Franz Steiner Verlag

ZEITSCHRIFT FÜR BERUFS- UND WIRTSCHAFTSPÄDAGOGIK 113, 2017/1, 86–109

STEPHAN ABELE / RAPHAEL OSTERTAG / MATTHIAS PEISSNER / ANDREAS SCHULLER

Eine Eye-Tracking-Studie zum diagnostischen Problemlöseprozess: Bedeutung der Informationsrepräsentation für den diagnostischen Problemlöseerfolg[1]

An eye tracking study on the problem-solving process in professional contexts: relevance of „representing information" for the diagnostic problem-solving success

KURZFASSUNG: Die Ziele des Beitrags waren, das Potential von Eye-Tracking für empirische Studien im Bereich der beruflichen Bildung auszuloten und die Bedeutung der Informationsrepräsentation, eines wichtigen Subprozesses des diagnostischen Problemlöseprozesses, für den diagnostischen Problemlöseerfolg zu untersuchen. Die Qualität der Informationsrepräsentation wurde anhand totaler kritischer Fixationsdauern operationalisiert. Es wurde vermutet, dass die Informationsrepräsentation für den diagnostischen Problemlöseerfolg bedeutsam ist und erfolgreiche Problemlöser bei der Informationsrepräsentation eine höhere Qualität erreichen als weniger erfolgreiche Problemlöser. Die Ergebnisse der Studie bestätigten diese Vermutung. Deutlich wurde aber auch, dass sich die Qualität der Informationsrepräsentation guter und schwacher Problemlöser nicht generell unterscheidet. Vielmehr dürfte der Qualitätsunterschied von den spezifischen Anforderungen eines diagnostischen Problems abhängen. Als wichtig erwies sich, in welchem Ausmaß ein diagnostisches Problem eine mentale Modellierung der Problemsituation erfordert und ob die Informationsrepräsentation von Routinefällen abweicht.
Schlagworte: Domänen-spezifisches Problemlösen; Logfile-Daten; Fixationsdauer; computerbasierte Diagnostik; Kfz-Mechatroniker

ABSTRACT: The present study aimed at investigating the potential of eye-tracking for research in vocational education and the relevance of "representing information" for the diagnostic problem-solving success. "Representing information" was conceptualized as a sub-process of the diagnostic problem-solving process and its quality was measured using total critical fixation durations. It was hypothesized that "representing information" is relevant to the problem-solving success and that successful problem solvers achieve a higher quality in "representing information" than poor problem solvers. Taken together, the results of the study supported this hypothesis. The results, however, also suggested that successful and poor problem solvers do not general-

1 Den anonymen Gutachtern danken wir herzlich für die wertvollen Hinweise zu einer früheren Version des Artikels.

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries of copyright law is illegal and may be prosecuted. This applies in particular to copies, translations, microfilming as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

ly differ in terms of the quality of "representing information"; rather, it is to suppose that quality differences depend on specific requirements of a diagnostic problem. It appeared that quality differences in "representing information" especially are connected to diagnostic problems involving non-routine information collection and requiring a certain degree of mental modeling.
Key words: domain-specific problem solving; logfile data; fixation duration; computer-based assessment; automotive technicians; car mechatronics

1 Notwendigkeit und Ziele der Untersuchung

Diagnostisches Problemlösen ist ein wichtiger Lernbereich der beruflichen Bildung und in vielen Berufen bedeutsam (JONASSEN 2011, S. 77). Mit diagnostischem Problemlösen sind Situationen angesprochen, in denen Ursachen für einen unerwünschten Zustand (fehlerhafte Kostenkalkulation, fehlerhaftes Computerprogramm, technischer Defekt etc.) zu bestimmen sind (SCHAAFSTAL/SCHRAAGEN/VAN BERLO 2000, S. 75). Um dieses Ziel zu erreichen, sind mehrere Aktivitäten über einen gewissen Zeitraum zielführend zu koordinieren: Es geht darum, den *diagnostischen Problemlöseprozess* erfolgreich zu gestalten.

Aus didaktischer Sicht sind wissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse zum Problemlöseprozess außerordentlich wichtig. Im Sinne eines kognitivistischen Lernbegriffs zielt Lernen auf die Veränderung mentaler Prozesse ab (BECK 1987, S. 166 ff.). In der gegenwärtig oft dominanten Kompetenzforschung wurden in den letzten Jahren zweifellos beachtliche Fortschritte erzielt (z. B. BECK/LANDENBERGER/OSER 2016; FLEISCHER/LEUTNER/KLIEME 2012), das Interesse einschlägiger Forschungsarbeiten galt allerdings meist Prozessresultaten und nicht den Prozessen, die diesen Resultaten vorausgingen (RENKL 2012). Teilweise wurden in diesen Arbeiten aber auch Kompetenzniveaumodelle genutzt, um Aussagen zu Prozessen zu treffen (z. B. ABELE 2016b; NICKOLAUS u. a. 2012; PETSCH/NORWIG/NICKOLAUS 2015; WINTHER/KLOTZ 2014, S. 23). Hierbei wurden durchaus wichtige und plausible Erkenntnisse gewonnen. Problematisch an diesen Studien ist allerdings (s. dazu ABELE 2016b), dass der Prozess meist nicht theoretisch modelliert wurde, eine Replikation von Befunden nur eingeschränkt gelang und mit hoch inferenten Schlüssen gearbeitet werden musste, weil keine Prozessdaten zur Verfügung standen. Wir denken, dass für gesicherte Erkenntnisse zum Problemlöseprozess letztlich Prozessdaten benötigt werden. Die Erfassung von Prozessdaten ist jedoch aufwändig.

Vor diesem Hintergrund werden mit der vorliegenden Pilotstudie die folgenden Ziele verfolgt: Erstens wird der diagnostische Problemlöseprozess in der Kfz-Domäne untersucht. Dabei geht es um die Bedeutung der Informationsrepräsentation, also eines wichtigen Subprozesses des diagnostischen Problemlöseprozesses, für den Problemlöseerfolg. Zweitens wird ausgelotet, welches Potential mithilfe von Eye-Tracking erfasste Prozessdaten für die Analyse beruflicher Problemlöseprozesse haben. In einigen sozial- und wirtschaftswissenschaftlichen Bereichen stellt Eye-Tracking ei-

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

nen festen Bestandteil des Methodenrepertoires dar; in der beruflichen Bildung spielt diese Erhebungsmethode (bislang) keine bedeutsame Rolle.

2 Bedeutung der Informationsrepräsentation für den diagnostischen Problemlöseerfolg

2.1 Theoretische Modellierung

2.1.1 Was wird unter Informationsrepräsentation verstanden?

In der vorliegenden Untersuchung wird die *Informationsrepräsentation* als Subprozess des diagnostischen Problemlöseprozesses konzeptualisiert. Mit diesem Subprozess sind von außen nicht direkt beobachtbare mentale Aktivitäten angesprochen. Diese Aktivitäten zielen darauf ab, Informationen mental verfügbar zu machen, die für das Lösen eines diagnostischen Problems relevant, d. h. erfolgskritisch sind. Solche Informationen haben im Problemlöseprozess unterschiedliche Funktionen: Sie können dazu dienen, Hypothesen zu Ursachen des unerwünschten Zustands zu formulieren oder dazu, diese Ursachenhypothesen zu prüfen oder zu bewerten. Falls z. B. die Ursache für ein defektes Kfz-Abblendlicht zu finden ist, könnten Informationen hilfreich sein, welche Sicherung(en) das Abblendlicht „absichern", wo sich diese Sicherung(en) im Fahrzeug befinden oder über welche Kabelstränge das Abblendlicht mit Spannung versorgt wird. Unabhängig von ihrer Funktion, können diese Informationen entweder in Form von Wissen aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden oder sie entstammen der Problemumwelt. Um erfolgskritische Informationen aus der Problemumwelt zu gewinnen, muss mit der Umwelt interagiert und erfolgskritisches Informationsverhalten ausgeführt werden.

2.1.2 Woran lässt sich die Qualität der Informationsrepräsentation erkennen?

Erfolgskritisches Informationsverhalten dient der mentalen Repräsentation erfolgskritischer Informationen, ist auf die Problemumwelt gerichtet und direkt beobachtbar. Beim Lösen diagnostischer Probleme im Kfz-Bereich kann sich ein solches Verhalten z. B. darauf beziehen, einen Einbaulageplan oder einen Stromlaufplan zur Informationsgewinnung zu verwenden.

Das erfolgskritische Informationsverhalten kann anhand des folgenden Dreischritts bestimmt werden: Zuerst werden die erfolgskritischen diagnostischen Hypothesen zu einem spezifischen Problem ermittelt; ausgehend von diesen kritischen Hypothesen wird dann überlegt, welche Informationen zur Formulierung, Prüfung und Bewertung dieser Hypothesen vorliegen müssen; daraus werden schließlich erfolgskritische Informationsverhaltensweisen abgeleitet. Falls z. B. untersucht wird, ob eine defekte Sicherung für ein defektes Abblendlicht verantwortlich ist (erfolgs-

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

kritische diagnostische Hypothese), muss bekannt sein, wo sich die betreffende Sicherung befindet und wie sie geprüft werden kann (erfolgskritische diagnostische Informationen). Um diese Informationen mental zu repräsentieren, kann es notwendig sein, einen Sicherungseinbaulageplan heranzuziehen (erfolgskritisches Informationsverhalten). Das theoretische Zentrum dieses Dreischritts bilden erfolgskritische diagnostische Hypothesen.

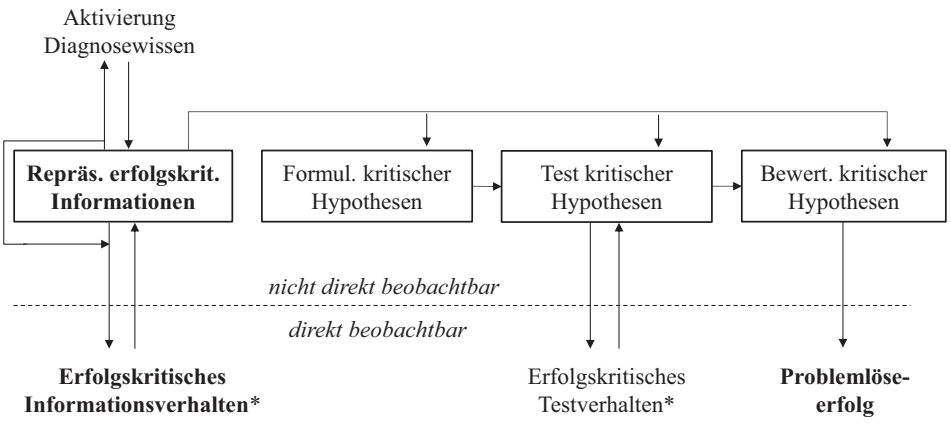
Erfolgskritische diagnostische Hypothesen geben sinnvolle Ursachen eines unerwünschten Zustands (diagnostischen Problems) an. Sinnvoll ist eine Ursache dann, wenn sie den unerwünschten Zustand tatsächlich erklären kann, d. h. aus fachlicher Sicht und mit Blick auf ein spezifisches Problem angemessen ist. Sinnvoll wäre es z. B., eine defekte Sicherung für einen Abblendlichtdefekt verantwortlich zu machen; unsinnig wäre es hingegen, einen defekten Drehzahlsensor oder einen „leeren" Tank als Problemursache zu vermuten. Zu einem diagnostischen Problem lassen sich meist mehrere erfolgskritische diagnostische Hypothesen formulieren. So können neben der defekten Sicherung, ein defektes Leuchtmittel, verschiedene Kabelunterbrechungen etc. den Abblendlichtdefekt verursachen. Wie oben erwähnt, lässt sich aus den erfolgskritischen diagnostischen Hypothesen unter Anwendung fachlicher Expertise das erfolgskritische Informationsverhalten für ein spezifisches Problem bestimmen.

Das erfolgskritische Informationsverhalten kann als *Qualitätsindikator* der Informationsrepräsentation aufgefasst werden. Der mentale Subprozess „Informationsrepräsentation" löst einerseits ein spezifisches Informationsverhalten aus, andererseits beeinflusst dieses Verhalten die Qualität der Informationsrepräsentation. So kann z. B. beim Lösen eines diagnostischen Problems ein spezifisches Informationsverhalten erforderlich sein – z. B. ein Verhalten, das den Einbaulageplan von Sicherungen verfügbar macht. Anhand des Einbaulageplans wiederum können erfolgskritische Informationen mental repräsentiert werden, was für die Qualität der Informationsrepräsentation entscheidend ist.

2.1.3 Rolle der Informationsrepräsentation im diagnostischen Problemlöseprozess

Wie aus der in Abbildung 1 dargestellten Theorie zum diagnostischen Problemlöseprozess hervorgeht, hat die Informationsrepräsentation einen Einfluss auf den diagnostischen Problemlöseerfolg. In der Abbildung wird die Informationsrepräsentation (Grafik: Repräs. erfolgskrit. Informationen) als Subprozess des mentalen diagnostischen Problemlöseprozesses aufgefasst. Der diagnostische Problemlöseprozess determiniert den Problemlöseerfolg und umfasst neben der Informationsrepräsentation drei weitere Subprozesse. Die Informationsrepräsentation wirkt kausal auf diese anderen Subprozesse und damit in letzter Konsequenz auf den Problemlöseerfolg. Die Qualität der Informationsrepräsentation lässt sich am erfolgskritischen Informationsverhalten erkennen, das von diesem Subprozess ausgelöst wird und ihn wiederum beeinflusst, was die Pfeile zwischen „Informationsrepräsentation" und „erfolgskritisches Informationsverhalten" anzeigen. Im Sinne der Theorie ist anzunehmen, dass das

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017



* Erfolgskritisches Verhalten folgt aus kritischen diagnostischen Hypothesen, die problemspezifisch von Domänenexperten zu bestimmen sind.

Abb. 1: Bedeutung der Informationsrepräsentation für den diagnostischen Problemlöseerfolg (ABELE 2016a)

erfolgskritische Informationsverhalten als Qualitätsindikator der Informationsrepräsentation mit dem Problemlöseerfolg korreliert.

Die Theorie verbindet domänenübergreifende und domänenspezifische Aspekte. In domänenübergreifender Hinsicht wird angenommen, dass sich diagnostische Problemlöseprozesse in unterschiedlichen beruflichen Kontexten theoretisch ähnlich „fassen" lassen; in domänenspezifischer Hinsicht wird unterstellt, dass die konkreten mentalen Inhalte der Subprozesse und das erfolgskritische Informationsverhalten nur für eine spezifische Domäne bzw. ein spezifisches diagnostisches Problem konkretisiert werden können. Hier erfolgt die Konkretisierung anhand diagnostischer Probleme aus dem Kfz-Bereich. Weitere Aspekte der Theorie zum diagnostischen Problemlöseprozess werden bei ABELE 2016a beschrieben.

2.2 Empirische Fundierung

2.2.1 Informationsrepräsentation: Bedeutsam für den diagnostischen Problemlöseerfolg?

Die empirische Forschung in der beruflichen Bildung bietet nur wenig gesicherte Erkenntnisse zur Bedeutung der Informationsrepräsentation für den diagnostischen Problemlöseerfolg. NICKOLAUS (2014) berichtet, dass der Problemlöseerfolg in beruflichen Kontexten davon abhängt, ob im Problemlöseprozess eigenständig Informationen erschlossen und geeignete mentale Modelle zur Problemsituation gebildet werden können. Die in dem Überblicksartikel zusammengefassten Erkenntnisse zum

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries of copyright law is illegal and may be prosecuted. This applies in particular to copies, translations, microfilming as well as storage and processing in electronic systems. © Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

Problemlöseprozess basieren auf Niveaumodellen, also einem eingangs bereits erwähnten Ansatz, der mit forschungsmethodischen Schwierigkeiten verbunden ist (s. dazu ABELE 2016b). Im vorliegenden Kontext ist besonders bedeutsam, dass die aus diesem Ansatz resultierenden Erkenntnisse ohne Prozessdaten gewonnen wurden.

Im Bereich der Expertiseforschung wurden einige Studien zum diagnostischen Problemlösen und zur Bedeutung der Informationsrepräsentation durchgeführt, die auf Prozessdaten basieren und in denen sich die Qualität der Informationsrepräsentation als bedeutsam für den Problemlöseerfolg erwies. So liegen Befunde vor, die dokumentieren, dass Experten mehr Informationsverhaltensweisen zeigen als Novizen (NENDAZ u. a. 2005, S. 419). Wie die von ELSTEIN/SHULMAN/SPRAFKA (1990, S. 11) erwähnten Ergebnisse nahelegen, besteht beim diagnostischen Problemlösen zwischen der Gründlichkeit bzw. dem Umfang des Informationsverhaltens und der Qualität der Informationsrepräsentation allerdings kein Zusammenhang. Diagnostische Problemlöseexperten scheinen sich vielmehr durch ein selektives Informationsverhalten auszuzeichnen (ebd.). Für den diagnostischen Problemlöseerfolg ist also nicht entscheidend, möglichst viele, sondern die kritischen Informationen zu sammeln, d. h. erfolgskritisches Informationenverhalten auszuführen. Dementsprechend zeigten GROVES/O'ROURKE/ALEXANDER (2003, S. 310), dass Experten beim Lösen diagnostischer Probleme mehr *erfolgskritische* Informationsverhaltensweisen zeigen als Novizen. Dieser ebenfalls aus dem Medizinbereich stammende Befund wird von MORRIS/ROUSE (1985, S. 504) für das Lösen diagnostischer Probleme in technischen Kontexten bestätigt. Diese Befunde lassen sich im Sinne der oben skizzierten Theorie so interpretieren, dass die kritische Informationsrepräsentation für den Problemlöseerfolg bedeutsam ist.

Auch der Forschungsstand der Expertiseforschung ist jedoch mit Unsicherheiten verbunden. In den einschlägigen Studien wurden die Informationen oft unter kontrollierten Bedingungen vorgegeben. Die Probanden bearbeiteten also keine authentischen diagnostischen Probleme, was sowohl die Aussagekraft (BARROWS/FELTOVICH 1987, S. 90) als auch die Generalisierbarkeit (SCHWARTZ/ELSTEIN 2009, S. 250) der Befunde in Frage stellt. Schließlich erlauben die referierten Studien keine Aussagen dazu, ob anhand der oben skizzierten Theorie tatsächlich erfolgskritisches Informationsverhalten identifiziert werden kann, d. h. Verhalten, das die Qualität der Informationsrepräsentation anzeigt.

2.2.2 Erfolgskritisches Informationsverhalten: ein Qualitätsindikator der Informationsrepräsentation?

Bei ABELE (2016a) hat sich das mit der Theorie bestimmte erfolgskritische Informationsverhalten als aussagekräftiger Qualitätsindikator der Informationsrepräsentation erwiesen. In der Studie zum diagnostischen Problemlösen im Kfz-Bereich wurden zwei unterschiedlich schwierige elektrotechnische Kfz-Probleme eingesetzt und anhand der skizzierten Theorie problemspezifisch mehrere erfolgskritische Verhaltensweisen bestimmt. Das einfache Problem konnte durch Abarbeiten einer Anleitung

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

gelöst werden, die in einem computerbasierten Expertensystem hinterlegt war. Ein solches Expertensystem stellt ein Standardwerkzeug von Kfz-Mechatronikern dar. Um das schwierige Problem zu lösen, musste eine Problemlösestrategie eigenständig entwickelt werden. Für beide Probleme wurden zunächst die erfolgskritischen diagnostischen Hypothesen bestimmt, anschließend wurde daraus das erfolgskritische Informationsverhalten abgeleitet. Bei beiden Problemen zeigte sich, dass das *Aufrufen eines relevanten Einbaulageplans* mit dem Problemlöseerfolg korrelierte ($r \approx .20$). Im Kontext der dort verwendeten Probleme ist dieser Befund insofern sinnvoll, als die Problemlösung mit elektrotechnischen Messungen an einer spezifischen Kfz-Komponente verbunden und damit das Auffinden der Komponente ein wichtiger Problemlöseschritt war. Gezeigt hat sich dort auch, dass die Bedeutung dieses Verhaltens durch Erfahrung moderiert wurde, d. h. das Aufrufen des Einbaulageplans war nur dann bedeutsam, wenn nicht bereits einschlägige Vorerfahrungen vorlagen, d. h. die Einbaulage nicht bereits bekannt war. Falls bereits Wissen zur Einbaulage vorlag, wurde das beobachtbare Informationsverhalten (wohl) durch eine mentale Aktivität (Wissensabruf) ersetzt. Beim schwierigen Problem hatte v. a. das *Aufrufen eines relevanten Stromlaufplans* einen bedeutsamen Einfluss auf den Problemlöseerfolg ($\beta = .52$). Dieser Einfluss resultierte wahrscheinlich daraus, dass beim schwierigen Problem eigenständig eine zielführende Problemlösestrategie zu entwickeln war, was eine mentale Modellierung der Problemlösesituation voraussetzte. Dafür waren relevante Ausschnitte des betreffenden Kfz-Systems mental zu repräsentiert, wofür auf den Stromlaufplan zurückgegriffen wurde, der wichtige Systeminformationen enthält.

In der erwähnten Studie wurde das erfolgskritische Verhalten anhand von computergenerierten Logfile-Dateien erfasst und berücksichtigt, ob z. B. der Stromlaufplan aufgerufen wurde oder nicht. Dies stellt insofern ein relativ grobes Vorgehen dar, als das Aufrufen von Informationsmaterialien wenig darüber Aussagen muss, ob auch die erfolgskritischen Informationen gewonnen wurden.

2.2.3 *Kritische Fixationsdauer: eine geeignete Variante, erfolgskritisches Informationsverhalten zu operationalisieren?*

Die kritische Fixationsdauer stellt eine weitere Variante dar, das erfolgskritische Informationsverhalten zu operationalisieren. Die kritische Fixationsdauer dokumentiert z. B., wie lange ein kritischer Bereich von Informationsmaterialien fokussiert wurde. In der Eye-Tracking-Forschung hat sich die Annahme als fruchtbar erwiesen, die Fixationsdauer als validen Indikator dafür zu betrachten, welche Informationen mit welcher Intensität verarbeitet werden (VAN GOG/JARODZKA 2013, S. 144). Gemeinhin wird unterstellt (KOK/JARODZKA 2016, S. 31), dass die Fixation einerseits von mentalen Zielen (Top-down-Steuerung) und andererseits von den fokussierten Stimuli abhängt (Bottom-up-Steuerung). Diese Annahme steht im Einklang mit der oben skizzierten Theorie, die davon ausgeht, dass der Subprozess „Informationsrepräsentation" einerseits das Informationsverhalten auslöst und andererseits von den gewonnenen Informationen beeinflusst wird.

Any unauthorized use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

Wie vorliegende Befunde belegen, kann die kritische Fixationsdauer einen relativ präzisen Indikator für die Qualität der Informationsrepräsentation darstellen. In einer Untersuchung zum diagnostischen Problemlösen in einem elektrischen Schaltkreis fanden VAN GOG/PAAS/VAN MERRIËNBOER (2005) heraus, dass erfolgreiche Problemlöser häufiger die kritischen Informationsbereiche des Schaltkreises fokussierten als weniger erfolgreiche. Unsere Recherchen erbrachten keine weiteren Eye-Tracking-Studien zum diagnostischen Problemlösen, die im vorliegenden Kontext relevant sind. Studien aus anderen Bereichen liefern jedoch einige hier relevante Hinweise. Wie CHARNESS u. a. (2001) zeigten, werden kritische Bereiche einer Figurenkonstellation auf einem Schachbrett von Schachexperten länger fokussiert als von Novizen, wenn über den bestmöglichen nächsten Schachzug nachgedacht wird. In der Studie von JARODZKA u. a. (2010) fokussierten Experten bei einer Klassifikationsaufgabe im Biologiebereich kritische Bereiche des zu klassifizierenden Objekts länger als Novizen. Schließlich fanden TSAI u. a. (2012) für das Lösen naturwissenschaftlicher Probleme heraus, dass Experten kritische Informationsbereiche relativ lange fokussierten. Die Fixationsdauer stellte sich also sowohl domänenübergreifend (s. dazu auch VAN GOG/SCHEITER 2010, S. 97) als auch mit Blick auf das Problemlösen als Qualitätsindikator der Informationsrepräsentation heraus.

3 Forschungshypothese

Vor diesem Hintergrund nahmen wir in der Pilotstudie an, dass die Qualität der Informationsrepräsentation den diagnostischen Problemlöseerfolg beeinflusst. Die Qualität der Informationsrepräsentation wurde anhand von kritischen Fixationsdauern, d. h. einer spezifischen Variante des erfolgskritischen Informationsverhaltens operationalisiert. Empirisch wurde erwartet, dass erfolgreiche Probanden beim Lösen diagnostischer Kfz-Probleme erfolgskritische Informationsbereiche länger fokussieren als weniger erfolgreiche Probanden. Der Untersuchung lag die Annahme zugrunde, dass die einbezogenen erfolgskritischen Informationen nicht bereits in Form von Langzeitwissen vorlagen, sondern aus der Problemumwelt interaktiv zu gewinnen waren.

4 Methode

4.1 Stichprobe und Design

Die Stichprobe der Pilotstudie umfasste 15 Kfz-Mechatroniker des dritten Ausbildungsjahrs. Die Auszubildenden stammten aus vier Klassen zweier baden-württembergischer Berufsschulen, waren ausschließlich männlich und im Durchschnitt 21,7 Jahre alt (Range: 18–37). Auf Basis des Fachlehrerurteils wurden aus jeder Klasse zwei sehr schwache und zwei sehr starke diagnostische Problemlöser gezogen. Eine testbasierte Auswahl von „Novizen“ und „Experten“ war aus organisatorischen Gründen nicht möglich. Wie

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

die Ergebnisse zeigen, war dies für die Studie nicht problematisch. Bei einer Erhebung führten zeitliche Verzögerungen dazu, dass nur drei Probanden einbezogen werden konnten. Jeder Proband bearbeitete nacheinander zwei typische diagnostische Kfz-Probleme in einer authentischen Kfz-Computersimulation: ein Problem lag im Bereich des Drehzahlgebers (DZG) und eins im Bereich des Ladedruckmagnetventils (LMV).

4.2 Materialien und Apparate

4.2.1 Kfz-Computersimulation und diagnostische Probleme

Die diagnostischen Probleme waren in einer Kfz-Computersimulation zu bearbeiten. Diese Simulation wird in Anlehnung an ABELE/WALKER/NICKOLAUS (2014) kurz beschrieben. In der Computersimulation sind relevante Ausschnitte ausgewählter Kfz-Systeme sowie berufstypische Arbeitsmittel von Kfz-Mechatronikern verfügbar. Bei der Problembearbeitung können die Probanden diese Arbeitsmittel weitgehend analog zur Arbeit in einer Kfz-Werkstatt nutzen. Abbildung 2 zeigt Screenshots der Computersimulation.

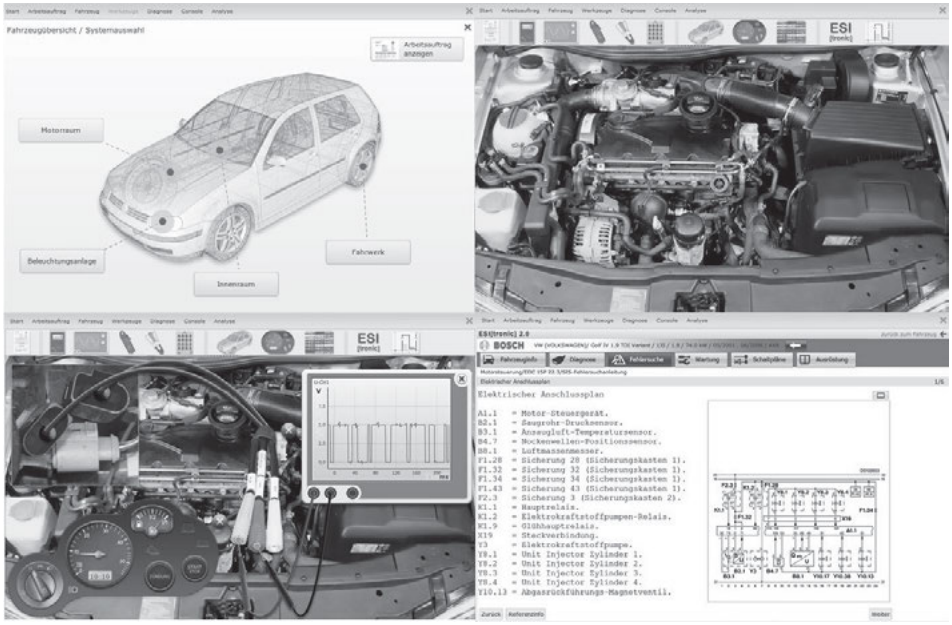


Abb. 2: Screenshots aus der Kfz-Computersimulation (oben links: Fahrzeugübersicht; oben rechts: Motorraumübersicht; unten links: Signalmessung mit dem Oszilloskop; unten rechts: Stromlaufplan aus dem computerbasierten Expertensystem)

Auf der Einstiegsseite bzw. der Fahrzeugübersicht (in der Abbildung oben links dargestellt) können die Problembeschreibung sowie verschiedene Fahrzeugsysteme per

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

Mausklick aktiviert werden. Im vorliegenden Beitrag ist nur das System *Motormanagement* relevant, da sich beide diagnostische Probleme darauf beziehen. Zur Problemlösung können akustische Prüfungen (z. B. Prüfung des Motorgeräuschs), Sichtprüfungen (z. B. Prüfung, ob eine Sicherung „durchgebrannt" ist) und elektrotechnische Messungen (z. B. eine Widerstandsmessung) durchgeführt werden. Außerdem wurden lösungsrelevante und nicht lösungsrelevante Pfade eines computerbasierten Expertensystems repräsentiert, das ein Standardwerkzeug von Kfz-Mechatronikern darstellt. In diesem Expertensystem sind Informationsmaterialien, wie z. B. der Einbaulageplan von Kfz-Komponenten und Stromlaufpläne, verfügbar. Zudem stellt das System für manche Problemstellungen eine Anleitung zur Verfügung, wie bei der Problemlösung vorzugehen ist. Die Interaktion mit der Simulation sei beispielhaft anhand einer elektrotechnischen Messung veranschaulicht.

In Abbildung 2 ist rechts oben der Motorraum zu sehen, der zur Problemlösung im Motormanagement benötigt wird und in dem über die obere Menüleiste verschiedene Arbeitsmittel verfügbar sind (z. B. der Sicherungskasten des Fahrzeuginnenraums). Um Messungen durchzuführen, ist das entsprechende Symbol des benötigten Messinstruments (Multimeter, Oszilloskop oder Strommesszange) auszuwählen. In der Abbildung unten links wurde das Oszilloskop ausgewählt und das Signal des Ladedruckmagnetventils (LMV) gemessen. Dafür mussten – wie beim „realen" diagnostischen Problemlösen – die entsprechende Steckverbindung geöffnet, das Adapterkabel angeschlossen und, zum Starten des Fahrzeugs, die Instrumentenanzeige aktiviert werden.

Im Motormanagement sind außer den 10 Elementen der Menüleiste 13 Kfz-Komponenten und mehrere Hundert Messstellen verfügbar sowie mehrere Tausend distinkte Messungen möglich. Die untere rechte Ecke der Abbildung zeigt einen Stromlauplan, der über das Expertensystem aufgerufen wurde. GSCHWENDTNER, ABELE und NICKOLAUS (2009) belegten, dass das diagnostische Problemlösen mit der Simulation valide erfasst werden kann. Außerdem geben sie weitere Informationen zur Computersimulation.

Das Drehzahlgeber-Problem lässt sich prinzipiell durch das Abarbeiten der im computerbasierten Expertensystem verfügbaren Problemlöseanleitung lösen. Umso überraschender war es, dass es sich in einer Vorgängerstudie mit einer Lösungsquote von 15,2 % als äußerst schwierig herausstellte (ABELE/WALKER/NICKOLAUS 2014, S. 174). Das Problem im Bereich des Ladedruckmagnetventils (LMV) erfordert eine eigenständige Strategieentwicklung und erwies sich in derselben Studie erwartungsgemäß als sehr schwierig.

4.2.2 Eye-Tracking-Technik

Zur Erfassung der kritischen Fixationsdauern setzten wir das System „TobiiX120" mit einer zeitlichen Auflösung von 60 Hz ein, das unterhalb des Computerbildschirms angebracht war. Für die Ermittlung der Fixationsdauern wurde die Software „Tobii Studio 3.3.2" verwendet.

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries of copyright law is illegal and may be prosecuted. This applies in particular to copies, translations, microfilming as well as storage and processing in electronic systems. © Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

4.3 Durchführung

Die Studie umfasste vier Erhebungstermine: an drei Terminen waren vier Probanden und an einem drei Probanden einbezogen. Zu Beginn der Datenerhebung erhielten die Probanden eine Einführung in die Kfz-Computersimulation. Aus Standardisierungsgründen erfolgte die Einführung mit einem 10-minütigen Video, das jeder Proband mit Kopfhörer an seinem Monitor anschaute. Anschließend bearbeitete jeder Proband ein Übungsblatt, das sich auf zentrale Funktionen der Simulation bezog (z. B. auf die Aktivierung von Arbeitsmitteln). Nach 18 Minuten wurden den Probanden die Lösungen zu diesem Übungsblatt präsentiert und in seltenen Fällen falsch bearbeiteter Aufgaben die betreffenden Simulationsfunktionen nochmals im Klassenverbund anhand der an die Wand projizierten Simulation erläutert. Insofern ist zu unterstellen, dass keine entscheidenden nutzungsbedingten Differenzen zwischen den Probanden vorlagen. Die Einführung dauerte ca. 40 min. Anschließend bearbeitete *ein* Proband die beiden diagnostischen Problem an einem Computer, der mit dem Eye-Tracker ausgestattet war. Die anderen Probanden bearbeiteten andere diagnostische Probleme im selben Computerraum. Vor der Erfassung der Blickdaten wurde der Proband in die Eye-Tracking-Erhebung eingeführt und es wurde ihm erklärt, worauf er zu achten hat (z. B. dass er seinen Kopf nicht aus dem Aufnahmebereich nehmen soll). Danach wurde der Eye-Tracker auf die individuellen Besonderheiten der Testperson kalibriert, indem die Testperson einen Punkt fixierte, der sich auf dem Monitor bewegte. Nach der erfolgreichen Kalibrierung bearbeitete der Proband die beiden diagnostischen Probleme eigenständig, wobei seine Blickbewegung aufgezeichnet wurde. Für das erste Problem (Drehzahlgeber) standen 20 Minuten, für das zweite Problem (Ladedruckmagnetventil) 25 Minuten zur Verfügung. Der Proband hatte die Möglichkeit, das zweite Problem vorzeitig aufzurufen. Spätestens nach 45 Minuten erfolgte ein Wechsel: Der Proband des Eye-Tracking-Rechners wechselte an einen anderen Computerplatz und bearbeitete dort weitere diagnostische Probleme, ein anderer Proband wechselte an den Eye-Tracking-Platz usw. Die Probandenreihenfolge wurde insofern permutiert, als am Eye-Tracking-Platz abwechselnd leistungsstarke und leistungsschwache Probanden saßen. Zur Dokumentation erhielten die Auszubildenden einen vorstrukturierten Bogen, auf dem sie relevante Problemlöseschritte und die konkrete Problemursache notieren sollten.

4.4 Maße

4.4.1 Problemlöseerfolg

Der Problemlöseerfolg wurde anhand der schriftlichen Dokumentationen der Probanden ermittelt. Das Scoring erfolgte auf Basis eines Kodiermanuals, das von drei Kfz-Experten (zwei Ausbildungs-/Werkstattmeister, ein wissenschaftlicher Mitarbeiter) ausgearbeitet wurde und sich in einer Vorgängerstudie bewährte (ABELE/

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

WALKER/NICKOLAUS 2014). Falls die korrekte Problemursache genannt und mit geeigneten Evidenzen belegt wurde, wurde der höchste Score von „2" vergeben. Falls bestimmte diagnoserelevante und leicht identifizierbare Teilschritte eindeutig dokumentiert wurden (z. B. Dokumentation einer spezifischen Messung und Angabe des korrekten Messwerts), wurde mit „1" kodiert.

4.4.2 Kritische totale Fixationsdauer

Außerdem wurde die totale kritische Fixationsdauer erfasst. Die totale kritische Fixationsdauer bezeichnet die Gesamtzeit, mit der ein Proband einen kritischen Bereich eines Informationsdokuments anschaute. Um diese Fixationsdauer zu erfassen, waren kritische Bereiche, d. h. *areas of interest* (AOIs) zu definieren. Dazu wurden zunächst für jedes Problem die kritischen diagnostischen Hypothesen ermittelt, daraus problemspezifisch die erfolgskritischen Informationen abgeleitet und anschließend die AOIs bestimmt. Letztlich wurden aber nicht alle, sondern im Rückgriff auf die Studie von ABELE (2016a) nur ausgewählte AOIs berücksichtigt: Bei einem Problem, das mit dem DZG-Problem vergleichbar ist, erwies sich dort der Einbaulageplan und bei einem mit dem LMV-Problem vergleichbaren Problem der Einbaulageplan sowie der Stromlaufplan als besonders relevant.

Die drei AOIs des Drehzahlgeber-Problems sind in Abbildung 3 dargestellt. Sie beziehen sich auf den Einbaulageplan, der zum Auffinden des Steckanschlusses des Drehzahlgebers nötig war. Die linke Seite des Einbaulageplans zeigt eine Liste mit verschiedenen Kfz-Komponenten und zugehörige Abkürzungen, auf der rechten Seite wird die Einbaulage der Komponenten grafisch angezeigt. Um die Einbaulage des Steckanschlusses des Drehzahlgebers zu finden, ist idealtypisch zunächst der Steckanschluss und seine Abkürzung in der Liste zu fixieren (AOI 1), dann muss die relevante Abkürzung in der Grafik gefunden werden (AOI 2) und schließlich muss die Einbaulage in der Grafik fokussiert werden (AOI 3).

Abbildung 4 zeigt die AOIs des LMV-Problems. Dem oben abgebildeten Plan konnte die Einbaulage des Ladedruckmagnetventils in mehreren Schritten entnommen werden: Zunächst war der links dargestellten Liste die Abkürzung des LMV zu entnehmen (AOI 4), dann die Abkürzung in der Grafik zu fokussieren (AOI 5), daran anschließend die Einbaulage in der Grafik zu fixieren (AOI 6) und schließlich die Einbaulage der Komponente der Grafik zu erfassen (AOI 7).

Im unten dargestellten Stromlaufplan galt es zunächst ebenfalls, die Abkürzung der Komponente zu fokussieren (AOI 8). Anschließend konnte die Komponente im Stromlaufplan fokussiert (AOI 9) und letztlich Pin 62 fixiert werden (AOI 10), der die Verbindung mit dem Motorsteuergerät anzeigt und für die Problemlösung relevant war.

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

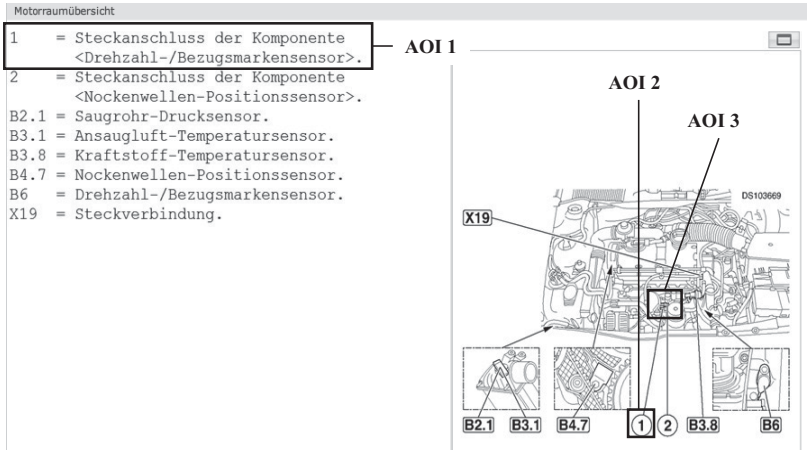


Abb. 3: Areas of interest des Einbaulageplans des ***Drehzahlgebers***

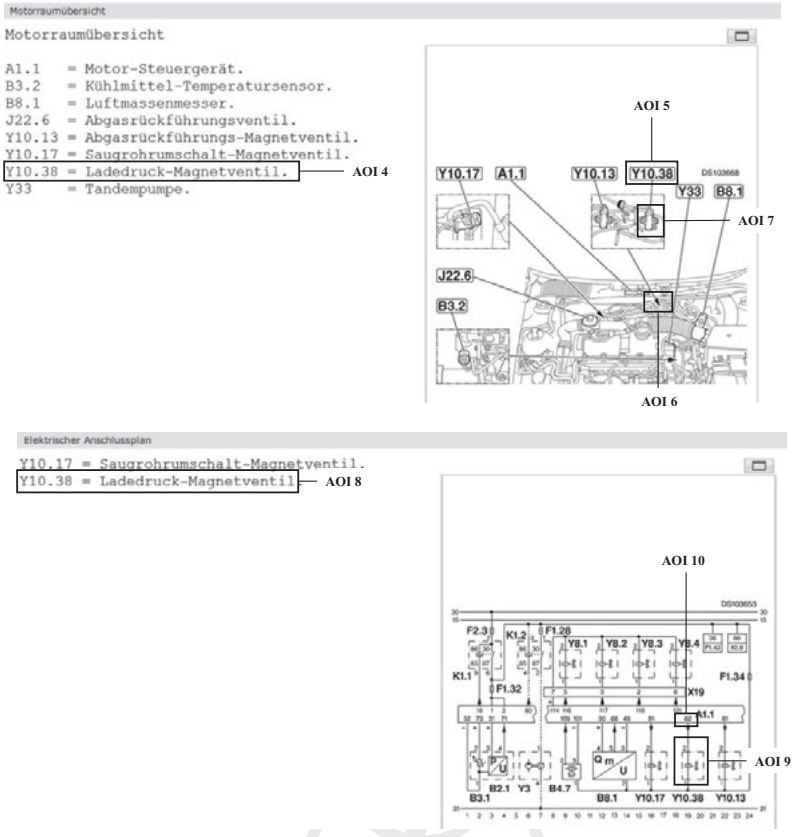


Abb. 4: Area of interests des Einbaulageplans (oben) und des Stromlaufplans (unten) des ***Ladedruckmagnetventils***

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

4.5 Datenanalyse

Zur Prüfung, ob sich die kritischen Fixationsdauern erfolgreicher und weniger erfolgreicher Problemlöser unterschieden, wurde aus den folgenden Gründen der Mann-Whitney-Test, also ein non-parametrischer Test eingesetzt (BORTZ/LIENERT 2008, S. 59 f.): Erstens basiert die Studie auf einer kleinen Stichprobe. Zweitens sind Fixationsdauern meist nicht normalverteilt (PANNASCH 2003, S. 6). Um die Bedeutung der Gruppenunterschiede zu beurteilen, wurde der exakte Signifikanztest verwendet (FIELD 2013, S. 547) und die Effektstärke *r* berechnet (FIELD 2013, S. 550). Für die Interpretation der Effektstärke wurde auf die Konvention von Cohen zurückgegriffen, der zufolge ein *r* von 0,1 einen kleinen, ein *r* von 0,3 einen mittleren und ein *r* von 0,5 einen großen Effekt anzeigt (ebd., S. 550).

5 Ergebnisse

5.1 Ausgewählte deskriptive Befunde

Deskriptive Befunde werden zu beiden diagnostischen Problemen dargestellt. Es erfolgt aber jeweils eine Beschränkung auf die totale kritische Fixationsdauer, die für die weiteren Analysen besonders bedeutsam ist.

In Tabelle 1 sind die Häufigkeiten der totalen kritischen Fixationsdauern der Probanden für jeden DZG-Problemlösescore und AOI 3 abgetragen. Erwartungsgemäß waren die fünf Probanden, die die Einbaulage des DZG-Steckanschlusses in der Grafik nicht fixierten, auch nicht erfolgreich. Auffällig ist jedoch auch, dass ein Proband AOI 3 für fünf Sekunden, also relativ lange fokussierte und dennoch erfolglos blieb. Ergänzend sei erwähnt, dass der Einbaulageplan beim DZG-Problem von 12 der 15 Probanden und der Stromlaufplan von nur drei Probanden aufgerufen wurde.

Tab. 1: Häufigkeiten der totalen kritischen Fixationsdauern von AOI 3 (Einbaulage des ***DZG***-Steckanschlusses in Grafik) je Problemlösescore

Score	Totale kritische Fixationsdauer											Gesamt
	0	0,27	1,51	1,55	2,00	4,70	5,00	6,05	6,17	6,72	7,46	
0	5	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	8
1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3
2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	4

In Tabelle 2 sind die Häufigkeiten der Fixationsdauern von AOI 10 des LMV-Problems dargestellt. Wie zu sehen ist, weist ein erfolgloser Proband eine sehr lange Fixationsdauer von 10,23 Sekunden auf. Dieser Proband wies auch bei den anderen AOIs des Ladedruckmagnetventils eine weit überdurchschnittliche totale Fixationsdauer auf. Ferner war auffallend, dass der Proband unter Berücksichtigung aller bearbeiteter

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

Problemstellungen (neben den beiden hier relevanten Problemen wurden vier weitere bearbeitet) überdurchschnittlich gut abschnitt. Aufgrund dieser widersprüchlichen Befunde wurde dieser Proband von den weiteren Analysen des Ladedruckmagnetventils ausgeschlossen. Erwähnenswert ist zudem, dass der Einbaulageplan des Ladedruckmagnetventils von 14 Probanden und der Stromlaufplan von 10 Probanden aufgerufen wurden.

Tab. 2: Häufigkeiten der totalen kritischen Fixationsdauern von AOI 10 (Pin 62 des ***LMV*** an Motorsteuergerät) je Problemlösescore

Score	Totale kritische Fixationsdauer										Gesamt
	0	0,08	0,13	0,17	0,58	1,05	5,05	6,21	10,23	11,94	
0	2	1	1	0	0	0	1	0	1	0	6
1	4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	6
2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	3

5.2 Hypothesentest: Weisen erfolgreiche Probanden tatsächlich eine höhere totale kritische Fixationsdauer auf als weniger erfolgreiche Probanden?

Um die Forschungshypothese zu testen, wurden die Probanden problemspezifisch in zwei Gruppen eingeteilt. Bei der Gruppeneinteilung wurden zwei Varianten gewählt: Bei der ersten Variante wurden die erfolglosen Problemlöser (Score: 0) den erfolgreichen und teilweise erfolgreichen (Score: 1 und 2) gegenübergestellt, bei der zweiten Variante wurden die erfolglosen und teilweise erfolgreichen (Score: 0 und 1) mit der Gruppe der vollständig erfolgreichen Problemlöser (Score: 2) verglichen.

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse beider Varianten für die drei AOI des Drehzahlgeber-Problems. Bei der ersten Variante unterschieden sich die Fixationsdauern aller drei AOI deutlich. Dies dokumentierten die Signifikanzwerte, aber v. a. die Effektstärken, die bei AOI 3 mit $r = -.70$ besonders hoch ausfiel. Bei der zweiten Gruppenbildung fielen die Effektstärken geringer und die p-Werte deutlich höher aus. Auch hier waren die Unterschiede bei AOI 3 am höchsten.

Am Rande sei Folgendes erwähnt: Das Aufrufen des Einbaulageplans (0: nicht aufgerufen und 1: aufgerufen) und der Problemlöseerfolg (Score: 0, 1, 2) korrelierten mit $r = .43$ ($p = .055$), die totale kritische Fixationsdauer von AOI 3 und der Problemlöseerfolg merklich höher, und zwar mit $r = .53$ ($p = .021$).

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

Tab. 3: Gruppenunterschiede: Totale kritische Fixationsdauer beim ***DZG***-Einbaulageplan

	Gruppe 1: Score 0 (n = 8)	Gruppe 2: Score 1 oder 2 (n = 7)	
	Median	Median	Mann-Whitney Test
AOI 1	0,13	1,60	U = 14,0; z = -1,65; p = ,057 r = -0,43
AOI 2	0,00	0,25	U = 13,5; z = -1,73; p = ,046 r = -0,47
AOI 3	0,00	6,05	U = 5,0; z = -2,71; p = ,002 r = -0,70
	Gruppe 1: Score 0 und 1 (n = 11)	Gruppe 2: Score 2 (n = 4)	
	Median	Median	Mann-Whitney Test
AOI 1	0,48	1,42	U = 20,0; z = -0,27; p = ,420 r = -0,07
AOI 2	0,13	0,64	U = 12,5; z = -1,28; p = ,115 r = -0,33
AOI 3	1,51	4,09	U = 11,0; z = -1,46; p = ,085 r = -0,38

Anmerkung. AOI 1: Kurzbezeichnung für den Steckanschluss des Drehzahlgebers in der Liste, AOI 2: Kurzbezeichnung für den Steckanschluss des Drehzahlgebers in der Grafik, AOI 3: Einbaulage des Steckanschlusses des Drehzahlgebers in der Grafik; r: Effektstärke.

In Tabelle 4 finden sich die Ergebnisse zu den Gruppenunterschieden beim Einbaulageplan des Ladedruckmagnetventils. Bei beiden Gruppierungsvarianten waren hier zwischen den erfolgreichen und weniger erfolgreichen Probanden keine bedeutsamen Unterschiede zu beobachten.

Tab. 4: Gruppenunterschiede: Totale kritische Fixationsdauern beim ***LMV***-Einbaulageplan

	Gruppe 1: Score 0 (n = 6)	Gruppe 2: Score 1 oder 2 (n = 9)	Mann-Whitney Test
	Median	Median	
AOI 4	1,32	0,78	U = 21,0; z = -0,71; p = ,255 r = -0,18
AOI 5	0,00	0,00	U = 25,0; z = -0,27; p = ,445 r = -0,07
AOI 6	0,29	0,32	U = 27,0; z = 0,00; p = ,527 r = 0,00
AOI 7	0,43	1,07	U = 22,0; z = -0,59; p = ,302 r = -0,15

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

	Gruppe 1: Score 0 und 1 (n = 12)	Gruppe 2: Score 2 (n = 3)	Mann-Whitney Test
	Median	Median	
AOI 4	0,78	1,37	U = 11,0; z = -1,01; p = ,176 r = -0,26
AOI 5	0,00	0,00	U = 15,0; z = -0,49; p = ,343 r = -0,13
AOI 6	0,45	0,00	U = 15,0; z = -0,46; p = ,369 r = -0,12
AOI 7	0,64	1,27	U = 17,0; z = -0,15; p = ,475 r = -0,04

Anmerkung. AOI 4: Abkürzung für das Ladedruckmagnetventil in der Liste, AOI 5: Abkürzung für das Ladedruckmagnetventil in der Grafik, AOI 6: Einbaulage des Ladedruckmagnetventil in der Grafik 1, AOI 7: Einbaulage des Ladedruckmagnetventil in der Grafik 2; r: Effektstärke.

Tabelle 5 enthält die Ergebnisse zu den AOI des LMV-Stromlaufplans. Bei AOI 9 waren hier bei beiden Gruppierungsvarianten schwache bis mittlere Unterschiede festzustellen, die allerdings nicht signifikant waren. Was AOI 10 und die zweite Gruppierungsvariante anbelangt, war ein (fast) signifikanter deutlicher Gruppenunterschied zu beobachten. Bei Einschluss des oben erwähnten, ausgeschlossenen Probanden lag die Effektstärke bei diesem AOI immer noch bei r = .38 und der Signifikanzwert bei p = .084.

Tab. 5: Gruppenunterschiede: Totale kritische Fixationsdauern beim ***LMV***-Stromlaufplan

	Gruppe 1: Score 0 (n = 5)	Gruppe 2: Score 1 oder 2 (n = 9)	Mann-Whitney Test
	Median	Median	
AOI 8	0,68	0,37	U = 22,0; z = -0,07; p = ,502 r = -0,02
AOI 9	0,32	3,13	U = 16,0; z = -0,89; p = ,213 r = -0,24
AOI 10	0,08	0,17	U = 19,0; z = -0,49; p = ,335 r = 0,13
	Gruppe 1: Score 0 und 1 (n = 12)	Gruppe 2: Score 2 (n = 3)	Mann-Whitney Test
	Median	Median	
AOI 8	0,68	0,37	U = 16,0; z = -0,08; p = ,500 r = -0,02
AOI 9	0,32	3,13	U = 10,0; z = -1,04; p = ,176 r = -0,28
AOI 10	0,00	0,58	U = 6,0; z = -1,70; p = ,060 r = -0,45

Anmerkung. AOI 8: Abkürzung für das Ladedruckmagnetventil in der Liste, AOI 9: Ladedruckmagnetventil im Stromlaufplan, AOI 10: Pin des Ladedruckmagnetventils am Motorsteuergerät; r: Effektstärke.

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

6 Diskussion

6.1 Zusammenfassung und theoretische Vertiefung der Befunde

Die Ziele dieser Untersuchung bestanden darin, das Potential von Eye-Tracking für die Gewinnung empirischer Erkenntnisse im Bereich der beruflichen Bildung auszuloten und die Bedeutung der Informationsrepräsentation für den diagnostischen Problemlöseerfolg zu untersuchen. Die Informationsrepräsentation wurde als Subprozess des diagnostischen Problemlöseprozesses konzeptualisiert und die Qualität dieses Subprozesses anhand spezifischen Informationsverhaltens, nämlich der totalen kritischen Fixationsdauer, operationalisiert. Es wurde vermutet, dass erfolgreiche Problemlöser bei der Informationsrepräsentation eine höhere Qualität erreichen als weniger erfolgreiche Problemlöser, d. h. erfolgreiche Probanden fokussieren kritische Informationsbereiche länger als weniger erfolgreiche Probanden. In der Untersuchung wurden zwischen erfolgreichen und erfolglosen Problemlösern teilweise keine bedeutsamen Unterschiede bezüglich der kritischen Fixationsdauer gefunden, teilweise waren die Unterschiede (sehr) bedeutsam. Beobachtet wurde zudem, dass die kritischen Fixationsdauern deutlich höher mit dem Problemlöseerfolg korrelieren können als die Tatsache, ob bestimmte Informationsmaterialien aufgerufen werden oder nicht. Kritische Fixationsdauern können demnach ein präziserer Indikator für die Qualität der Informationsrepräsentation sein als binäre Verhaltensdaten, wie sie z. B. computergenerierten Logfile-Dateien zu entnehmen sind (s. z. B. ABELE 2016a).

Beim Drehzahlgeber-Problem waren v. a. dann bedeutsame Gruppenunterschiede festzustellen, wenn die Fixationsdauern der erfolglosen Problemlöser mit den Fixationsdauern der Problemlöser verglichen wurden, die zumindest einen Score von „1" erreichten. Dies ist insofern plausibel, als der Score von „1" dann vergeben wurde, wenn die Probanden den Steckanschluss des Drehzahlgebers gefunden und dies mit eindeutigen Evidenzen belegten. Die Fixationsdauern des Drehzahlgebers bezogen sich allesamt auf die Einbaulage des DZG-Steckanschlusses. Bei der anderen Gruppierungsvariante fielen die Unterschiede weniger hoch aus, bei zwei AOI waren aber auch dann noch mittlere bis starke Effekte zu beobachten, die bei einer größeren Stichprobe vermutlich auch statistisch signifikant ausgefallen wären. Beim Problem des Ladedruckmagnetventils waren beim Einbaulageplan hingegen allenfalls (sehr) schwache Gruppenunterschiede festzustellen. Wie lässt sich dieser Unterschied zwischen den beiden diagnostischen Problemen erklären?

Die bedeutsamen Gruppenunterschiede bei den Fixationsdauern des DZG-Einbaulageplans, weisen sehr wahrscheinlich auf eine problemspezifische Besonderheit hin. Um das Drehzahlgeber-Problem zu lösen, ist nicht der Drehzahlgeber selbst, sondern der in einigem Abstand befindliche Steckanschluss dieser Komponente zu lokalisieren (Abbildung 3). Dies stellt insofern einen Sonderfall dar, als Steckanschluss und Komponente bei vielen anderen diagnostischen Kfz-Problemen eine Einheit bilden. Viele Probanden wandten wohl diese Erfahrung an und suchten nach dem Drehzahlgeber und *nicht* nach dem Steckanschluss des Drehzahlgebers. Dafür spricht auch

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

das hier nicht weiter behandelte Ergebnis, dass die meisten Probanden für eine relativ lange Zeit im Einbaulageplan den Drehzahlgeber selbst (B6) fixierten. Wie die Befunde von BESNARD/BASTIEN-TONIAZZO (1999) belegen, kann Erfahrung in diagnostischen Situationen ein Nachteil sein, die vom Regelfall abweichen. Dies würde auch erklären, warum sich das Drehzahlgeber-Problem bislang als überraschend schwierig erwies (ABELE/WALKER/NICKOLAUS 2014). Um das Ladedruckmagnetventil (LMV) zu lokalisieren, kann dagegen dem gewohnten Verhaltensmuster gefolgt werden, weshalb beim LMV-Problem vermutlich keine (deutlichen) Gruppenunterschiede beim Fixieren des Einbaulageplans festgestellt wurden.

Bedeutsame Gruppenunterschiede wurden beim LMV-Problem allerdings bei den kritischen Fixationsdauern gefunden, die sich auf den Stromlaufplan beziehen. Diese Unterschiede waren v. a. dann deutlich, wenn die erfolglosen bzw. teilweise erfolgreichen (Score: 0 und 1) mit den erfolgreichen (Score: 2) Problemlösern kontrastiert wurden. Dies ist deshalb plausibel, weil erst für den Score von „2" eine eigenständige Strategie entwickelt werden musste und der Stromlaufplan relevant war; der Score von „1" ließ sich hingegen ohne Stromlaufplan durch Abarbeiten der Anleitung des computerbasierten Expertensystems erreichen. Wie lässt sich diese Relevanz der kritischen Fixationsdauern beim Stromlaufplan theoretisch erklären?

Die Gruppenunterschiede beim LMV-Stromlaufplan deuten wohl darauf hin, dass zur Lösung des LMV-Problems ein mentales Modell zur Problemlösesituation entwickelt werden musste. In diesem mentalen Situationsmodell waren vermutlich Informationen zum Ladedruckmagnetventil (z. B. Funktion und Pinbelegungen) und dessen Verbindung zu anderen Komponenten (z. B. dem Motorsteuergerät) repräsentiert. Dieses Modell diente wohl der Formulierung erfolgskritischer diagnostischer Hypothesen und hielt Informationen dazu bereit, wie die Hypothesen getestet und die Testergebnisse bewertet werden können. Ein solches Modell war sehr wahrscheinlich die Voraussetzung dafür, eigenständig eine zielführende Strategie zu entwickeln (s. dazu z. B. KLUWE/HAIDER 1999). Das LMV-Problem ließ sich im Unterschied zum Drehzahlgeber-Problem nicht lösen, indem einfach eine Anleitung des computerbasierten Expertensystems abgearbeitet wurde. Die mentale Modellierung stellte sich auch in anderen Studien zum diagnostischen Problemlösen als zentral heraus (PEREZ 1991, S. 122 ff.).

Die Befunde weisen ferner darauf hin, dass zwischen der totalen kritischen Fixationsdauer und der Qualität der Informationsrepräsentation wohl kein linearer Zusammenhang besteht. Einige Probanden hatten relativ hohe kritische Fixationsdauern, waren aber nicht erfolgreich. Vermutlich zeigen kritische Fixationsdauern ab einem bestimmten Punkt nicht mehr die Qualität der Informationsrepräsentation, sondern eher Schwierigkeiten bei der Verarbeitung des Stimulusmaterials, also Schwierigkeiten bei der Informationsrepräsentation an (s. dazu z. B. PANNASCH 2003, S. 5 f.). Möglicherweise wäre es für die Erfassung der Informationsrepräsentation gewinnbringend, Fixationsdauern zu kategorisieren: In die erste Kategorie könnten jene Fälle gefasst werden, die keine oder eine zu geringe Fixationsdauer aufweisen, in die zweite Kategorie jene, die eine zu hohe Fixationsdauer aufweisen, und schließlich in

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

die dritte Kategorie jene, deren Fixationsdauern zwischen den beiden anderen Kategorien liegen. Die Grenzen dieser Kategorien wären, wenn möglich, anhand bisheriger Befunde oder exploratorisch zu bestimmen. Die Qualität der Informationsrepräsentation sollte entlang dieser Kategorien steigen. Aufgrund der Stichprobengröße konnte dieses Verfahren hier nicht erprobt werden. Möglich ist auch, dass zwischen der kritischen Fixationsdauer und der Qualität der Informationsrepräsentation ein invertierter u-förmiger Zusammenhang besteht (s. dazu z. B. GREIFF u. a. 2016).

Zusammenfassend sprechen die Befunde dafür, dass die Informationsrepräsentation erfolgreicher Problemlöser eine höhere Qualität aufweist als die Informationsrepräsentation weniger erfolgreicher Problemlöser. Die Informationsrepräsentation ist also für den diagnostischen Problemlöseerfolg bedeutsam. Angesichts der Ergebnisse ist aber nicht davon auszugehen, dass sich die Qualität der Informationsrepräsentation guter und schwacher Problemlöser generell unterscheidet. Vielmehr dürfte die Gültigkeit dieser Aussage von spezifischen Anforderungen (Notwendigkeit der mentalen Modellierung und Abweichung von Routinefällen) eines diagnostischen Problems abhängen.

6.2 Implikationen der Studie

In forschungsmethodischer Hinsicht hat sich gezeigt, dass mit Eye-Tracking aufschlussreiche Prozessdaten gewonnen werden können, die gegenüber computergenerierten Logfile-Daten Vorteile bieten. Zwar sind die Anschaffungskosten geeigneter Eye-Tracker und der nötigen Auswertungssoftware relativ hoch, wie die vorliegende Studie belegt, kann diesbezüglich aber auch erfolgreich mit anderen Organisationen oder Einrichtungen kooperiert werden. Falls Blickdaten an beruflichen Schulen erfasst werden, sollten mobile Eye-Tracker mit einer relativ großen Kopfbewegungstoleranz eingesetzt werden: Es war zu beobachten, dass es für Auszubildende teilweise schwierig war, den Kopf innerhalb eines vorgegebenen Bereichs zu bewegen.

Was die Gestaltung computerbasierter Expertensysteme anbelangt, legen die Befunde nahe, der Gestaltung von Informationsmaterialien die nötige Aufmerksamkeit zu schenken. Wie an der überraschend geringen Lösungsquote des eigentlich einfachen Drehzahlgeber-Problems erkennbar wurde, kann die Gestaltung von Informationsmaterialen erhebliche praktische Konsequenzen haben. Die Lösungsquote beim Drehzahlgeber-Problem würde wahrscheinlich beachtlich steigen, wenn der Drehzahlgeber und der einschlägige Steckanschluss auf dem Einbaulageplan in einer gemeinsamen Kategorie abgebildet würden. Vielleicht könnte auch ein einleitender Satz in dieser Kategorie auf die Besonderheit hinweisen, dass im Einbaulageplan einerseits der Drehzahlgeber und andererseits der DZG-Steckanschluss dargestellt sind. Damit würde diesem Sonderfall explizit Rechnung getragen.

In einer didaktischen Perspektive regt die Studie an, bei der Förderung des diagnostischen Problemlösens der Informationsrepräsentation die nötige Beachtung zu schenken. Es geht allerdings nicht darum, oberflächliches Informationsverhalten

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

anzutrainieren, sondern darum, mentale Grundlagen zur Repräsentation jener Informationen zu schaffen, die für den diagnostischen Problemlöseprozess und Problemlöseerfolg relevant sind: Es sollte gelernt werden, kritisches Informationsverhalten zu initiieren, auszuführen und zu nutzen, um relevante, also für den Problemlöseerfolg erfolgskritische Informationen mental zu repräsentieren und gegebenenfalls ein mentales Modell bilden zu können. Im Anschluss an VAN MERRIENBOER (2013) kommt es wohl darauf an, die Informationsrepräsentation nicht isoliert, sondern mit „vollständigen" diagnostischen Problemen zu fördern. Insgesamt scheint die Befundlage aber dahingehend noch nicht eindeutig, ob Subprozesse auch isoliert oder immer im Gesamtprozess gefördert werden sollten.

6.3 Grenzen und Ausblick

Die Ergebnisse der Studie basieren auf einer kleinen Stichprobe und zwei diagnostischen Problemen, weshalb unsicher ist, welche Bedeutung die Informationsrepräsentation generell beim diagnostischen Problemlösen hat und von welchen Anforderungsbedingungen diese Bedeutung abhängt. Zu bedenken ist allerdings, dass hier trotz einer kleinen Stichprobe teilweise signifikante und große Effekte gefunden wurden und sich diese Effekte theoretisch gut plausibilisieren lassen. Grenzen weist diese Pilotstudie auch insofern auf, als lediglich die totale Fixationsdauer berücksichtigt wurde. Eye-Tracking erlaubt jedoch die Ableitung vieler weiterer interessanter Indikatoren (HOLMQVIST u. a. 2011). Außerdem sei darauf hingewiesen, dass aufgrund des mehrfachen Hypothesentests mit derselben Stichprobe das Risiko der Alpha-Fehler-Kumulierung besteht.

Im Bereich der Prozessdatenerfassung könnten in künftigen Studien Eye-Tracking-Brillen genutzt werden, um Blickdaten im „realen" Arbeitsprozess zu erfassen. In zukünftigen Experimentalstudien könnte zudem systematisch der Frage nachgegangen werden, wie computerbasierte Informationssysteme zu gestalten sind, damit Nutzer ideal beim beruflichen Problemlösen unterstützt werden. Hier empfiehlt sich eine enge Kooperation zwischen Wissenschaftlern aus dem Bereich „Mensch-Maschine-Interaktion" und der beruflichen Bildung. Aus einer didaktischen Sicht könnten Untersuchungen interessant sein, inwieweit die Informationsrepräsentation durch die Konfrontation mit Sonderfällen verbessert werden kann. Gewinnbringend könnten außerdem Eye-Tracking-Studien zum Thema sein, wie Stromlaufpläne gelesen und mentale Modelle gebildet werden. Daran könnten Interventionsstudien zur Förderung der mentalen Modellbildung und des diagnostischen Problemlösens anschließen. Der große Vorteil von Prozessdaten besteht darin, sich hypothesenprüfend an das „herantasten" zu können, was Auszubildenden und Facharbeitern im Problemlöseprozess besondere Schwierigkeiten bereitet und deshalb besonderer Unterstützung im Lehr-Lern-Prozess bedarf.

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

Literatur

ABELE, S. (2016a): Theory of the Diagnostic Problem-solving Process in Professional Contexts and its Evaluation Using Computer-generated Log-file Data, Manuskript zur Veröffentlichung eingereicht.

ABELE, S. (2016b): Umgang mit Komplexität. In: Zeitschrift für Berufs-und Wirtschaftspädagogik 112, H. 1, S. 37–59.

ABELE, S. / WALKER, F. / NICKOLAUS, R. (2014): Zeitökonomische und reliable Diagnostik beruflicher Problemlösekompetenzen bei Auszubildenden zum Kfz-Mechatroniker. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 28, H. 4, S. 167–179.

BARROWS, H. S. / FELTOVICH, P. J. (1987): The clinical reasoning process. In: Medical Education 21, S. 86–91.

BECK, K. (1987): Die empirischen Grundlagen der Unterrichtsforschung. Eine kritische Analyse der deskriptiven Leistungsfähigkeit von Beobachtungsmethoden. Göttingen: Hogrefe.

BECK, K. / LANDENBERGER, M. / OSER, F. (Hrsg.) (2016): Technologiebasierte Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung. Ergebnisse aus der BMBF-Förderinitiative ASCOT. Bielefeld: Bertelsmann.

BESNARD, D. / BASTIEN-TONIAZZO, M. (1999): Expert error in trouble-shooting: an exploratory study in electronics. In: International Journal of Human-Computer Studies 50, S. 391–405.

BORTZ, J. / LIENERT, G. A. (2008): Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung: Leitfaden für die verteilungsfreie Analyse kleiner Stichproben: Springer-Verlag.

CHARNESS, N. / REINGOLD, E. M. / POMPLUN, M. / STAMPE, D. M. (2001): The perceptual aspect of skilled performance in chess: Evidence from eye movements. In: Memory & cognition 29, H. 8, S. 1146–1152.

ELSTEIN, A. S. / SHULMAN, L. S. / SPRAFKA, S. A. (1990): Medical Problem Solving. A Ten-Year Retrospective. In: Evaluation & the Health Professions 13, H. 1, S. 5–36.

FIELD, A. (⁴2013): Discovering statistics using IBM SPSS statistics. London, Thousand Oaks, New Delhi, Singapore: Sage Publications.

FLEISCHER, J. / LEUTNER, D. / KLIEME, E. (Hrsg.) (2012): Modellierung von Kompetenzen im Bereich der Bildung: Eine psychologische Perspektive. Göttingen: Hogrefe.

GREIFF, S. / NIEPEL, C. / SCHERER, R. / MARTIN, R. (2016): Understanding students' performance in a computer-based assessment of complex problem-solving. An analysis of behavioral data from computer generated log files 61, S. 36–46.

GROVES, M. / O'ROURKE, P. / ALEXANDER, H. (2003): The clinical reasoning characteristics of diagnostic experts. In: Medical Teacher 25, H. 3, S. 308–313.

GSCHWENDTNER, T. / ABELE, S. / NICKOLAUS, R. (2009): Computersimulierte Arbeitsproben: Eine Validierungsstudie am Beispiel der Fehlerdiagnoseleistungen von Kfz-Mechatronikern. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 105, S. 557–578.

HOLMQVIST, K. / NYSTRÖM, M. / ANDERSSON, R. / DEWHURST, R. / JARODZKA, H. / VAN DE WEIJER, J. (2011): Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures: OUP Oxford.

JARODZKA, H. / SCHEITER, K. / GERJETS, P. / VAN GOG, T. (2010): In the eyes of the beholder: How experts and novices interpret dynamic stimuli. In: Learning and Instruction 20, H. 2, S. 146–154.

JONASSEN, D. H. (2011): Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments. New York, NY: Routledge.

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries of copyright law is illegal and may be prosecuted. This applies in particular to copies, translations, microfilming as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

KLUWE, R. H. / HAIDER, H. (1999): Modelle zur internen Repräsentation komplexer technischer Systeme. In: Sprache und Kognition 9, H. 4, S. 173–192.

KOK, E. M. / JARODZKA, H. (2016): Before your very eyes: The value and limitations of eye tracking in medical education. In: Medical Education.

MORRIS, N. M. / ROUSE, W. B. (1985): Review and evaluation of empirical research in troubleshooting. In: Human Factors 27, S. 503–530.

NENDAZ, M. R. / GUT, A. M. / PERRIER, A. / LOUIS-SIMONET, M. / REUILLE, O. / JUNOD, A. F. / VU, N. V. (2005): Common strategies in clinical data collection displayed by experienced clinician-teachers in internal medicine. In: Medical Teacher 27, H. 5, S. 415–421.

NICKOLAUS, R. (2014): Schwierigkeitsbestimmende Merkmale von Aufgaben und deren didaktische Relevanz. In: BRAUKMANN, U. / DILGER, B. / KREMER H.-H. (Hrsg.): Wirtschaftspädagogische Handlungsfelder. Festschrift für Peter F. E. Sloane zum 60. Geburtstag. Detmold: Eusl, S. 285–303.

NICKOLAUS, R. / ABELE, S. / GSCHWENDTNER, T. / NITZSCHKE, A. / GREIFF, S. (2012): Fachspezifische Problemlösefähigkeit in gewerblich technischen Ausbildungsberufen – Modellierung, erreichte Niveaus und relevante Einflussfaktoren. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 108, S. 243–272.

PANNASCH, S. (2003): Ereignisbezogene Veränderungen der visuellen Fixationsdauer. Dissertation. Technische Universität Dresden.

PEREZ, R. S. (1991): A view from troubleshooting. In: SMITH, M. U. (Hrsg.): Toward a Unified Theory of Problem Solving. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, S. 115–153.

PETSCH, C. / NORWIG, K. / NICKOLAUS, R. (2015): Berufsfachliche Kompetenzen in der Grundstufe Bautechnik – Strukturen, erreichte Niveaus und relevante Einflussfaktoren. In: RAUSCH, A. / WARWAS, J. / SEIFRIED, J. / WUTTKE, E. (Hrsg.): Konzepte und Ergebnisse ausgewählter Forschungsfelder der beruflichen Bildung – Festschrift für Detlef Sembill. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, S. 59–88.

RENKL, A. (2012): Modellierung von Kompetenzen oder von interindividuellen Kompetenzunterschieden. Ein unterschätzter Unterschied. In: FLEISCHER, J. / LEUTNER, D. / KLIEME, E. (Hrsg.): Modellierung von Kompetenzen im Bereich der Bildung: Eine psychologische Perspektive. Göttingen: Hogrefe, S. 50–53.

SCHAAFSTAL, A. / SCHRAAGEN, J. M. / VAN BERLO, M. (2000): Cognitive task analysis and innovation of training: the case of structured troubleshooting. In: Human Factors 42.

SCHWARTZ, A. / ELSTEIN, A. S. (²2009): Clinical problem solving and diagnostic decision making: a selective review of the cognitive research literature. In: KNOTTNERUS, J. A. / BUNTINX, F. (Hrsg.): The evidence base of clinical diagnosis: Wiley-Blackwell, S. 237–255.

TSAI, M.-J. / HOU, H.-T. / LAI, M.-L. / LIU, W.-Y. / YANG, F.-Y. (2012): Visual attention for solving multiple-choice science problem: An eye-tracking analysis. In: Computers & Education 58, H. 1, S. 375–385.

VAN GOG, T. / JARODZKA, H. (2013): Eye Tracking as a Tool to Study and Enhance Cognitive and Metacognitive Processes in Computer-Based Learning Environments. In: AZEVEDO, R. / ALEVEN, V. (Hrsg.): International Handbook of Metacognition and Learning Technologies. New York, NY: Springer New York, S. 143–156.

VAN GOG, T. / PAAS, F. / VAN MERRIËNBOER, J. J. G. (2005): Uncovering expertise-related differences in troubleshooting performance: combining eye movement and concurrent verbal protocol data. In: Applied Cognitive Psychology 19, H. 2, S. 205–221.

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.
This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017

VAN GOG, T. / SCHEITER, K. (2010): Eye tracking as a tool to study and enhance multimedia learning. In: Learning and Instruction 20, H. 2, S. 95–99.
VAN MERRIENBOER, J. (2013): Perspectives on problem solving and instruction. In: Computers & Education, H. 64, S. 153–160.
WINTHER, E. / KLOTZ, V. K. (2014): Spezifika der beruflichen Kompetenzdiagnostik–Inhalte und Methodologie. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 17, H. 1, S. 9–32.

DR. STEPHAN ABELE
Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft, Abteilung für Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik, Geschwister-Scholl-Straße 24D, 70174 Stuttgart, E-Mail: abele@bwt.uni-stuttgart.de
M. SC. RAPHAEL OSTERTAG
Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft, Abteilung für Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik, Geschwister-Scholl-Straße 24D, 70174 Stuttgart
DR. MATTHIAS PEISSNER
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Competence Center Human Computer Interaction, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
DIPL.-INF. ANDREAS SCHULLER
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Competence Center Human Computer Interaction, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries of copyright law is illegal and may be prosecuted. This applies in particular to copies, translations, microfilming as well as storage and processing in electronic systems.
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017