

passage of time. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 46, 102–109.

Schaffner, P. & Laux, L. (1979). Der Einfluß der kognitiven und emotionalen Angstkomponente auf die Prüfungsleistung bei Studenten. In L. H. Eckensberger (Hrsg.), *Bericht über den 31. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Mannheim, 1978* (Bd. 2, S. 359–362). Göttingen: Verlag für Psychologie.

Smith, T. W., Snyder, C. R. & Handelsman, M. M. (1982). On the self-serving function of an academic wooden leg: Test-anxiety as a self-handicapping strategy. *Journal of Personality and Social Psychology*, 42, 314–321.

Taylor, J. A. (1953). A Personality Scale of Manifest Anxiety. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 48, 285–290.

Taylor, J. A. & Spence, K. W. (1952). The relationship of anxiety level to performance in serial learning. *Journal of Experimental Psychology*, 44, 61–64.

Wieczerkowski, W., Nickel, H., Janowski, A., Fittkau, B. E. & Rauer, W. (1974). *Angstfragebogen für Schüler (AFS)*. Braunschweig: Westermann.

Wine, J. D. (1971). Test anxiety and direction of attention. *Psychological Bulletin*, 76, 92–104.

Wine, J. D. (1980). Cognitive-attentional theory of test anxiety. In I. G. Sarason (Ed.), *Test anxiety: Theory, research, and applications* (pp. 349–385). Hillsdale, NJ.: Erlbaum.

Zatz, S. & Chassin, L. (1983). Cognitions of test anxious children. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 51, 526–534.

Anschrift der Verfasserin: Dr. Doris Krumpholz, Collenbuschstr. 20, 42277 Wuppertal.

Süß, H. M., Kersting, M. & Oberauer, K. (1993). Zur Vorhersage von Steuerungsleistungen an computersimulierten Systemen durch Wissen und Intelligenz. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 14, 189–203.

Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 14, 1993, Heft 3, S. 189–203

Zur Vorhersage von Steuerungsleistungen an computersimulierten Systemen durch Wissen und Intelligenz

On the predictability of control performance on computer-simulated systems by knowledge and intelligence

Heinz-Martin Süß, Martin Kersting und Klaus Oberauer

Freie Universität Berlin und Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen

Zusammenfassung: Thema des vorliegenden Beitrags zum Zusammenhang von Intelligenz, Wissen und Problemlösen ist die Erfassung von Wissen und dessen Bedeutung für das Lösen komplexer Probleme. Als Gründe für die inkonsistente Befundlage in der Literatur zu diesem Thema werden schwer vergleichbare Wissenskonzepte bei verschiedenen Autoren und die fragwürdige Güte der eingesetzten wissensdiagnostischen Instrumente diskutiert.

Berichtet werden die Ergebnisse einer Untersuchung mit 214 Probandinnen und Probanden. Ein normierter Test diente der Erfassung von allgemeinem betriebswirtschaftlichen Wissen; ein spezieller Wissenstest für die «Schneiderwerkstatt» wurde nach den Methoden zur Konstruktion kontextvaliden Tests entwickelt. Die Ergebnisse unterstützen die Annahme, daß sowohl allgemeines als auch systemspezifisches Wissen neben den intellektuellen Fähigkeiten substantielle Prädiktoren des Problemlöseerfolgs bei der Steuerung der «Schneiderwerkstatt» sind.

Abstract: Subject of this study is the assessment of knowledge and its relevance for complex problemsolving within the larger context of the interrelation between intelligence, knowledge and problem-solving. Inconsistent findings reported in the literature on this topic are discussed and explained in terms of the variety of different authors concepts of knowledge which are difficult to compare and the questionable validity of the instruments which are used for knowledge assessment.

214 high school pupils participated in the study. A age-standardized test served for the assessment of general economic knowledge; a specific knowledge test for the «tailor-shop» was developed according to the methods for the construction of content-valid tests. The results support the assumption that besides intellectual capacities general as well as system-specific knowledge are substantial predictors of control performance on the system «tailor shop».

1. Einleitung

Als kognitive Voraussetzungen für problemlösendes Handeln in computersimulierten realitätsorientierten Situationen werden unter anderem Intelligenz (z.B. Hörmann & Thomas, 1989) und Wissen (z.B. Putz-Osterloh, 1988) thematisiert. Beide Bereiche wurden jedoch bisher meist nur unabhängig voneinander betrachtet, eine theoretische Beziehung wurde selten hergestellt (siehe aber: Kyllonen & Woltz, 1989). Entsprechend fehlen empirische Ergebnisse zur relativen Bedeutung von Intelligenz und Wissen als Prädiktoren für Problemlöseverhalten und Steuerungserfolg beim Umgang mit komplexen Problemen.

In diesem Beitrag berichten wir über die Ergebnisse einer empirischen Untersuchung zum Zusammenhang von Intelligenz, Wissen und Pro-

blemlösen. Die Arbeit konzentriert sich dabei auf die Bedeutung, die dem problemspezifischen (Vor-)Wissen allein und neben den intellektuellen Fähigkeiten für die Steuerungsleistungen an computersimulierten Systemen zukommt. Detaillierte Ergebnisse zum Zusammenhang von Intelligenz und Problemlöseleistungen werden an anderer Stelle berichtet (Süß, Kersting & Oberauer, 1991; Süß, Oberauer & Kersting, 1993).

2. Wissen und Problemlösen

Bereits Dörner, Kreuzig, Reither und Stäudel (1983) diskutieren die «Vermehrung von Strukturwissen» (S. 39 ff.) als eine der Anforderungen an den Problemlöser. Inzwischen wurden der Erwerb und die Anwendung von Wissen bei computersimulierten Problemszenarien zu ei-

nem intensiv bearbeiteten Forschungsthema. Die vorliegenden Befunde ergeben jedoch kein konsistentes Bild.

Die Vermittlung von Wissen über die Zusammenhänge zwischen Variablen eines Systems führte in mehreren Experimenten von Berry and Broadbent (1984, 1987, 1988; Broadbent, Fitzgerald & Broadbent, 1986) nicht zu einer Verbesserung der Steuerungsleistungen im Umgang mit diesem System, die Verbesserung der Steuerungsleistungen durch Erfahrung («learning by doing») nicht zu einer Verbesserung des verbalisierbaren Wissens. Schließlich fanden die Autoren in denselben Untersuchungen keine bzw. sogar negative Korrelationen zwischen verbalisiertem Wissen über die Variablenrelationen und der Steuerungsgüte. Sie schließen daraus, daß implizites, nicht verbalisierbares Wissen die Steuerung leitet. Diese Befunde konnten in Replikationsstudien nicht oder nur teilweise bestätigt werden (Stanley, Mathews, Buss & Kotler-Cope, 1989; Sanderson, 1990; Haider, 1991; Marescaux, 1992).

Zwei Untersuchungen mit der Simulation eines fiktiven Ökosystems «SINUS» erbrachten hohe positive Korrelationen zwischen der Steuerungsleistung und der Güte des Kausalwissens (Funke, 1985; Funke & Müller, 1988). Dieses Wissen über die linearen Zusammenhänge der sechs Systemvariablen hatten die Probanden zuvor durch Exploration des Systems erworben.

Keinen Zusammenhang zwischen verbalisierbarem Wissen über Variablenrelationen und der Steuerungsleistung fanden Putz-Osterloh (1987), Putz-Osterloh, Bott and Houben (1988) und Strohschneider (1990) beim realitätsorientierten ökologischen System «Moro». Putz-Osterloh (1987) andererseits berichtet über systematische Zusammenhänge beim ökonomischen System «Schneiderwerkstatt». Der Wissensstand der Probanden wurde in dieser Studie aus Protokollen lauten Denkens während der ersten sechs Simulationstakte extrahiert. Funke (1988) konnte allerdings nur einen geringen, nicht signifikanten Zusammenhang zwischen der Steuerungsleistung bei der «Schneiderwerkstatt» und den Ergebnissen eines Tests mit Fragen über die Variablenvernetzung dieses Systems feststellen.

Strohschneider (1990) vermittelte in einer seiner Studien einer Experimentalgruppe Wissen

über systemtheoretische Konzepte zur Beschreibung von Variablen und ihrer Interdependenz (Wechselwirkung, verzögerte Wirkung u.ä.). Die Manipulation wirkte sich nicht auf die Problemlöseleistungen bei der nachfolgenden Steuerung des abstrakten Systems «Vektor» aus, wohl aber auf den Umfang richtigen Wissens über das System. Dieses während der Problembearbeitung mehrfach erhobene Wissen korrelierte deutlich positiv mit der Steuerungsleistung.

Die Bedeutung von Vorwissen für die Steuerungsleistungen bei realitätsorientierten Systemen wurde auch durch Vergleiche von Experten und Novizen untersucht. Putz-Osterloh (1987) stellte fest, daß Professoren der Wirtschaftswissenschaften Studenten bei der Steuerung der «Schneiderwerkstatt» überlegen waren. Schaub und Strohschneider (1992) zeigten die Überlegenheit von Managern beim System «Moro». Ob in diesen Untersuchungen allerdings die Expertise im jeweiligen Fachgebiet, generelles «heuristisches Wissen» (Schaub & Strohschneider, 1992) oder andere Personmerkmale für die besseren Steuerungsleistungen der Experten ausschlaggebend waren, blieb offen.

Hesse (1982) schließlich konnte zeigen, daß Probanden ein System mit semantischer Einkleidung erfolgreicher lösten als ein abstraktes System. Die semantische Einkleidung, so seine Interpretation, aktiviert Vorwissen, das bei der Steuerung hilfreich ist.

Für die inkonsistente Befundlage sehen wir zwei wesentliche Gründe:

1. Die von verschiedenen Autoren vorgenommenen Konzeptualisierungen und Differenzierungen von Wissen sind nicht vergleichbar. Welche Formen und welche Inhalte des Wissens induziert und/oder diagnostiziert werden, erscheint weitgehend beliebig.
2. Die verwendeten Wissensdiagnosen erfolgen meist ohne hinreichende Begründung der Methodik. In zahlreichen Arbeiten ist kaum zu rekonstruieren, nach welchen Vorgaben die Auswahl der Wissensfragen erfolgte, ob – und wenn ja, nach welchen Kriterien – die Güte der eingesetzten Verfahren beurteilt wird. So bleibt die Interpretation der Bedeutung geringer Zusammenhänge von Wissen und Problemlöseleistungen offen. Zwischen

der unzureichenden Güte der Meßinstrumente und der Entkräftung von Zusammenhangshypothesen kann nicht mehr unterschieden werden.

3. Wissenskonzepte

Viele Autoren nehmen Differenzierungen von Wissensbegriffen vor, ohne sie zueinander und zu den Begrifflichkeiten anderer in Beziehung zu setzen. Einen Einblick in die dadurch entstandene Vielfalt der Wissensbegriffe gibt Strohschneider (1990).

Im Kontext der Forschung zum komplexen Problemlösen scheinen uns vor allem drei Unterscheidungsdimensionen relevant.

1. Manche Bestandteile des Wissens kann eine Person symbolisch (sprachlich, grafisch) ausdrücken, andere nicht. Dieser Aspekt ist in der Unterscheidung von explizitem und implizitem Wissen aufgehoben (Berry & Broadbent, 1987, 1988) und wird auch in der Unterscheidung von deklarativem und prozeduralem Wissen thematisiert (Anderson, 1983; Oswald & Gadenne, 1984).
2. Sachwissen, definiert als Wissen über Sachverhalte in einem Realitätsausschnitt, kann unterschieden werden von Handlungswissen, definiert als Wissen über adäquate Handlungen in einer Situation im Hinblick auf ein Ziel. Die Unterscheidung von Sach- und Handlungswissen wurde beispielsweise von Kluewe (1979) getroffen.

Während die erste Unterscheidungsdimension die Form des Wissens betrifft, bezieht sich die zweite auf den Inhalt, so daß sich zusammengekommen potentiell vier verschiedene Wissensarten ergeben.

3. Wissen variiert im Allgemeinheitsgrad. Am einen Ende dieses Kontinuums stehen unspezifische Heurismen und Konzepte, am anderen Ende steht hochgradig spezifisches Wissen.

In diesem Ordnungsrastr lassen sich die meisten Untersuchungen, die Wissen beim Problemlösen erfassen, als Untersuchungen des deklarierbaren Sachwissens unterschiedlichen

Allgemeinheitsgrades einordnen. Zum deklarierbaren Sachwissen gehört:

- spezifisches Wissen über die Eigenschaften einzelner Variablen eines bestimmten Systems (z. B. Strohschneider, 1990),
- spezifisches Wissen über Zusammenhänge zwischen Variablen eines Systems («Zusammenhangswissen», «Strukturwissen», «Kausalmodelle»; z. B. Funke, 1985; Funke & Müller, 1988; Putz-Osterloh, Bott & Houben, 1988), welches sich nach Funke (1985) wiederum unterteilen läßt in Relations-, Richtungs- und Stärkewissen,
- allgemeines systemtheoretisches Wissen über Formen von Variablenverknüpfungen, wie z. B. «Rückkopplung» und «Zeitverzögerung» (vgl. Strohschneider, 1990).

In Untersuchungen zum Vergleich von Experten und Novizen wird gelegentlich angenommen, daß Experten neben spezifischem Sach- und Handlungswissen auch über Heurismen, also allgemeines Handlungswissen, verfügen (Schaub & Strohschneider, 1992). Über die Deklarierbarkeit von Heurismen werden keine Aussagen getroffen, Versuche zur Diagnose heuristischen Wissens gibt es nach unserer Übersicht bislang nicht.

Auch Strategien, die häufig als Determinanten des Problemlöseerfolgs postuliert werden (Dörner, 1989; Putz-Osterloh, 1989; Dörner & Pfeifer, 1992), sind dem Handlungswissen zuzurechnen – und nicht etwa der Intelligenz (Dörner, 1986). Denn Strategien können als Regeln formuliert werden, die prinzipiell lernbar und instruierbar sind. Strategien sind meist sehr spezifisch, ihre Transferweite ist – verglichen mit der Generalität von Intelligenzkonstrukten – relativ eng begrenzt (Klauer, 1992). Auch für Strategiewissen ist eine systematische Diagnostik unverzichtbar. Sie stößt jedoch bei der Bestimmung einer Grundmenge von möglichen Strategien auf noch ungelöste Probleme. Bislang werden Strategien bei der Steuerung komplexer Systeme nur post hoc beschrieben. Dieser eher «phänomenologische Prozeß» (Strohschneider, 1992) sollte mittelfristig zu einer systematischen Methode weiterentwickelt werden.

Beim «impliziten Wissen», das Broadbent und seine Kollegen postulieren, bleibt wiederum offen, ob es Sach- oder Handlungswissen oder

beides ist. Auf implizites Wissen eines bestimmten Inhalts kann nur dann geschlossen werden, wenn ausgeschlossen wird, daß explizites Wissen dieses Inhalts besteht. Das erfordert eine vollständige Diagnose des potentiell problemrelevanten deklarierbaren Sachwissens und Handlungswissens. Die Arbeitsgruppe um Broadbent hat deklarierbares Handlungswissen nicht erhoben. Daher bleibt die Möglichkeit offen, daß ihre Probanden gelernt haben, die Kleinsysteme mit Hilfe von deklarierbaren Faustregeln zu steuern. Das «explizite» Sachwissen über Variablenzusammenhänge wurde bei Berry and Broadbent (1988) anhand der Antworten von Probanden bei der Prognose von Systemzuständen eingeschätzt. Bei diesem Verfahren müssen die Probanden keine Aussagen über die Zusammenhänge selbst explizieren. Funke und Müller (1988) verwenden die Prognoseleistungen von Probanden als Maß der «Systemerkennung», mit dem auch «implizites Wissen» erfaßt werden kann.

Prognoseleistungen erlauben Rückschlüsse auf systemspezifisches Sachwissen, das eventuell nicht oder nicht vollständig symbolisch deklarierbar ist.

Das Vorwissen, das eventuell durch eine semantische Einkleidung aktiviert wird, kann deklarierbar oder nicht deklarierbar, Sach- oder Handlungswissen und von unterschiedlichem Allgemeingrad sein. Erst eine explizite Diagnose des Vorwissens würde Differenzierungen erlauben.

4. Zu den Methoden der Wissensdiagnostik

Eine vollständige Wissensdiagnose zielt darauf ab, die Inhalte und die Struktur des Wissens einer Person zu rekonstruieren (vgl. Tergan, 1986). Davon zu unterscheiden ist der bescheideneren Anspruch, das Ausmaß richtigen Wissens über einen Gegenstandsbereich zu erfassen. Letzteres ist meist das Ziel der Wissenserhebung in der Problemlöseforschung und auch das Ziel in der vorliegenden Arbeit.

Angaben zur Reliabilität und Validität der bisher eingesetzten Verfahren werden in der Literatur nicht berichtet. Auch die Bestimmung adäquater Kriterien für die Reliabilität und die Validität wissenschaftlicher Instrumente

steht bislang aus. Im folgenden werden wir uns auf die Diskussion von Validitätskriterien beschränken.

Deklarierbares Wissen mit relativ hohem Allgemeingrad kann mit normierten Wissenstests über bestimmte Bereiche erhoben werden, die im Kontext von Fachprüfungen oder Eignungsdiagnosen (z. B. Althoff, 1971) entwickelt und erprobt wurden. Damit sind für diese Testverfahren die Voraussetzungen für eine Kriteriumsvalidierung gegeben.

Für das bereichsspezifische Sachwissen über einzelne vernetzte Systeme halten wir das Verfahren der kontextvaliden Testkonstruktion (Klauer, 1987) für möglich und sinnvoll. Die Möglichkeit der Konstruktion kontextvaliden Tests hängt von der Definierbarkeit eines Item-Universums ab. Im Fall von computersimulierten Systemen ist es durch eine Aufgabenanalyse im Sinne von Resnick and Ford (1981) möglich, eine Aussagenmenge zu konstruieren, die das System auf einem bestimmten Abstraktionsniveau vollständig beschreibt. Der Simulationsalgorithmus des Systems wird dabei zu qualitativen und semiquantitativen Aussagen über Eigenschaften und Zusammenhänge der Variablen reduziert, die sich beispielsweise in einer Vernetzungsgrafik ausdrücken lassen. Berücksichtigt werden sollten dabei auch Ansätze zur Taxonomie von Systemmerkmalen (Hübner, 1989; Funke, 1990).

5. Hypothesen

Wir betrachten intellektuelle Fähigkeiten als notwendige Voraussetzung für den Erwerb und die Anwendung von Wissen. Das Ausmaß des Wissens einer Person über einen Gegenstandsbereich hängt neben den intellektuellen Fähigkeiten vor allem von der Intention und den Chancen einer Person ab, über diesen Bereich Wissen zu erwerben. Der Grad der Expertise für einen bestimmten Bereich kann dadurch im Extremfall unabhängig von den intellektuellen Fähigkeiten sein (Ceci & Liker, 1986). Unter vergleichbaren Lernbedingungen andererseits können Wissen und Intelligenz hoch interkorrelieren (Hunter & Schmidt, 1989).

Ausgangspunkt für die hier vorgestellten Überlegungen zum Zusammenhang von Intelli-

genz und Wissen beim Problemlösen ist die analytische Zerlegung eines komplexen Problems in eine *formale* Problemstruktur einerseits und eine *semantische* Einkleidung andererseits (vgl. Hesse, 1982; Kotovsky, Hayes & Simon, 1985). Bei der Frage, welche intellektuellen Fähigkeiten für die Steuerung eines Systems erforderlich sind, kommt der formalen Problemstruktur entscheidende Bedeutung zu. Die semantische Einkleidung eines Systems andererseits aktiviert beim Problemlöser Vorwissen über den Realitätsbereich, den das System simuliert, und bestimmt dadurch mit, welche Wissensbestände die Problembearbeitung leiten. Unter Vorwissen verstehen wir problembezogenes Wissen, das Probanden beim Beginn der Bearbeitung eines Problems bereits mitbringen, unabhängig davon, wie sie es erworben haben. Aktiviertes Vorwissen ist für die Problemlösung hilfreich, wenn es nicht nur für das reale Problem, sondern auch für die Simulation des realen Problems zutrifft.

Die Steuerung eines vernetzten Systems erfordert es, (1) von den beobachteten Variablenwerten und deren Veränderungen auf die zugrundeliegenden Regeln zu schließen und deren Richtigkeit zu überprüfen (induktives Denken) und (2) eine konkrete, situationsgebundene Handlungsabsicht als Folge oder Spezialfall der bereits erkannten «wenn-dann-Zusammenhänge» zu realisieren (deduktives Denken). Voraussetzung für eine erfolgreiche Systemsteuerung ist also, falls das Vorwissen nicht ausreicht, der Erwerb von Systemwissen. Im Berliner Intelligenzstrukturmodell (BIS, siehe Jäger, 1982, 1984), das bei den hier vorgestellten Forschungsarbeiten angewandt wurde, sind Aufgaben, die deduktive und/oder induktive Denkleistungen erfordern, der Operationsklasse «*Verarbeitungskapazität*» (BIS-K) zugeordnet. Daraus ergibt sich die Erwartung, daß nicht die «Allgemeine Intelligenz», sondern die operative Fähigkeit «*Verarbeitungskapazität*» ein substantieller Prädiktor für den Erwerb von *Systemwissen* und für die *Steuerungsleistungen* an computersimulierten Systemen ist.

Aus diesen Annahmen ergeben sich folgende Hypothesen:

1. Bei der Steuerung eines semantisch eingekleideten Systems ist das Ausmaß richtigen Vor-

wissens über den Realitätsbereich, den die semantische Einkleidung anspricht, eine wichtige Determinante der Problemlöseleistungen. Eine Differenzierung des Wissensbegriffs wird in dieser Hypothese nicht vorgenommen, weil sie aus den bislang entwickelten theoretischen Annahmen nicht ableitbar ist.

2. Die Erfahrung mit der Steuerung eines Systems führt zum Erwerb systemspezifischen Wissens.
3. Mit zunehmender Systemerfahrung wird der Zusammenhang zwischen dem aktuellen bereichsspezifischen Wissen und den nachfolgenden Steuerungsleistungen enger, der Einfluß des allgemeinen Vorwissens geringer.
4. Die Lernbedingungen der Population, aus der unsere Stichprobe stammt (Oberschüler), sind für die Wissensdomäne, die für das eingesetzte Problem relevant ist (Wirtschaftswissenschaften), weder besonders homogen noch heterogen. Der Umfang richtigen Vorwissens korreliert daher bei dieser Stichprobe in mäßiger Höhe mit Konstrukten der Intelligenz.
5. Die «*Verarbeitungskapazität*» (BIS-K) ist ein substantieller Prädiktor für den Erwerb bereichsspezifischen Wissens. Diese Annahme gilt allerdings nur dann, wenn die aktuellen Lernbedingungen homogen sind und wenn in signifikantem Umfang Wissen erworben wird.
6. Die intellektuellen Fähigkeiten, insbesondere die «*Verarbeitungskapazität*» (BIS-K), sind substantielle Prädiktoren für die Problemlöseleistungen. Dennoch erwarten wir, daß das Ausmaß richtigen Vorwissens zusätzlich zu den Intelligenztestleistungen signifikant zur Aufklärung der Varianz des Problemlösegütekriteriums beiträgt.

6. Untersuchungsdesign

6.1 Instrumente und Stichprobe

An der zweitägigen Untersuchung nahmen 214 Schülerinnen (98) und Schüler (116) im Durchschnittsalter von 17;6 Jahren teil. Die Probanden bearbeiteten zunächst einen Test für das Berliner Intelligenzstrukturmodell (BIS-2; Süß,

Brühl & Jäger, 1989), zwei Wissenstests sowie das Problemszenario «Schneiderwerkstatt» (in einer geringfügig modifizierten Fassung von Funke, 1985).

Mit der «Schneiderwerkstatt» wählten wir ein System mit einer plausiblen semantischen Einkleidung, welches unter Intransparenzbedingungen zu bearbeiten war. Einige Fehler – hauptsächlich in der semantischen Einkleidung –, auf die Funke 1985 aufmerksam gemacht hat, wurden korrigiert, ohne damit die formale Struktur des Systems bedeutend zu verändern.

Als Gütekriterium für die Steuerungsleistungen wurde ein Aggregat aus zwei gleichgewichteten Teilgütekriterien berechnet: (1) die Anzahl verkaufter Hemden und (2) die Gewinnspanne pro verkauftem Hemd. Beide Subgütekriterien wurden zuvor aufgrund von extrem schiefen Verteilungen normalisiert. Über die Notwendigkeit der Verwendung dieser Problemlösegütekriterien, über Belege für ihre funktionale Äquivalenz mit traditionellen Gütekriterien und über Ergebnisse der Bewährung der verwendeten Kriterien berichten wir an anderer Stelle (Süß, Kersting & Oberauer, 1991; Süß, Oberauer & Kersting, 1993).

Zur Wissensdiagnose: Da wir keine differenzierten Hypothesen für spezielle Wissensarten aufgestellt haben, sollte Wissen möglichst umfassend erhoben werden. Dem standen allerdings ökonomische Restriktionen und ein Mangel an ausgereiften Methoden für die Bereiche «Handlungswissen» sowie «nicht deklarierbares Wissen» entgegen. Wir haben uns daher auf die Erhebung deklarierbaren Sachwissens unterschiedlichen Allgemeinheitsgrades konzentriert. Zusätzlich wurde ein Versuch unternommen, Handlungswissen zu erfassen, wobei das Meßinstrument über die Deklarierbarkeit dieses Wissens keine Aussage erlaubt.

Vorwissen von relativ hohem Allgemeinheitsgrad wurde mit dem altersnormierten Wirtschaftslehrestest der Deutschen Gesellschaft für Personalwesen (DGP, 1986) erfaßt, ergänzt um einige Fragen aus dem Wirtschaftslehrestest von Krumm und Seidel (1970). Der Test insgesamt wird mit der Abkürzung «WLT» bezeichnet. Die Fragen erfassen Wissen über Wirtschaftsbegriffe und Wirtschaftsrecht. Im multiple-choice-Verfahren wird beispielsweise nach der Bedeutung von Begriffen wie «Dividende»,

«Schuldverschreibung» oder «Embargo» gefragt. In der «Schneiderwerkstatt» kommen diese Begriffe und Sachverhalte nicht vor. Die Fragen des WLT verwenden wir daher als Indikatoren für das allgemeine betriebswirtschaftliche Vorwissen.

Vorwissen, das sich spezifisch auf Variablen und Zusammenhänge im Szenario «Schneiderwerkstatt» bezieht, wurde durch einen neu konstruierten Test erfaßt. Dieser Wissenstest zur «Schneiderwerkstatt» (WIS) enthält fünf Aufgabentypen zur Erfassung deklarierbaren Sachwissens über das System «Schneiderwerkstatt» und einen Aufgabentyp zur Erfassung von Handlungswissen.

Die Aufgaben zur Erfassung von Sachwissen wurden nach dem Verfahren zur Konstruktion kontentvalider Tests erstellt (Klauer, 1984, 1987). Grundlage dafür war eine aus dem Simulationsalgorithmus abgeleitete Menge von Aussagen über das System. Die Menge der Aussagen läßt sich in drei Gruppen einteilen: (1) Aussagen über die Existenz von Variablen und Variablenrelationen im System, (2) Aussagen über Variableneigenschaften und (3) Aussagen über Verknüpfungen zwischen Variablen. Zu den Eigenschaften einzelner Variablen gehören Charakteristika wie Eigendynamik und Stabilität sowie Merkmale, die sich aus der Position der Variablen im Variablennetz ergeben: die Anzahl anderer Variablen, von der eine Variable abhängt, und die Anzahl anderer Variablen, auf die eine Variable wirkt. Aus der Grundmenge richtiger Aussagen über das System wurde eine nach Aussagengruppen und Inhaltsbereichen quotierte repräsentative Stichprobe erzeugt. Die so ausgewählten Aussagen wurden als «multiple-choice»-Items vorgegeben, bei denen die Probanden unter drei bis sieben Alternativaussagen die richtige(n) auszuwählen hatten. Die Testkonstruktion, empirische Ergebnisse zur Überprüfung der Kontentvalidität und Kennwerte zur Bewährung des Testverfahrens sind an anderer Stelle ausführlich dokumentiert (Kersting, 1991).

Zur Erfassung des deklarierbaren Sachwissens wurden fünf Aufgabentypen konstruiert, deren Aufgaben zu Skalen zusammengefaßt wurden:

– Fragen nach der Existenz von Variablen und

der Anzahl anderer Variablen, von denen sie abhängen (Skala «Abhängigkeit»).

- Fragen nach der Existenz von Variablen und der Anzahl anderer Variablen, auf die sie wirken («Wirksamkeit»).
- Fragen nach Zusammenhängen zwischen Variablen mit verbal formulierten Aussagen nach dem Schema: «Eine Erhöhung/Verringerung der Variable x steigert/senkt die Variable y» («Zusammenhänge verbal»).
- Fragen nach Zusammenhängen zwischen Variablen mit grafisch dargestellten Aussagen:

Aus jeweils vier Darstellungen eines Ausschnitts der Vernetzungsgrafik mußte die korrekte ausgewählt werden. («Zusammenhänge figural»).

- Fragen nach besonderen Charakteristiken von Variablen: Eigendynamik, Stabilität etc. («Eigenschaften»).

Ein sechster Aufgabentyp (Skala «Eingriffswissen») diente der Erfassung von Handlungswissen. Für jede Einzelaufgabe erhielten die Probanden die Darstellung eines Systemzustands, die

Tabelle 1. Untersuchungsplan

Gruppe 1 N= 94	Gruppe 2 N= 78	Gruppe 3 N= 42
*****	** 1. Tag **	*****
BIS-2	BIS-2	BIS-2
WLT	WLT	WLT
*****	** 2. Tag **	*****
SWS-Einführung + zwei Übungsmonate	SWS-Einführung + zwei Übungsmonate	SWS-Einführung + zwei Übungsmonate
WIS-D1	WIS-D1	
	SWS-E (7 Variablen) SWS-D (9 Variablen)	
SWS-A (12 Monate)	SWS-A (12 Monate)	SWS-A (12 Monate)
WIS-D2	WIS-D2	WIS-D2
SWS-B (6 Monate) SWS-C (6 Monate)	SWS-B (6 Monate) SWS-C (6 Monate)	SWS-B (6 Monate) SWS-C (6 Monate)
SWS-D (9 Variablen) SWS-E (7 Variablen)		SWS-D (9 Variablen) SWS-E (7 Variablen)
WIS-D3 Kurzform	WIS-D3 Kurzform	WIS-D3 komplett

Verzeichnis der eingesetzten Instrumente:

- BIS-2: Test zum Berliner Intelligenzstrukturmodell, Version 2.
 WLT: Wirtschaftslehrestest. (DGP Hannover, 1986 und V. Krumm/G. Seidel, 1970.)
 SWS: Simulationsprogramm "Schneiderwerkstatt" (Version von J. Funke, leicht modifiziert)
 A / B / C bezeichnen die verschiedenen Bearbeitungsdurchgänge mit je neuen Startwerten.
 D / E bezeichnen reduzierte Versionen mit neun bzw. sechs Variablen (im vorliegenden Artikel nicht thematisiert).
 WIS: Problemspezifischer Wissenstest. "D1" - "D3" bezeichnet die Meßzeitpunkte.

Stichprobenbeschreibung:

214 Oberstufenschüler (98 w, 116 m) von 13 Westberliner Gymnasien.
 Alter: $\bar{x} = 17,6$ ($s = .74$).
 Erhebungszeitraum: Oktober bis Dezember 1989.

dem Bildschirmaufbau der «Schneiderwerkstatt» analog war. Es wurde ein Ziel vorgegeben, das im nächsten Monat erreicht werden sollte, z. B. die Steigerung des Gesamtvermögens oder die Steigerung der Nachfrage, der Produktion usw. Die Probanden mußten aus sechs Alternativen den geeignetsten Eingriff zur Zielerreichung auswählen. Bei der Erstellung dieses Aufgabentyps konnte im Gegensatz zu den übrigen Aufgabentypen kein befriedigendes Repräsentationsverhältnis zwischen der unendlichen Anzahl an möglichen Situationen und Eingriffen (Itemuniversum) einerseits und der tatsächlichen Anzahl von neun vorgegebenen Fragen (Itemstichprobe) andererseits hergestellt werden. Für diesen Aufgabentyp besteht daher kein Anspruch auf Kontenvalidität.

6.2 Untersuchungsabfolge

Den experimentellen Untersuchungsplan gibt Tabelle 1 wieder. Alle drei Gruppen bearbeiteten am ersten Tag den Intelligenz- und den allgemeinen Wirtschaftslehretest (WLT). Am zweiten Tag bearbeiteten die Probanden der beiden Experimentalgruppen den kompletten Wissenstest (WIS) einmal vor und einmal nach der ersten Systemsteuerung. Am Ende der Untersuchung bekamen sie eine «Kurzform», bestehend aus den verbalen Zusammenhangsfragen und den Aufgaben zum Eingriffswissen. Die Kontrollgruppe (Gruppe 3) bearbeitete den kompletten Wissenstest nach der ersten Systembearbeitung sowie am Ende der Untersuchung. Die «Schneiderwerkstatt» wurde zunächst für 12 Simulationsmonate und anschließend zweimal für sechs Simulationsmonate mit veränderten Startwerten (parallele Testversionen) gesteuert.

Für die hier interessierende Fragestellung können die beiden Experimentalgruppen zusammengefaßt werden. Die experimentelle Variation bezog sich auf eine Variation der Anzahl vernetzter Variablen in zusätzlichen Bearbeitungen der «Schneiderwerkstatt», auf die hier nicht eingegangen wird.

Die Ergebnisse der ersten 32 Probanden wurden als Vortest zur Erprobung des WIS verwendet, sie gingen nicht in die Auswertung ein. Dadurch ergeben sich für Zusammenhangsanalyse folgende Stichprobengrößen:

Meßzeitpunkt D1 des WIS:
N = 148 (Experimentalgruppen)

Meßzeitpunkt D2 des WIS:

N = 182 (alle Gruppen)

Meßzeitpunkt D3 des WIS:

N = 182 für die WIS-Kurzform (alle Gruppen).

7. Ergebnisse

7.1 Interkorrelation der Skalen zum spezifischen Wissen

Tabelle 2 zeigt die Interkorrelationsmatrix der sechs Skalen des spezifischen Wissenstests (WIS) zum ersten und zweiten Meßzeitpunkt. Zum ersten Meßzeitpunkt waren die Interkorrelationen größtenteils deutlich geringer als zum zweiten. Die «part-whole»-korrigierten Korrelationen der Skalen mit dem Gesamtscore waren zum zweiten Meßzeitpunkt durchweg signifikant. Interessant ist, daß auf der Ebene der Einzelskalen zu beiden Meßzeitpunkten nur das «Eingriffswissen» (Handlungswissen) mit dem Test zum allgemeinen Vorwissen (WLT) signifikant korrelierte; ferner, daß das «Eingriffswissen» mit der Gesamtskala in nahezu ebenso engem Zusammenhang stand wie die Skalen zum Sachwissen. Schließlich konnte Strohschneiders (1990) Befund, nach dem Eigenschaftswissen und Zusammenhangswissen über das System «Vektor» voneinander unabhängig waren, in unserer Untersuchung keine Bestätigung finden.

7.2 Reaktivität des Tests für spezifisches Wissen

Durch die WIS-Testfragen können Probanden zu Reflexion und Hypothesenbildung angeregt werden. Die in Frageform gekleideten Aussagen des für die «Schneiderwerkstatt» kontenvaliden Tests können über das System informieren. Um die Wirkung der Bearbeitung eines umfangreichen Wissenstests wie des WIS auf die nachfolgenden Leistungen zu prüfen, wurden die Experimentalgruppen mit der Kontrollgruppe verglichen. Die Kontrollgruppe hatte den WIS vor der ersten Steuerung der «Schneiderwerkstatt» nicht bearbeitet.

Tatsächlich steuerten die Experimentalgruppen die «Schneiderwerkstatt» im ersten Durchgang (SWS-A) besser als die Kontrollgruppe ($F(1,180) = 4.27, p < 0.05$). Dieser Effekt sollte

Tabelle 2: Interkorrelationen der Wissensskalen zum ersten und zweiten Meßzeitpunkt

N = 148	n of items	Variablenwissen			Relationswissen		Eing.	WIS-G	WLT
		Abh.	Wirk.	Eig.	verb.	fig.			
Variablenwissen:									
- Abhängigkeit	11		.11	.27 ^{**}	.34 ^{**}	.05	.13	.33 ^{**}	.11
- Wirksamkeit	11	.37 ^{**}		.27 ^{**}	.24 ^{**}	.04	.15	.28 ^{**}	.10
- Eigenschaften	6	.24 [*]	.24 [*]		.37 ^{**}	.16	.15	.44 ^{**}	.10
Relationswissen:									
- Zusammenhänge verbal	20	.43 ^{**}	.33 ^{**}	.40 ^{**}		.12	.27 ^{**}	.48 ^{**}	.15
- Zusammenhänge figural	8	.14	.20 [*]	.36 ^{**}	.35 ^{**}		.04	.14	.04
Eingriffswissen	8	.16	.27 ^{**}	.19	.33 ^{**}	.24 [*]		.27 ^{**}	.28 ^{**}
WIS-Gesamtest (WIS-G) ¹	64	.44 ^{**}	.43 ^{**}	.45 ^{**}	.59 ^{**}	.39 ^{**}	.37 ^{**}		.22 [*]
Wirtschaftslehretest (WLT) ²	30	.11	.01	.17	.19	.09	.27 ^{**}	.22 [*]	

¹ part-whole korrigierte Korrelationen; ² WLT-Daten vom ersten Meßzeitpunkt; * < .01, ** p < .001, einseitig.

Korrelationen oberhalb der Diagonale: Meßzeitpunkt 1; unterhalb der Diagonale: Meßzeitpunkt 2; Beschreibung der Skalen im Text.

sich verlieren, sobald alle Gruppen den Wissenstest mindestens einmal bearbeitet haben.

Gruppenunterschiede in den Problemlöseleistungen waren in der zweiten Bearbeitungsphase der «Schneiderwerkstatt» nicht mehr vorhanden ($F(1,180) = 0.05, p = 0.83$ für die aggregierten PLG-Gütwerte aus Durchgang SWS-B und SWS-C).

Keine Unterschiede gab es im Gesamtwissen zwischen den Experimentalgruppen und der Kontrollgruppe zum zweiten Meßzeitpunkt (WIS-D2; $t = -.16, p = .87$) und auch die korrelativen Zusammenhänge zwischen dem Wissen und den unmittelbar zuvor erbrachten Steuerungsleistungen unterschieden sich nicht zwischen den Gruppen. Daraus folgt, daß die Interpretierbarkeit der korrelativen Befunde und der Befunde zum Wissenserwerb von der Reaktivität des Wissenstests nicht tangiert werden.

7.3 Vorwissen und Problemlöseleistungen

Tabelle 3 gibt die Korrelationen der sechs WIS-Skalen und des WLT mit den Problemlöseleistungsindizes für die drei Bearbeitungsdurchgänge der

«Schneiderwerkstatt» wieder. Um die Höhe der Korrelationskoeffizienten vergleichen zu können, beschränken wir uns auf die Ergebnisse der Experimentalgruppen, für die vollständige WIS-Daten vorliegen.

Die Befunde bestätigen die erste Hypothese: Vier der sechs WIS-Einzelskalen des ersten Meßzeitpunkts korrelierten signifikant bis hochsignifikant mit den unmittelbar danach erbrachten Problemlöseleistungen (SWS-A). Das spezifische Wissen zum zweiten Meßzeitpunkt korrelierte in ähnlicher Höhe – mit Ausnahme einer Skala – mit den darauffolgenden Problemlöseleistungen (SWS-B und SWS-C). Die Korrelationen der Gesamtwerte des WIS, aggregiert über alle sechs Skalen, mit den Problemlöseleistungen entsprachen in ihrer Höhe in etwa dem Zusammenhang zwischen dem Problemlöseerfolg und der Skala «Verarbeitungskapazität (K)» des BIS.

Der Test für allgemeines Vorwissen (WLT) korrelierte mit allen drei SWS-Durchgängen signifikant. Auch allgemeines Vorwissen ist demnach ein guter Prädiktor für Problemlöseerfolg bei der «Schneiderwerkstatt».

Tabelle 3: Korrelationen zwischen Wissen, Intelligenz und Problemlösen

WIS & BIS	Problemlösegüte in der "SWS"							
	PLG-A		PLG-B		PLG-C		PLG-BC	
	WIS-D1	WIS-D2	WIS-D1	WIS-D2	WIS-D1	WIS-D2	WIS-D1	WIS-D2
Variablenwissen:								
- Abhängigkeit	.19	.18	.11	.11	.16	.04	.16	.08
- Wirksamkeit	.27**	.32**	.18	.24*	.13	.34**	.17	.33**
- Eigenschaften	.25*	.26**	.18	.16	.17	.20*	.19*	.21*
Relationswissen:								
- Zusammenhänge verbal	.22*	.37**	.17	.22*	.16	.28**	.18	.29**
- Zusammenhänge figural	.05	.24*	.05	.28**	.16	.26**	.12	.30**
Eingriffswissen	.37**	.30**	.21*	.27**	.23*	.39**	.25*	.37**
WIS-Gesamttest	.38**	.44**	.26**	.32**	.28**	.39**	.30**	.40**
Wirtschaftslehretest (WLT)	.38**		.28**		.22*		.28**	
BIS-Skalen:								
- Verarbeitungskapazität (K)	.50**		.29**		.33**		.35**	
- Bearbeitungsgeschwindigk. (B)	.05		-.04		-.09		-.07	

Legende: WIS-D1 = Wissenstest, 1. Meßzeitpunkt
 WIS-D2 = Wissenstest, 2. Meßzeitpunkt
 PLG-A/B/C = Problemlösegüte für SWS-A (12 Monate)/SWS-B (6 Monate)/SWS-C (6 Monate)
 PLG-BC = Aggregat aus PLG-B und PLG-C.

7.4 Wissenserwerb

Der Wissenszuwachs für den Gesamtscore des WIS von Meßzeitpunkt D1 zu Meßzeitpunkt D2 in den beiden Experimentalgruppen war hochsignifikant ($F(1,147) = 69.71; p < .001$). Dieser Befund bestätigt die zweite Hypothese.

Die Korrelation zwischen dem WIS-Gesamtscore zum 1. Meßzeitpunkt und dem Gesamtscore zum 2. Meßzeitpunkt betrug $r = .67$. Diese Korrelation ist beachtlich hoch, wenn wir in Rechnung stellen, daß Wissen theoretisch nicht als zeitlich stabiles Konstrukt begriffen werden kann, sondern als ein durch Lernen hochgradig veränderbares. Obwohl zwischen erstem und zweitem Meßzeitpunkt etwa eine Stunde intensiver Auseinandersetzung mit dem System lag, die deutliche Lerneffekte nach sich zog, blieben die interindividuellen Differenzen des Wissens sehr stabil.

Die Korrelationsmuster in Tabelle 3 zeigen außerdem, daß das jeweils unmittelbar vor der

Problembearbeitung erhobene Wissen ein besserer Prädiktor für die nachfolgende Steuerungsleistung ist als früher erfaßtes Wissen. Der Zusammenhang zwischen Steuerungserfolg und dem allgemeinen Vorwissen (WLT) nimmt im Gegensatz zum spezifischen Wissen mit zunehmender Systemerfahrung ab (Hypothese 3).

7.5 (Vor-)Wissen und Intelligenz

Den Zusammenhang von allgemeinem und spezifischem Vorwissen (erster Meßzeitpunkt) und Intelligenz gibt Tabelle 4 wieder. Alle WIS-Skalen zur Erfassung von Sachwissen korrelierten signifikant bis hochsignifikant mit der «Verarbeitungskapazität» (BIS-K). Signifikante Korrelationen mit der «Merkfähigkeit», den inhaltsgebundenen Faktoren «figural» und «numerisch» sowie mit der «Allgemeinen Intelligenz» waren nur vereinzelt zu finden und sind durchweg geringer. Dasselbe gilt für das allgemeine Wissen (WLT). Die Höhe der Korrelationskoeff-

fizienten entspricht der in Hypothese vier ausgesprochenen Erwartung moderater Zusammenhänge. Der relativ starke Zusammenhang zwischen den Wissensmaßen und BIS-K, insbesondere für das reliabelste Wissensmaß, den Gesamtscore ($r = .45$), kann dadurch bedingt sein, daß die «Verarbeitungskapazität» diejenige Fähigkeitskomponente ist, die generell den Erwerb von Wissen beeinflusst. Er könnte auch dadurch bedingt sein, daß die Anwendung von Wissen zur Beantwortung von Wissensfragen von der «Verarbeitungskapazität» abhängt. Schließlich muß auch die gemeinsame Methodenvarianz von Wissens- und Intelligenztestmaßen berücksichtigt werden. Es handelt sich jeweils um «multiple-choice»-Fragen. Gemeinsame Methodenvarianz kann aber nicht erklären, warum die meisten Wissensmaße vornehmlich mit BIS-K zusammenhängen. Keine Zu-

sammenhänge des diagnostizierten Wissens ergaben sich zum Intelligenzfaktor «Bearbeitungsgeschwindigkeit». Solche Zusammenhänge fanden Hörmann und Thomas (1989) und Strohschneider (1991) mit den von ihnen verwendeten Wissensmaßen.

Nicht bestätigt werden konnte die fünfte Hypothese: Trotz des signifikanten Lernzuwachses beim Wissen fanden wir keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Wissenszuwachs für den Gesamttest (Differenzwerte von WIS-D2 und WIS-D1) und der «Verarbeitungskapazität» (BIS-K; $r = .10$). Auch der Zusammenhang von BIS-K mit dem Wissen zum zweiten Meßzeitpunkt war mit $r = .46$ nicht höher als mit dem Wissen zum ersten Zeitpunkt. Höher wurden zum zweiten Meßzeitpunkt, mit einer Ausnahme («Eingriffswissen»), die Korrelationen der Einzelskalen mit BIS-K. Bei der Inter-

Tabelle 4: Korrelationen zwischen allgemeinem und problemspezifischem Vorwissen und Intelligenz

N = 148 WIS: Meßzeitpunkt 1	AI	K		E	M	B	V	N	F	WLT
		WIS-D1	WIS-D2 ¹							
Variablenwissen:										
- Abhängigkeit	.10	.19*	(.32**)	.04	-.03	.07	.03	.11	.09	.11
- Wirksamkeit	.15	.23*	(.26**)	.09	.06	.05	.04	.16	.15	.10
- Eigenschaften	.12	.28**	(.29**)	.01	.05	-.00	.13	.09	.07	.10
Relationswissen:										
- verbal	.18	.30**	(.36**)	-.03	.21*	.01	.14	.12	.17	.15
- figural	.21*	.19*	(.22*)	.16	.09	.17	.13	.21*	.18	.04
Eingriffswissen	.23*	.36**	(.28**)	.01	.20*	.07	.10	.28**	.17	.28**
WIS-Gesamttest	.27**	.45**	(.46**)	.07	.18	.09	.16	.26**	.24*	.22*
WLT	.19	.26**		.18	.13	-.03	.18	.17	.11	

¹ Werte in Klammern: Wissen zweiter Meßzeitpunkt (WIS-D2);
 Zur Erläuterung der Aufgabentypen des WIS Tests siehe Textverlauf;
 Abkürzungen:

- WLT: Allgemeiner Wirtschaftslehretest
- AI bis F: Skalen zum Berliner Intelligenzstrukturmodell (BIS):
- AI = Allgemeine Intelligenz
- K = Verarbeitungskapazität
- B = Bearbeitungsgeschwindigkeit
- M = Merkfähigkeit
- E = Einfallsreichtum
- V = Verbal
- N = Numerisch
- F = Figural

pretation dieser Befunde sind allerdings die erheblichen methodischen Probleme bei der Verwendung von Differenzmaßen (z.B. Reliabilität) zu berücksichtigen, so daß uns eine Bewertung voreilig erscheint.

7.6 Intelligenz und Problemlöseleistungen

Entsprechend den Erwartungen ergaben sich konsistente substantielle Zusammenhänge mit den Problemlösemaßen ausschließlich für die BIS-Skala «Verarbeitungskapazität» (BIS-K) mit $r = .43$ im ersten Bearbeitungsdurchgang (12 Simulationsmonate) und $r = .33$ für das Aggregat der Steuerungsleistungen aus dem zweiten und dritten Durchgang (je sechs Simulationsmonate; $N = 214$). Weitere signifikante Korrelationen ergaben sich nur im ersten Durchgang: $r = .26$ mit der «Allgemeinen Intelligenz» (BIS-A1) und $r = .32$ mit den numerischen Fähigkeiten (BIS-N). Detaillierte Ergebnisse zu dieser Fragestellung berichten Süß, Kersting und Oberauer (1991) sowie Süß, Oberauer und Kersting (1993).

7.7 Multiple Regression der Problemlöseleistungen auf Wissen und Intelligenz

Aufgrund der hohen Korrelation zwischen den Prädiktoren Wissen und der Intelligenzkomponente «Verarbeitungskapazität» stellt sich die Frage nach dem inkrementellen Varianzbeitrag der Vorwissenmaße zur Vorhersage der Problemlöseleistungsindizes. Hierarchische Regressionsanalysen können hier Aufschluß geben (Hypothese 6).

Dabei sollte der Beitrag, den Intelligenztestwerte zur Aufklärung von Problemlösevarianz leisten, möglichst vollständig ausgeschöpft werden. Intelligenztests erfassen kognitive Leistungen unter Zeitdruck, ihre Ergebnisse enthalten also «speed»- und «power»-Varianz (vgl. Näherer, 1986). Die Problembearbeitung mit der «Schneiderwerkstatt» erfolgte ohne Zeitdruck. Das Problemlösegütemaß akzentuiert also die Erfassung von «power»-Varianz. Die Skala «Bearbeitungsgeschwindigkeit» (BIS-B) im BIS akzentuiert hingegen die Erfassung der «speed»-Komponente kognitiver Fähigkeiten. Wenn aus dem Faktor «Verarbeitungskapazität» (BIS-K) der Anteil der «speed»-Varianz ausparialisiert wird, könnte die Prädiktionskraft der

Skala BIS-K für das Problemlösegütemaß noch steigen.

Zur Prüfung dieser Annahme wurde neben BIS-K und den Wissensmaßen auch die Skala BIS-B als Prädiktor in die multiple Regression aufgenommen. Tabelle 5 gibt die Ergebnisse der hierarchischen Regressionsanalysen wieder. Eingeführt in die Regressionen wurden zunächst die Skalen BIS-K und BIS-B, dann das allgemeine Vorwissen (WLT) und als letzter Prädiktor das spezifische Vorwissen: WIS-D1 für die Problemlöseleistungen im ersten Durchgang (PLG-A), WIS-D2 für die aggregierten Güterwerte für die Durchgänge B und C.

Die multiplen Korrelationen von $R = 0.60$ und $R = 0.51$ hielten einer Kreuzvalidierung gut stand. Die Skala «Bearbeitungsgeschwindigkeit» des BIS wirkte als Suppressor. Berücksichtigt man die Reliabilitätsgrenzen der Problemlösegütemaße (Paralleltest-Korrelationen zwischen $r = 0.52$ und $r = 0.61$), so besagen diese Ergebnisse, daß Wissen und Intelligenz zusammen eine gute Vorhersage der Problemlöseleistungen ermöglichen.

8. Zusammenfassung und Diskussion

Nach den Befunden der berichteten Untersuchung kann festgehalten werden, daß – mit einer Ausnahme – die Hypothesen durch die berichteten Ergebnisse unterstützt werden:

- Intellektuelle Fähigkeiten, insbesondere die «Verarbeitungskapazität», und problemrelevantes Vorwissen sind bedeutsame Prädiktoren für Leistungen am computersimulierten realitätsorientierten System «Schneiderwerkstatt».
- Spezifisches Vorwissen wird erworben. Es wird mit zunehmender Erfahrung mit dem System ein besserer Prädiktor für die unmittelbar danach gezeigten Steuerungsleistungen, während die Bedeutung des allgemeinen Vorwissens abnimmt.
- Die Bearbeitung eines spezifischen Wissens-tests verbessert die Steuerungsleistungen. Die Reaktivität des Tests kann aber nach der ersten Systemerfahrung nicht mehr aufgezeigt werden. Der Effekt ist vermutlich nicht darauf zurückzuführen, daß die Bearbeitung des

Tabellen 5a und b: Hierarchische Regressionen der Problemlösegütemaße auf die das Vorwissen und die BIS-Skalen «Verarbeitungskapazität» (K) und «Bearbeitungsgeschwindigkeit» (B)

Tab. 5a: Kriterium: PLG-A¹

N = 148	r	R	R _{diff}
K	.50		
B	.05	0.54	
WLT	.38	0.58	0.04
WIS-D1	.38	0.60	0.02
F = 20.09		R ² = .36	
N = 148		R ² _{best} = .34	

Kreuzvalidierung

	Gr. A	Gr. B
R vor Korrektur	0.64	0.56
R nach Korrektur	0.62	0.54
	N = 74	N = 74

Regressionsgleichung (Gesamtstichprobe):

$$PLG-A = .443 * K - .153 * B + .228 * WLT + .149 * WIS-D1$$

Tab. 5b: Kriterium: PLG-BC¹

N = 148	r	R	R _{diff}
K	.35		
B	-.07	0.43	
WLT	.28	0.46	0.03
WIS-D2	.40	0.51	0.05
F = 12.60		R ² = .26	
N = 148		R ² _{best} = .24	

Kreuzvalidierung

	Gr. A	Gr. B
R vor Korrektur	0.52	0.54
R nach Korrektur	0.43	0.40
	N = 74	N = 74

Regressionsgleichung (Gesamtstichprobe):

$$PLG-BC = .300 * K - .225 * B + .136 * WLT + .254 * WIS-D2$$

¹ Als Prädiktoren wurde für das problemspezifische Wissen (WIS) jeweils die dem Kriterium unmittelbar vorausgehende Messung ("D1" bzw. "D2") verwendet.

Tests den Erwerb neuen Wissens ermöglicht, sondern darauf, daß die Testfragen vorhandenes Vorwissen aktivieren.

- Vorhersageleistungen von $R = 0.51$ bis $R = 0.60$ bei Einbeziehung der BIS-Faktoren «K», «B» (als Suppressor), allgemeines Vorwissen (WLT) und systemspezifisches Vorwissen (WIS) konnten aufgezeigt werden und hielten einer Kreuzvalidierung stand. Die multiplen Korrelationen sind angesichts der begrenzten Reliabilität der Problemlösegütemaße beachtlich hoch.
- Nicht bestätigen ließ sich die Annahme, daß das Ausmaß des Wissenserwerbs während der Bearbeitung der «Schneiderwerkstatt»

durch die «Verarbeitungskapazität» vorher-sagbar ist.

Die Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Wissen und Problemlöseleistungen beziehen sich vorwiegend auf deklarierbares Sachwissen unterschiedlichen Allgemeinheitsgrades.

Handlungswissen wurde nur unzureichend erfaßt. Insbesondere fehlten Strategien und – auf der allgemeineren Ebene – Heuristiken.

Ebenfalls offen bleibt die Bedeutung nicht deklarierbaren Wissens für Steuerungsleistungen. Die Annahme impliziten Wissens – ebenso wie die Annahme genereller Heuristiken – als Determinante des Problemlösens ist allerdings nur

dann plausibel, wenn gezeigt werden kann, daß Steuerungsleistungen systematische Varianz enthalten, die durch «Verarbeitungskapazität» und deklarierbares Sachwissen nicht vorhersagbar ist.

Die systematische Diagnose von Wissen, die Differenzierung auf spezifischere Einzelfähigkeit im Bereich der Intelligenz sowie die Bestimmung reliabler (durch Meßwiederholung) und valider (durch die hier nicht berichtete Aufgabenanalyse) Problemlösegütemaße haben unserer Meinung nach entscheidend dazu beigetragen, daß die aufgestellten Hypothesen im wesentlichen bestätigt werden konnten. Diese Ergebnisse lassen Befunde fragwürdig erscheinen, in denen diese Voraussetzungen nicht gegeben waren und die den hier bestätigten Hypothesen widersprechen.

Literatur

Althoff, K. (1971). Die Vorhersage des Berufserfolges von Regierungsinspektoren und Revierförstern – zwei Bewährungskontrollen. *Diagnostica*, 17, 146–180.

Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge: Harvard University Press.

Berry, D. & Broadbent, E. (1984). On the relationship between task performance and associated verbalizable knowledge. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, 209–231.

Berry, D. C. & Broadbent, D. E. (1987). The combination of explicit and implicit learning processes in task control. *Psychological Research*, 49, 7–15.

Berry, D. C. & Broadbent, D. E. (1988). Interactive tasks and the implicit-explicit distinction. *British Journal of Psychology*, 79, 251–272.

Broadbent, D. E., Fitzgerald, P. & Broadbent, M. H. P. (1986). Implicit and explicit knowledge in the control of complex systems. *British Journal of Psychology*, 77, 33–50.

Ceci, S. J. & Liker, J. K. (1986). A day at the races: A study of IQ, expertise, and cognitive complexity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 255–266.

Deutsche Gesellschaft für Personalwesen (DGP) (1986). *Differentieller Kenntnistest (DKT)*. Subtest Wirtschaft. Hannover: DGP.

Dörner, D. (1986). Diagnostik der operativen Intelligenz. *Diagnostica*, 32, 290–308.

Dörner, D. (1989). *Die Logik des Mißlingens*. Reinbek: Rowohlt.

Dörner, D., Kreuzig, H. W., Reither, F. & Stäudel, T. (1983). *Lohhausen. Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität*. Bern: Huber.

Dörner, D. & Pfeifer, E. (1992). Strategisches Denken, Strategische Fehler, Streß und Intelligenz. *Sprache & Kognition*, 11, 75–90.

Funke, J. (1985). Steuerung dynamischer Systeme durch Aufbau und Anwendung subjektiver Kausalmodelle. *Zeitschrift für Psychologie*, 193, 443–464.

Funke, J. (1988). *Bedingungen und Auswirkungen der Informationssuche und -aufnahme beim Bearbeiten des komplexen Simulationssystems «Tailorshop»* (Berichte aus dem Psychologischen Institut der Universität Bonn. Band 14, Heft 5.). Bonn: Friedrich Wilhelm Universität Bonn.

Funke, J. (1990). Systemmerkmale als Determinanten des Umgangs mit dynamischen Systemen. *Sprache & Kognition*, 9, 143–154.

Funke, J. & Müller, H. (1988). Eingreifen und Prognostizieren als Determinanten von Systemidentifikation und Systemsteuerung. *Sprache & Kognition*, 7, 176–186.

Haider, H. (1991). Explizites versus implizites Wissen. *Unveröff. Dissertation*, Universität der Bundeswehr, Hamburg.

Hesse, F. W. (1982). Effekte des semantischen Kontextes auf die Bearbeitung komplexer Probleme. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 29, 62–91.

Hörmann, H. J. & Thomas, M. (1989). Zum Zusammenhang zwischen Intelligenz und komplexem Problemlösen. *Sprache & Kognition*, 8, 23–31.

Hübner, R. (1989). Methoden zur Analyse und Konstruktion von Aufgaben zur kognitiven Steuerung dynamischer Systeme. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 36, 221–238.

Hunter, J. E. & Schmidt, F. L. (1989). Meta-Analysis: Facts and theories. In M. Smith & I. T. Robertson (Eds.), *Advances in selection and assessment* (pp. 203–216). New York: Wiley.

Jäger, A. O. (1982). Mehrmodale Klassifikation von Intelligenzleistungen. Experimentell kontrollierte Weiterentwicklung eines deskriptiven Intelligenzstrukturmodells. *Diagnostica*, 28, 195–226.

Jäger, A. O. (1984). Intelligenzstrukturforschung: Konkurrierende Modelle, neue Entwicklungen, Perspektiven. *Psychologische Rundschau*, 35, 21–35.

Kersting, M. (1991). *Wissensdiagnostik beim Problemlösen. Entwicklung und erste Bewährungskontrolle eines kontextvaliden konstruierten problemspezifischen Wissenstests* (Diplomarbeit im Forschungsprojektschwerpunkt «Intelligenz und Wissen» am Institut für Psychologie der FU Berlin). Berlin: FU Berlin.

Klauer, K. J. (1984). Kontextvalidität. *Diagnostica*, 30, 1–23.

Klauer, K. J. (1987). *Kriteriumsorientierte Tests. Lehrbuch der Theorie und Praxis lehrzielorientierten Messens*. Göttingen: Hogrefe.

Klauer, K. J. (1992). Problemlösestrategien im experimentellen Vergleich: Effekte einer allgemeinen und einer bereichsspezifischen Strategie. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien* (S. 55–78). Göttingen: Hogrefe.

Kluwe, R. H. (1979). *Wissen und Denken*. Stuttgart: Kohlhammer.

Kotovsky, K., Hayes, J. R. & Simon, H. A. (1985). Why are some problems hard? Evidence from tower of Hanoi. *Cognitive Psychology*, 17, 248–298.

Krumm, V. & Seidel, G. (1970). *Wirtschaftslehrestest (BWL)*. Weinheim: Beltz.

Kyllonen, P. C. & Woltz, D. J. (1989). Role of cognitive factors in the acquisition of cognitive skill. In R. Kanfer, P. L. Ackermann & R. Cudeck (Eds.), *Abilities, motivation, and methodology: The Minnesota symposium on learning and individual differences* (Bd. 9, pp. 239–280). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Marescaux, P. J. (1992). *Implicit learning and tacit knowledge: some counter-evidence in simulated control tasks*. Paper, presented at the XXV. International Congress of Psychology in Brussels.

Nährer, W. (1986). *Schnelligkeit und Güte als Dimensionen kognitiver Leistung*. Berlin: Springer.

Moser, K. (1987). Inhaltsvalidität als Kriterium psychologischer Tests. *Diagnostica*, 33, 110–122.

Oswald, M. & Gadenne, V. (1984). Wissen, Können und Künstliche Intelligenz. *Sprache & Kognition*, 3, 173–184.

Putz-Osterloh, W. (1987). Gibt es Experten für komplexe Probleme? *Zeitschrift für Psychologie*, 193, 63–84.

Putz-Osterloh, W. (1988). Wissen und Problemlösen. In H. Mandl & H. Spada (Hrsg.), *Wissenspsychologie* (S. 247–263). München: PVU.

Putz-Osterloh, W. (1989). Problemlöseforschung und Intelligenzdiagnostik: Ein Anwendungsbeispiel. In D. Dörner & W. Michaelis (Eds.), *Idola fori et idola theatri* (pp. 87–100). Göttingen: Hogrefe.

Putz-Osterloh, W., Bott, B. & Houben, I. (1988). Beeinflußt Wissen über ein realitätsnahes System dessen Steuerung? *Sprache & Kognition*, 7, 240–251.

Resnick, L. B. & Ford, W. W. (1981). *The psychology of mathematics for instruction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Sanderson, P. M. (1989). Verbalizable knowledge and skilled task performance: association, dissociation,

and mental models. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 729–747.

Schaub, H. & Strohschneider, S. (1992). Die Auswirkung unterschiedlicher Problemlöseerfahrung auf den Umgang mit einem unbekanntem komplexen Problem. *Zeitschrift f. Arbeits- & Organisationspsychologie*, 36, 117–126.

Stanley, W. B., Mathews, R. C., Buss, R. R. & Kotler-Cope, S. (1989). Insight without awareness: on the interaction of verbalization, instruction and practice in a simulated process control task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 553–577.

Strohschneider, S. (1990). *Wissenserwerb und Handlungsregulation*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts Verlag.

Strohschneider, S. (1991). Problemlösen und Intelligenz: Über die Effekte der Konkretisierung komplexer Probleme. *Diagnostica*, 37, 353–371.

Strohschneider, S. (1992). *Wissenserwerb beim Umgang mit unbekanntem dynamischen Systemen*. 38. Kongreß der DGfP in Trier.

Süß, H.-M., Brühl, S. & Jäger, A. O. (1989). *Berliner Untersuchung zum Zusammenhang von Intelligenz, Wissen und komplexem Problemlösen. Materialband*. Freie Universität Berlin, Fachbereich Erziehungs- und Unterrichtswissenschaften, Institut für Psychologie.

Süß, H.-M., Kersting, M. & Oberauer, K. (1991). Intelligenz und Wissen als Prädiktoren für Leistungen bei computersimulierten komplexen Problemen. *Diagnostica*, 37, 334–352.

Süß, H.-M., Oberauer, K. & Kersting, M. (1993). Intellektuelle Fähigkeiten und die Steuerung komplexer Systeme. *Sprache & Kognition*, 12, 83–97.

Tergan, S. O. (1986). *Modelle der Wissensrepräsentation als Grundlage qualitativer Wissensdiagnostik*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Anschrift der Verfasser: Dr. Heinz-Martin Süß, Deutsches Institut für Fernstudien (DIFF) an der Universität Tübingen, Konrad-Adenauer-Str. 40–44, 72072 Tübingen