfasst werden soll. So lassen sich die von einer Person während der Exploration eines Systems vorgenommenen Systemeingriffe danach analysieren, ob sie einer systematischen Abfolge im Sinne einer Strategie entsprechen (Funke 2004, S. 103). Da für die Bewertung von Eingriffsfolgen nicht nur die Sequenz der erfolgten Interventionen, sondern auch für jede einzelne Aktion der jeweilige Ist-Zustand, die Intervention und der resultierende Zustand bekannt sein müssen (ebd.), ist diese Form der Prozessanalyse nur für wenige und wenig komplexe Systeme geeignet. Wirth (2004, S. 86), der sich der Selbstregulation von Lernprozessen in einem dynamischen System widmet, bewertet jeden einzelnen Systemeingriff danach, ob dieser einen Beitrag zur Identifikation von Informationen oder zur Integration der bereits identifizierten Information in die vorhandene Wissensstruktur leistet. Das erstmalige Drücken einer bestimmten Taste an einem neuen Gerät generiert Informationen, die erst zu diesem Zeitpunkt durch die nutzende Person wahrnehmbar sind. Je häufiger ein Eingriff wiederholt wird, desto geringer ist durch die beginnende Prozeduralisierung der kognitive Aufwand für den Abruf des erworbenen Wissens. Da jede getätigte Interaktion einer Person mit einem System bewertet werden muss, ist der Aufwand ähnlich hoch wie in der von Funke vorgeschlagenen Prozessanalyse der verwendeten Strategien. Einen einfacheren Prozessindikator stellt die Anzahl der Interaktionen mit einem dynamischen System dar. Naumann, Goldhammer, Rölke et al. (2014, S. 194) verwenden für den Umgang mit Informations- und Kommunikationstechnologien im Rahmen der PIAAC-Studie (OECD 2013) diesen Indikator auf Basis der Annahme, dass es einen umgekehrt U-förmigen Zusammenhang zwischen der Interaktionsanzahl und der Lösungswahrscheinlichkeit gibt. Die Autoren vermuten, dass ab einer gewissen Anzahl an Interaktionen auf eine Desorientierung der Testpersonen zu schließen ist und damit die Lösungswahrscheinlichkeit abnimmt (Naumann, Goldhammer, Rölke et al. 2014, S. 195).

Als alleiniger Indikator für den Erwerb von Wissen in einer, hier von der Wissensanwendung separierten Phase, erscheint die Anzahl der getätigten Eingriffe nicht ausreichend. Durch

das mehrfache Drücken einer Taste, die nicht zu einem neuen Systemzustand führt, lassen sich keine neuen Informationen generieren und damit auch kein neues Wissen über das System erwerben. Während der Exploration eines technischen Gerätes liegt das Ziel darin, Wissen über dessen Bedienung zu erlangen, so dass die Interaktionen mit dem System dabei so vorgenommen werden sollten, dass möglichst viele Informationen über vorhandene Systemzustände und Variablen generiert werden. Je mehr Zustandsübergänge im explorierenden Umgang mit dem technischen System kennengelernt werden, desto größer sollte das erworbene Eingriffswissen ausfallen. Als Prozessindikator für den Wissenserwerb während der Exploration eines technischen Systems kann die Vollständigkeit der Systemexploration ein geeigneteres Maß sein. Die *Explorationsvollständigkeit* ist dabei das Verhältnis zwischen der von einer Person generierten Informationsmenge und der Gesamtzahl an Informationen, die aus einem System maximal generiert werden können. Dieses Maß ist intervallskaliert und kann für jede Person über alle explorierten Systeme aufsummiert werden, sodass ein Testwert entsteht, der die Kompetenzausprägung einer Person im explorierenden Umgang mit technischen Geräten widerspiegelt.

Liegt das Ziel der Interaktion nicht in dem gezielten Ausprobieren eines technischen Gerätes und damit im Erwerb von Eingriffswissen, sondern soll mit der Bedienung ein konkretes Anwendungsziel erreicht werden, kann die Menge an Informationen, die jemand in der Interaktion generiert, kein Maß für kompetentes Verhalten *in dieser Situation* sein. Der Fokus liegt vielmehr auf die Anwendung des erworbenen Wissens, um mit einer festen Folge von Eingriffen das System gezielt zu steuern. Kompetenzunterschiede spiegeln sich in dem Erfolg der Wissensanwendung wider, sodass der Erfolg bei der Erreichung der vorgegebenen Ziele ein wichtiges resultatorientiertes Maß für die Systemsteuerung darstellt.

Dass das in der Explorationsphase erworbene Wissen einen Einfluss auf den Erfolg bei der Steuerung dynamischer Systeme hat, belegen bereits mehrere Studien (Wüstenberg, Greiff, Molnár et al. 2014; Kröner & Leutner 2002). In diesen Arbeiten wird das Wissen allerdings resultatorientiert durch eine nachträgliche Wissensabfrage erfasst. Mit dem Anliegen zu prüfen, ob der Ergebnisindikator aus dem Wissenstest durch den aus Logfiles abgeleiteten Prozessindikator Explorationsvollständigkeit ersetzt werden kann, ist die hier zu beantwortende Fragestellung:

Kann der aus Logfiles entnommene Prozessindikator Explorationsvollständigkeit die Leistung in der Steuerung eines technischen Systems vorhersagen?

### 3 Methode

#### *Problemlösen im Umgang mit technischen Alltagsgeräten*

Um kompetentes Verhalten im Umgang mit technischen Alltagsgeräten erfassen zu können wurde ein computerbasierter Test<sup>1</sup> entwickelt. Bei den 15 Testitems handelt es sich um Simulationen technischer Geräte aus dem Alltag, die von den Probanden zunächst innerhalb von zehn Minuten exploriert und anschließend nach vorgegebener Problemstellung in einen eindeutigen Systemzustand gebracht werden müssen. Die für die Diagnostik notwendige exakte Beschreibung der formalen Systemstruktur wurde mithilfe des Formalismus *finiter Automaten* realisiert. Hierbei handelt es sich um ein Modell zur Beschreibung eines Systems, das sich zu jedem gegebenen Zeitpunkt in einem der, aus einer endlichen Menge stammenden Zustände befindet. Ein Zustand ist dabei definiert als die Zeitspanne, in der ein System auf ein Ereignis wartet. Ereignisse können dabei externe Eingaben einer Person sein oder interne Ereignisse, die ohne externen

<sup>1</sup> Der computerbasierte Test wurde mit dem CBA ItemBuilder erstellt, einer Software, die vom Deutschen Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF) zur Verfügung gestellt wurde, dem an dieser Stelle dafür gedankt wird.

Eingriff stattfinden (z. B. Ablauf einer Zeit). Als Reaktion auf ein Ereignis durchläuft ein System der Reihe nach verschiedene Zustände. Diese Zustandsübergänge werden im Modell finiter Automaten durch Übergangsfunktionen beschrieben und können außerdem mit Zustandsübergangsdiagrammen (Abb. 1) visualisiert werden. In dem Diagramm werden die Zustände als Rechtecke und die Zustandsübergänge als Pfeile dargestellt. Beschriftet wird der Pfeil mit dem Ereignis, das den Zustandsübergang auslöst und das Rechteck mit dem Namen des Zustandes.

Das Verhalten der Probanden im Umgang mit den computersimulierten Alltagsgeräten wird getrennt nach Exploration und Steuerung bewertet. In der Explorationsphase haben die Probanden das Ziel Wissen über die Bedienung des jeweiligen technischen Gerätes zu erwerben. Ihre Interaktion muss demnach so ausgerichtet sein, dass sie möglichst viele Informationen generieren. Die Anzahl an Informationen innerhalb eines Systemzustandes ist allerdings begrenzt, so dass die Interaktionen zu einer Änderung der Systemzustände führen sollen. Je mehr Systemzustände erkundet werden, desto größer ist die Anzahl der generierten Informationen. Da sich die technischen Systeme in der Anzahl ihrer Systemzustände unterscheiden, muss die Anzahl der explorierten Systemzustände an der Gesamtzahl der vorhandenen Zustände relativiert werden. Das sich ergebende Maß der *Explorationsvollständigkeit* kann demnach Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei der Wert 0 für keine Exploration und der Wert 1 für vollständige Exploration steht.

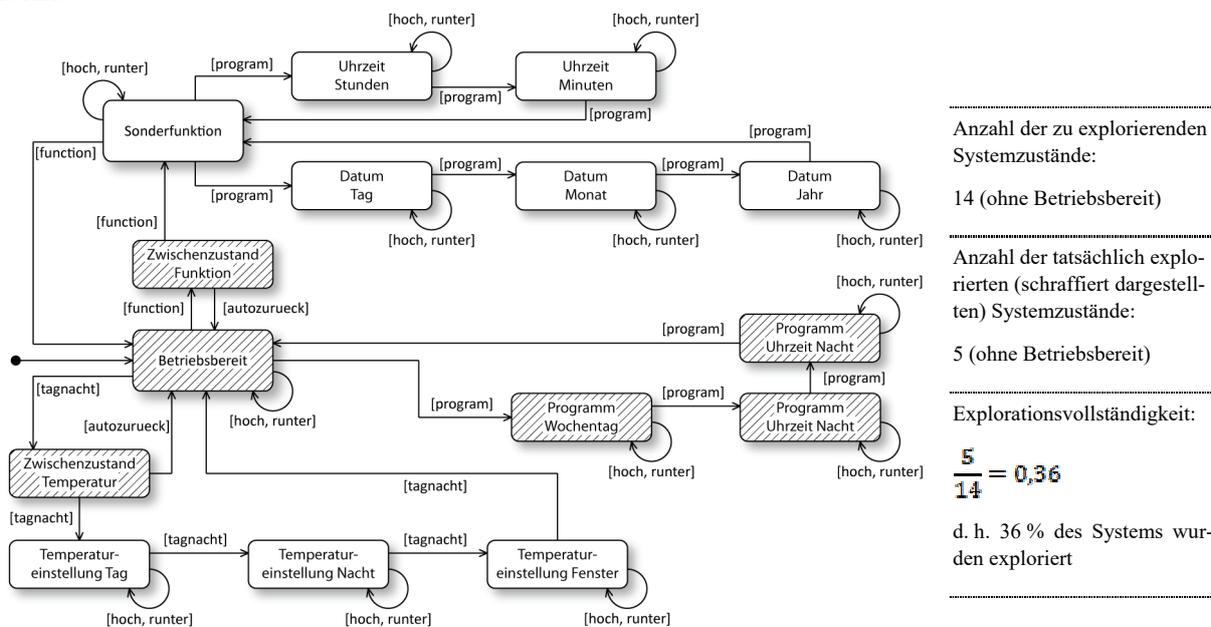


Abb. 1: Beispiel für die Ermittlung der Explorationsvollständigkeit anhand der relativen Anzahl an explorierten Systemzuständen in einer Heizungssteuerung (die Zustände Start und Betriebsbereit werden nicht mitgezählt, da diese Zustände automatisch auch ohne Interaktionen erreicht werden) (Stemmann 2016).

In der Steuerungsphase haben die Probanden das jeweilige technische Gerät nach einer vorgegebenen Problemsteuerung mit gezielten Eingriffen zu bedienen. Das kann entweder die Einstellung bestimmter Systemparameter sein oder das Aufrufen einer konkreten Systemfunktion. Das Verhalten der Probanden in dieser Phase wird danach bewertet, ob sie das jeweilige Steuerungsziel erreicht haben. Dieser dichotome Testwert kann ebenfalls aus den Logfiles entnommen werden.

### *Allgemeine Problemlösefähigkeit*

Um die Höhe des Zusammenhangs zwischen der Explorationsvollständigkeit und der Steuerungsleistung aus dem oben beschriebenen Test mit der Höhe des Zusammenhangs zwischen den Ergebnissen aus Wissensabfragen und der Steuerungsleistung anderer Testinstrumente vergleichen zu können, wurde außerdem ein Test zur Erfassung allgemeiner Problemlösefähigkeit eingesetzt. Der ebenfalls auf Basis finiter Automaten entwickelte Test (Neubert, Kretzschmar, Wüstenberg et al. 2015) umfasst ein Beispielszenario sowie sechs weitere Items zur Bearbeitung. Jedes der präsentierten Szenarien muss dabei von den Probanden zunächst exploriert werden. Das Wissen, das die Probanden in dieser maximal vierminütigen Explorationsphase erwerben, wird im Anschluss abgefragt. Die Wissensabfrage setzt sich aus vier Verifikationsaufgaben sowie aus zwei Identifikationsaufgaben zusammen (Buchner & Funke 1993). Im Anschluss an die Wissensabfrage erfolgt die Steuerungsphase, in der die Probanden zwei nacheinander vorgegebene Ziele in dem Szenario mit möglichst wenigen Bearbeitungsschritten erreichen sollen. Die Steuerungsaufgaben werden zum einen danach ausgewertet, ob das vorgegebene Ziel erreicht wurde und zum anderen danach, wie viele Bearbeitungsschritte dafür benötigt wurden (0 Punkte = nicht gelöst; 1 Punkt = gelöst, aber mehr Schritte als nötig; 2 Punkte = gelöst). Für den Gesamtscore der Steuerungsphase wird der Punktwert an der maximalen Punktzahl relativiert, sodass sich Werte von 0; 0.5 und 1 ergeben.

### *Stichprobe*

Die Fragestellung wird anhand von Daten beantwortet, die aus einer Untersuchung mit 147 Studierenden eines technischen Faches ( $w=52$ ,  $m=95$ ) an der Universität Duisburg-Essen stammen. Die Eingrenzung auf ein technisches Studienfach musste vorgenommen werden, da der Einfluss, den das Interesse an Technik oder technischen Artefakten auf den problemlösenden Umgang mit technischen Alltagsgeräten ausübt, in dieser Studie nicht untersucht wird. Zum Zeitpunkt der Datenerhebung betrug das Durchschnittsalter der Probanden  $M=26.59$  Jahre ( $SD=5.89$  Jahre). Das Fachsemester, in dem sich die Studierenden zum Erhebungszeitpunkt befanden, streute zwischen dem ersten und dem zwölften Semester ( $M=6.84$ ;  $SD=3.37$ ). Die Teilnahme an der Studie wurde mit 30 € vergütet. Da aufgrund der langen Gesamttestzeit von drei Stunden mit einem Motivationseinfluss zu rechnen war, wurde versucht, eine High-Stakes-Testsituation zu schaffen, indem außerdem unter den erfolgreichsten 10 Problemlösern ein Apple® iPad® Air2 verlost wurde.

## **4 Ergebnisse**

### *Fehlende Werte*

Die Exploration wie auch die Steuerung der computersimulierten technischen Geräte konnten von den Probanden in dem Test bereits vor Ablauf der maximal vorgesehenen Bearbeitungszeit beendet werden. Hierzu mussten die Probanden auf einen Weiter-Button klicken. Wenn dieser Button innerhalb weniger Sekunden nach dem Laden der Simulation eines entsprechenden Items gedrückt wurde, kann von einer unbeabsichtigten Betätigung ausgegangen werden (bspw. führte eine verlängerte Ladezeit dazu, dass Probanden den Button ein weiteres Mal gedrückt haben), so dass diese Daten als fehlend deklariert wurden. In acht der fünfzehn Items entstanden für den explorierenden Umgang jeweils zwei bis drei und in fünf Items für den steuernden Umgang je ein bis drei fehlende Werte. Fehlende Werte in dem allgemeinen Problemlösetest erga-

ben sich zum einen infolge softwareseitig nicht gespeicherter Logfiles und vereinzelt durch nicht bearbeitete Aufgaben.

### Deskriptive Beschreibung der Ergebnisse

Der technische Problemlösetest wurde von allen 147 Probanden bearbeitet, während der allgemeine Problemlösetest nur 94 Probanden zur Bearbeitung vorgelegt wurde. Die Angaben zur Verteilung der beobachteten Testwerte sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Der individuelle Gesamttestwert für die Systemexploration wird anhand der Summe über die erreichten Explorationsvollständigkeiten gebildet, die anschließend durch die Anzahl der explorierten Systeme dividiert werden. Der Wertebereich dieses Maßes erstreckt sich von 0 bis 1. Die Mittelwerte der Explorationsvollständigkeit der einzelnen technischen Systeme reichen von  $MW_{TPL15} = .18$  bis  $MW_{TPL2} = .88$ . Das Schwierigkeitsspektrum der Items für den explorierenden Umgang wird dabei ausreichend abgedeckt. Für die Systemexploration beträgt der Mittelwert über alle Items hinweg  $MW = .57$  ( $SD = .11$ ). Für die Leistung im explorierenden Umgang mit technischen Systemen weicht der Koeffizient der Schiefe mit  $g_1 = .01$  nicht und der Koeffizient des Exzesses mit  $g_2 = -.28$  geringfügig von einer Normalverteilung ab. Obwohl das Critical Ratio beider Koeffizienten gegen eine signifikante Abweichung spricht, wird das Distanzmaß  $D = .08$  des Kolmogorov-Smirnov-Tests mit  $df = 136$  signifikant. Die Häufigkeitsverteilung für die einzelnen Explorationsleistungen sind außerdem in Abbildung 2 grafisch dargestellt.

Tabelle 1: deskriptive Statistiken der Ergebnisse des eingesetzten Tests zum allgemeinen Problemlösen und des Tests zum Problemlösen im Umgang mit technischen Alltagsgeräten.

	n	MW (MIN, MAX)	SD	95 % CI	g <sub>1</sub>	SE	c.r.(g <sub>1</sub> )	g <sub>2</sub>	SE	c.r.(g <sub>2</sub> )	K-S-Test	
											D	p
Technische System-Exploration	136	.57 (.30, .81)	.11	[.55, .58]	.01	.21	.06	-.28	.41	-.68	.08	.02
Technische System-Steuerung	141	7.54 (.00, 14.00)	2.74	[7.08, 7.99]	-.33	.20	-1.62	.03	.41	.06	.11	.00
Allgemeines Problemlösen Exploration	92	3.38 (0, 6)	1.63	[3.04, 3.72]	-.32	.25	-1.29	-.99	.50	-1.98	.13	.00
Allgemeines Problemlösen Steuerung	86	3.54 (.50, 6)	1.31	[3.26, 3.82]	-.35	.26	-1.33	-.53	.51	-1.03	.14	.00

Anmerkungen: n = Stichprobengröße; MW = Mittelwert; MIN = Minimum; MAX = Maximum; SD = Standardabweichung; 95 % CI = Konfidenzintervall; c.r. = Critical Ratio; g<sub>1</sub> = Schiefe; g<sub>2</sub> = Exzess; SE = Standardfehler; K-S-Test = Kolmogorov-Smirnov-Test auf Prüfung der Normalverteilung; D = Prüfgröße des Kolmogorov-Smirnov-Tests mit  $df = n$ ; p = p-Wert bei zweiseitigem Test und der Wahrscheinlichkeit von 5 %, einen Fehler 1. Art zu machen.

Der Gesamttestwert für die Systemsteuerung wird durch das Aufsummieren der Richtiglösungen gebildet und nimmt für die dichotome Auswertung Werte zwischen 0 und 15 an. Die relativen Häufigkeiten der beiden Kategorien richtig und falsch für die dichotome Auswertung der Systemsteuerung deuten ebenfalls auf eine mittlere Testschwierigkeit hin. Sieben Items weisen Lösungshäufigkeiten oberhalb von 50 % und acht Items Lösungshäufigkeiten unterhalb von 50 % auf. Die Schwierigkeiten der Items liegen dabei innerhalb eines Bereiches von  $>.10$  und  $<.90$ .

Die mittlere Steuerungsschwierigkeit, operationalisiert durch die relative Lösungshäufigkeit aller Items, beträgt .49. Die Verteilung der beobachteten Daten für die dichotom ausgewertete Steuerungsleistung weicht ebenfalls geringfügig von einer Normalverteilung ab. Der Koeffizient für die Schiefe beträgt  $g_1 = -.33$  und der Koeffizient für den Exzess  $g_2 = .03$  und auch hier wird das Ergebnis des Kolmogorov-Smirnov-Tests signifikant. Die in einem Histogramm aufgetragenen Häufigkeiten der beobachteten Testwerte der dichotom ausgewerteten Steuerungsleistung lassen keine gravierenden Abweichungen bezüglich der Schiefe erkennen, so dass davon auszugehen ist, dass einzelne Ausreißer die Abweichungen verursacht haben.

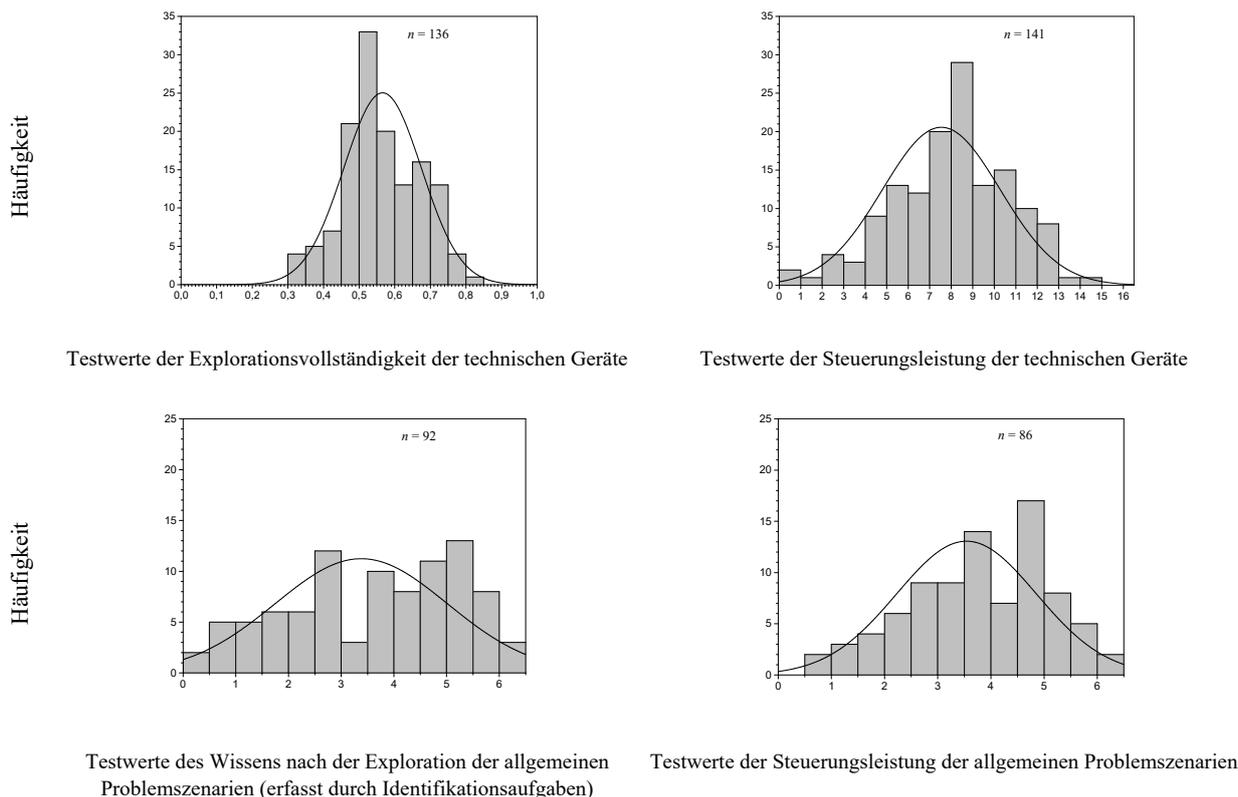


Abb. 2: Häufigkeiten der beobachteten Testwerte für die Exploration und die Steuerung technischer Geräte sowie allgemeiner Problemszenarien (Stemmann 2016).

Die Bearbeitung des Tests zur Erfassung allgemeiner Problemlösefähigkeit erfolgte dabei in den drei Phasen Exploration, Wissensabfrage und Steuerung. Im Gegensatz zum technischen Problemlösetest wurde die Explorationsphase hier nicht direkt bewertet, sondern anhand der Antworten auf die sich nach der Exploration anschließenden Wissensfragen (je vier Verifikations- und je zwei Identifikationsaufgaben). Jeweils zwei der vier dichotom ausgewerteten Verifikationsaufgaben werden zu einem Subscore zusammengefasst. Für das Wissen nach der Exploration erfasst durch diesen Aufgabentyp ergeben sich somit diskrete Werte von 0, 0.5 und 1. Auch die zwei dichotom ausgewerteten Identifikationsaufgaben werden zu einem Subscore zusammengefasst, so dass sich für das Wissen nach der Exploration, das mit diesem Aufgabentyp erfasst wurde, ebenfalls diskrete Werte von 0, 0.5 und 1 ergeben. Die interne Konsistenz, als Maß für die Reliabilität beträgt für die Wissensabfrage mit Verifikationsaufgaben lediglich  $\alpha = .47$ , für die Wissensabfrage mit Identifikationsaufgaben hingegen  $\alpha = .79$ , so dass in den weiteren Betrachtungen der

allgemeinen Problemlösefähigkeit für das Wissen nach der Exploration lediglich die Ergebnisse aus den Identifikationsaufgaben Berücksichtigung finden.

Der Mittelwert für das nach der Exploration vorhandene Systemwissen beträgt für die  $n = 92$  Probanden  $MW = 3.38$  ( $SD = 1.63$ ), wobei die beobachteten Daten den theoretischen Wertebereich von  $MIN = 0$  bis  $MAX = 6$  vollständig abdecken. Der hohe Wert für den Exzesskoeffizienten  $g_2 = -.99$ , dessen Critical Ratio  $c.r.(g_2) = -1.98$  signifikant wird sowie das Histogramm der absoluten Lösungshäufigkeiten in Abbildung 2 zeigen, dass sich die beobachteten Daten im Vergleich zu einer Normalverteilung sehr breitgipflig verteilen. Diese Abweichung von der Normalverteilung zeigt sich auch in dem signifikant werdenden Ergebnis des Kolmogorov-Smirnov-Tests ( $D = .13$ ;  $p < .05$ ;  $df = 92$ ).

Die sich an die Wissensabfrage anschließende Steuerungsaufgabe wird mit 0 Punkten bewertet, wenn das vorgegebene Steuerungsziel nicht erreicht wurde, 1 Punkt, wenn das Ziel mit mehr als den nötigen Bearbeitungsschritten und 2 Punkte, wenn das Ziel auf dem direktesten Bearbeitungsweg erreicht wurde. Dieser Punktwert wird anschließend durch die maximale Punktzahl von 2 dividiert, so dass das Ergebnis der Steuerungsphase ebenfalls die diskreten Werte von 0, 0.5 und 1 annehmen kann. Die von  $n = 86$  Probanden erreichten Testwerte in der Steuerungsphase des allgemeinen Problemlösetests verteilen sich um einen Mittelwert von  $MW = 3.54$  ( $SD = 1.31$ ). Auch diese Verteilung weicht in ihrer Schiefe ( $g_1 = -.35$ ) und ihrem Exzess ( $g_2 = -.53$ ) von einer Normalverteilung ab. Zwar werden die entsprechenden Critical Ratios nicht signifikant, jedoch das Ergebnis des Kolmogorov-Smirnov-Tests ( $D = .14$ ;  $p < .05$ ,  $df = 86$ ).

#### *Zusammenhang zwischen der Exploration und der Steuerung*

Um die Fragestellung, ob der aus den Logfiles abgeleitete Prozessindikator *Explorationsvollständigkeit* die Leistung in der Steuerung eines technischen Systems vorhersagen kann, beantworten zu können, wurde zunächst der Zusammenhang zwischen den beiden manifesten Variablen analysiert. Da für die gezielte Systemsteuerung Wissen vorausgesetzt wird, dessen Erwerb Ziel der Systemexploration ist, erfolgt die Systemexploration zeitlich vor der Systemsteuerung, so dass Letztere von der vorherigen Exploration abhängt und hier die einseitige Korrelation (Pearson) berechnet wird. Die Höhe des signifikanten Zusammenhangs zwischen der Explorationsvollständigkeit und der dichotom ausgewerteten Steuerungsleistung im Umgang mit den technischen Systemen beträgt  $r = .55$  ( $p < .01$ ). Der Koeffizient für die einseitige Korrelation zwischen den Variablen Wissen nach der Exploration und Steuerung in den allgemeinen Problemszenarien ist mit  $r = .64$  ( $p < .01$ ) nur wenig höher.

Die Höhe des Zusammenhangs zwischen den *latenten* Variablen Exploration und Steuerung für den Umgang mit technischen Geräten fällt erwartungskonform noch etwas höher aus. Das Ergebnis der Parameterschätzung zeigt, dass die latenten Variablen Systemexploration und Systemsteuerung mit  $r = .74$  ( $p < .001$ ) hoch korrelieren. Die geschätzten Parameter des Strukturmodelles, das im Rahmen einer durchgeführten (hier aber nicht berichteten) Dimensionalitätsprüfung des Konstruktes *Problemlösen im Umgang mit technischen Alltagsgeräten* aufgestellt wurde (Abb. 3), deuten darauf hin, dass unter Hinzunahme der latenten Variablen Exploration und Steuerung in allgemeinen Problemlöseszenarien die Höhe des Zusammenhangs zwischen der technischen Systemexploration und -steuerung auf  $r = .86$  ansteigt. Ähnlich hoch ist auch der Zusammenhang zwischen der Exploration und Steuerung in allgemeinen Problemlöseszenarien ( $r = .85$ ).

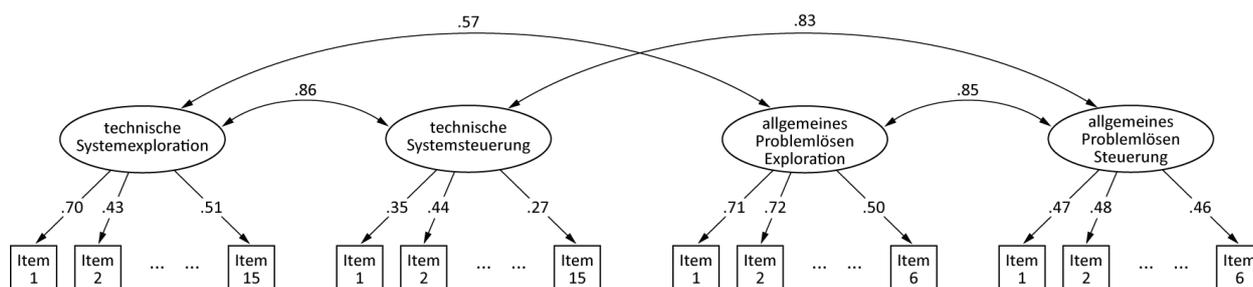


Abb. 3: Ergebnis für das vierdimensionale Modell, das sowohl zwischen Exploration und Steuerung als auch zwischen technischem und allgemeinem Problemlösen differenziert. Alle eingezeichneten Korrelationen zwischen den latenten Variablen sind mit  $p < .001$  signifikant ( $n = 77$ ) (Stemmann 2016).

Je unvollständiger die vorherige Systemexploration und je geringer damit die generierte Informationsmenge, desto schwieriger ist die anschließende Steuerung der technischen Systeme. Damit stimmen die eigenen Befunde mit denen von Neubert, Kretschmar, Wüstenberg et al. (2015) überein. Obwohl die Autoren die Phase des Wissenserwerbs über die Abfrage des tatsächlich erworbenen Wissens erfassen und nicht wie in dieser Arbeit über den Prozessindikator der Explorationsvollständigkeit, berichten sie einen ähnlich hohen Zusammenhang zwischen den Dimensionen, wie er für den Zusammenhang zwischen der Systemexploration und der Systemsteuerung gezeigt wurde.

## 5 Diskussion

Dieser Beitrag bestätigt die Annahme, dass die Systemexploration, also das Ausprobieren eines technischen Gerätes, einen Einfluss auf die nachfolgende gezielte Steuerung des Systems hat. Theoretisch begründet werden kann dieser Einfluss damit, dass während des Explorierens in das System eingegriffen wird und die dabei resultierenden Zustandsänderungen des Systems von der explorierenden Person wahrgenommen und innerhalb der kognitiven Struktur zu Wissen weiterverarbeitet werden. Bisherige Forschungsarbeiten zum dynamischen Problemlösen fragen das erworbene Wissen nach der Systemexploration ab, um den Einfluss dieses Teilprozesses betrachten zu können. Da eine solche zusätzliche Testphase mit einigen Nachteilen verbunden ist (zusätzliche Testzeit, vorhandene Ratewahrscheinlichkeit, geringe Akzeptanz), wird in diesem Beitrag dem Ansatz nachgegangen, statt des Wissens nach der Exploration, die während der Exploration generierte Menge an Informationen zu erfassen. Da dem Nutzer mit jedem neuen Systemzustand neue Informationen zur Verfügung gestellt werden, ist die relative Anzahl an besuchten Systemzuständen in der Phase der Exploration ein Maß für die Explorationsvollständigkeit und damit ein Maß für die generierte Informationsmenge.

Der vorliegende Beitrag fokussiert sich dabei auf die Fragestellung, ob der Einfluss der generierten Informationen auf die Leistung im steuernden Umgang mit dynamischen Systemen genauso hoch ist wie der Einfluss des Wissens, das nach der Systemexploration vorhanden ist. Mit dem in der vorgestellten Studie eingesetzten Test zur Erfassung allgemeiner Problemlösefähigkeit wurde konventionell das Wissen nach der Exploration abgefragt und mit dem Test zur Erfassung der technischen Problemlösekompetenz wurde alternativ die Explorationsvollständigkeit durch Logfiles registriert. Die Auswertungen zeigen, dass der Zusammenhang zwischen der Explorationsvollständigkeit und der Leistung in der Systemsteuerung im technischen Problemlöse-

test annähernd so hoch ist wie der Zusammenhang zwischen dem Wissen nach der Exploration und der Steuerungsleistung im allgemeinen Problemlösetest.

Dieses Ergebnis spricht dafür, dass die Probanden während der Systemexploration nicht nur Informationen generiert, sondern diese Informationen auch im kognitiven System zu Wissen weiterverarbeitet haben. Allerdings kann diese Hypothese durch den vorliegenden Beitrag nicht geprüft werden, weil das Wissen das nach der Exploration der simulierten technischen Alltagsgeräte vorhanden ist, nicht abgefragt wurde. Wenn sich die Vermutung allerdings durch weitere Forschungsarbeiten bestätigen ließe, so wäre es möglich von der Vollständigkeit der Systemexploration auf das dabei erworbene Wissen zu schließen. Damit verbunden ist der Vorteil eines Verzichts auf die sich an die Systemexploration anschließende Wissensabfrage. Diese Wissensabfrage benötigt wertvolle Testzeit, es besteht die Gefahr des Ratens bei Unsicherheit oder Nichtwissen und es kann zu Motivationsverlusten seitens der Probanden kommen.

Wenn sich zudem die Ergebnisse auf andere Personengruppen übertragen ließen und so die Bedeutung des ersten explorierenden Umgangs mit technischen Geräten noch einmal deutlich würde, wäre es in einem nächsten Schritt erforderlich zu untersuchen, von welchen Personenmerkmalen das Explorationsverhalten beeinflusst wird. Im allgemeinbildenden Technikunterricht kann darauf aufbauend eine gezieltere Förderung der bislang wenig präzisierten technischen Problemlösekompetenz erfolgen.

## 6 Literatur

- Abele, S., Gschwendtner, T. & Nickolaus, R. (2009). Computerbasierte Simulationen in internationalen Vergleichsstudien: Können sie berufliche Handlungskompetenz aussagekräftig erfassen? *Berufsbildung: Zeitschrift für Praxis und Theorie in Betrieb und Schule*, 63(119), 24–26.
- Anderson, J. R. (2007). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl.
- Badke-Schaub, P. & Tisdale, T. (1995). Die Erforschung menschlichen Handelns in komplexen Situationen. In B. Strauß & M. Kleinmann (Hrsg.), *Computersimulierte Szenarien in der Personalarbeit* (43–56). Göttingen: Verl. für Angewandte Psychologie.
- Buchner, A. & Funke, J. (1993). Finite-state Automata: Dynamic Task Environments in Problem-solving Research. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A(1), 83–118.
- Dörner, D. & van der Meer, E. (Hrsg.) (1995). *Das Gedächtnis: Probleme – Trends – Perspektiven*. Göttingen: Hogrefe.
- Funke, J. (1993). Computergestützte Arbeitsproben: Begriffsklärung, Beispiele sowie Entwicklungspotentiale. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie A&O*, 37(3), 119–129.
- Funke, J. (2004). Neue Verfahren zur Erfassung intelligenten Umgangs mit komplexen und dynamischen Anforderungen. In E. Stern & J. Guthke (Hrsg.), *Perspektiven der Intelligenzforschung* (89–107). Lengerich: Pabst Science Publ.
- Funke, J. & Spering, M. (2006). Methoden der Denk- und Problemlöseforschung. In J. Funke (Hrsg.), *Denken und Problemlösen: Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich C, Theorie und Forschung: Serie 2, Kognition; Band 8* (647–744). Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.
- Graube, G. (2009). *Technik und Kommunikation: Ein systemischer Ansatz technischer Bildung*. Göttingen: Cuvillier.
- Gschwendtner, T., Abele, S. & Nickolaus, R. (2009). Computersimulierte Arbeitsproben: Eine Validierungsstudie am Beispiel der Fehlerdiagnoseleistung von Kfz-Mechatronikern. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 4, 557–578.
- Höpken, G., Osterkamp, S. & Reich, G. (2003). *Inhalte technischer Bildung*. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verl.
- Kluwe, R. H. (1997a). Acquisition of knowledge in the control of a simulated technical system. *Le Travail humain*, 60(1), 61–85.
- Kluwe, R. H. (1997b). Informationsverarbeitung, Wissen und mentale Modelle beim Umgang mit komplexen Systemen. In K. Sonntag & N. Schaper (Hrsg.), *Störungsmanagement und Diagnosekompetenz: Leistungskritik*

- ches Denken und Handeln in komplexen technischen Systemen (13–37). Zürich: Vdf, Hochschulverl. an der ETH Zürich.
- Kröner, S. & Leutner, D. (2002). MultiFlux - Pilotstudie für die Entwicklung eines Verfahrens zur simulationsbasierten Intelligenzdiagnostik. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie A&O*, 46(2), 84–88.
- 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), 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), 181–194.
- OECD (2013). Technical Report of the Survey of Adult Skills (PIAAC). [http://www.oecd.org/site/piaac/\\_Technical%20Report\\_17OCT13.pdf](http://www.oecd.org/site/piaac/_Technical%20Report_17OCT13.pdf), Stand vom 28.12.2013.
- Opwis, K., Beller, S., Spada, H. & Lüer, G. (2006). Problemlösen, Denken, Entscheiden. In H. Spada (Hrsg.), *Lehrbuch Allgemeine Psychologie (197–275)*. Bern: H. Huber.
- Preußler, W. (1998). Strukturwissen als Voraussetzung für die Steuerung komplexer dynamischer Systeme. *Zeitschrift für experimentelle Psychologie*, 45(3), 218–240.
- Putz-Osterloh, W., Bott, B. & Houben, I. (1988). Beeinflusst Wissen über ein realitätsnahes System dessen Steuerung? *Sprache und Kognition*, 10, 240–251.
- Ropohl, G. (1990). Technisches Problemlösen und soziales Umfeld. In F. Rapp (Hrsg.), *Technik und Philosophie (109–167)*. Düsseldorf: VDI Verlag.
- Schachtner, C. (1997). Die Technik und das Soziale: Begründung einer subjektivitätsorientierten Technikforschung. In C. Schachtner (Hrsg.), *Technik und Subjektivität: Das Wechselverhältnis zwischen Mensch und Computer aus interdisziplinärer Sicht (7–25)*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- 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.
- Schmitz, A. & Yanenko, O. (2014). Web Server Logs und Logfiles. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung (847–854)*. Wiesbaden: Springer VS.
- Schoppek, W. & Putz-Osterloh, W. (2003). Individuelle Unterschiede und die Bearbeitung komplexer Probleme. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 24(3), 163–173.
- Stemmann, J. (2016). Technische Problemlösekompetenz im Alltag - theoretische Entwicklung und empirische Prüfung des Kompetenzkonstruktes Problemlösen im Umgang mit technischen Geräten. Dissertation. Universität Duisburg-Essen, Duisburg-Essen.
- Stemmann, J. & Lang, M. (2014). Theoretische Konzeption einer allgemeinen technischen Problemlösefähigkeit und Möglichkeiten ihrer Diagnose. *Journal of Technical Education*, 2(1), 80–101.
- Süß, H.-M. (1996). Intelligenz, Wissen und Problemlösen: Kognitive Voraussetzungen für erfolgreiches Handeln bei computersimulierten Problemen. Göttingen: Hogrefe.
- 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.
- Wallach, D. (1998). Komplexe Regelungsprozesse: Eine kognitionswissenschaftliche Analyse. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Wirth, J. (2004). Selbstregulation von Lernprozessen. Dissertation, Humboldt-Univ. Münster: Waxmann.
- Wüstenberg, S., Greiff, S., Molnár, G. & Funke, J. (2014). Cross-national gender differences in complex problem solving and their determinants. *Learning and Individual Differences*, 29, 18–29.
- Zühlke, D. (2005). Useware-Engineering - brauchen wir eine neue Technikdisziplin? In K. Karrer & K.-P. Timpe (Hrsg.), *Beiträge zur Mensch-Maschine-Systemtechnik aus Forschung und Praxis: Festschrift für Klaus-Peter Timpe (29–34)*. Düsseldorf: Symposium.

DR. 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 Beitrags:

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.

