

Steuerungs- und Problemlösetraining zur Vorbereitung von Auszubildenden auf die Betreuung von Produktionsprozessen – Ergebnisse aus einem Modellversuch

Markus Werthebach, Anna Roth, Rainer Herfurth, Olaf Kohlisch, Jürgen Bombeck & Hans-Jürgen Metternich

Zusammenfassung

Vorgestellt und in seiner Wirkung untersucht wird ein Steuerungs- und Problemlösetraining für Auszubildende in der chemischen Industrie. Im Rahmen des Trainings setzen sich die Auszubildenden mit den Folgen menschlicher Fehlentscheidungen im betrieblichen Alltag sowie am Beispiel von technischen Katastrophen in Schifffahrt, Raumfahrt und Anlagenbetrieb auseinander. Darüber hinaus lernen die Auszubildenden praktische Methoden zur Abbildung und Bewältigung technischer und betrieblicher Komplexität kennen. Drittes Element des Steuerungs- und Problemlösetrainings sind die Lerndurchgänge der Auszubildenden an einer verfahrenstechnischen Computersimulation.

Die Auswertung der Steuerungsleistungen der Auszubildenden am Simulator zeigt, dass erstens die Produktionsleistungen der Auszubildenden mit zunehmender Übungsdauer deutlich ansteigen, zweitens die Produktionsleistungen der Auszubildenden bei hohem fachlichen Selbstvertrauen bzw. bei starker Lernberatung durch die Ausbilder im Laufe der zurückliegenden zwei Ausbildungsjahre auf einem deutlich höheren Niveau liegen (als im umgekehrten Falle) und dass drittens gute Produktionsleistungen der Auszubildenden am Simulator mit guten Leistungen in Berufsschule, Ausbildungszentrum und Betrieb einhergehen.

Zielsetzung und Bestandteile des Modellversuchs

In der chemischen Industrie führen Prozess-, Produkt- und Organisationsinnovationen zu neuen Aufgabenfeldern und Anforderungsprofilen für die Beschäftigten. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach praxisnahen Ausbildungsinhalten und einer flexiblen Organisation der betrieblichen Ausbildung. Im Rahmen eines Modellversuchs¹ werden Instrumente und Ausbildungseinheiten entwickelt, die vor dem Hintergrund eines sich ändernden Arbeitsumfeldes eine effektive, effiziente und innovative Berufsausbildung ermöglichen. Zum einen soll diese Berufsausbildung den betrieblichen Belangen und Besonderheiten Rechnung tragen und die individuellen Kompetenzen der Auszubildenden erfolgreich fördern und sinnvoll ergänzen. Zum anderen sollen die Ausbildungsziele mit einem für die Ausbilder und Betriebe vertretbaren zeitlichen und finanziellen Aufwand realisiert werden.

Zur Flexibilisierung und Optimierung des Ausbildungsprozesses (Effektivität und Effizienz des Ausbildungsangebotes) werden im Rahmen des Modellversuchs (a) die konkreten Qualifikationsbedarfe der Betriebe vor Ort ermittelt (aus Sicht der Betriebsleiter und Meister), (b) Schlüsselqualifikationen im fachlich-methodischen und sozial-personalen Bereich vermittelt, (c) Praxisprojekte entwickelt und angeboten und (d) einzelne Ausbildungseinheiten sowie das Ausbildungsangebot in seiner Gesamtwirkung evaluiert und schrittweise weiterentwickelt.

Hauptziel der betrieblichen Praxisprojekte ist die Vermittlung betrieblich relevanter Erfahrungen, die mit Grundlagenwissen und Basisfertigkeiten verknüpft werden. Die Auszubildenden sollen die Bedeutung methodischen Vorgehens, insbesondere der Fehlererkennung, der Fehleranalyse und des Problemlösens erkennen sowie den alltäglichen Umgang mit technischer Komplexität reflektieren und kontinuierlich verbessern. Besonnenes Vorgehen und Bereitschaft zur Verantwortungsübernahme sollen gestärkt werden.

Zur Verwirklichung dieser umfassenden Zielsetzung entwickeln Ausbilder in Zusammenarbeit mit Ausbildungsbeauftragten und Berufsschullehrern betriebspezifische, didaktisch-methodisch aufbereitete und transferfähige Aufgabenstellungen. Das nachfolgend vorgestellte Steuerungs- und Problemlösetraining wird zur Vermittlung der von den Betrieben geforderten methodischen Schlüsselqualifikationen eingesetzt.

¹ Entwicklung eines Instrumentes zu Ermittlung des Qualifizierungsbedarfes von Auszubildenden in Prozessbetreuungsberufen und Verbesserung der Zielgenauigkeit und Effizienz der Ausbildung durch mehrdimensionale Flexibilisierung und Erfolgsmeldung (Laufzeit: 01.04.00 bis 31.03.04). Der Modellversuch wird begleitet durch das Bundesinstitut für Berufsbildung und gefördert aus Mitteln des BMBF.

Zielsetzung und Bestandteile des Steuerungs- und Problemlösetrainings

Das Steuer- und Problemlösetraining für naturwissenschaftlich-technische Auszubildende wird im Rahmen des Modellversuchs als zweitägiger Workshop angeboten.

In berufsfeldübergreifend zusammengesetzten Teilnehmergruppen (16 Auszubildende) lernen die Auszubildenden, wie menschliche Fehlentscheidungen und das Ignorieren von Risiken zu technischen bzw. gesundheitlichen Problemen im betrieblichen Alltag und im Extremfall zu technischen bzw. gesundheitlichen Katastrophen führen kann (Challenger-Explosion, Havarie der Herald of Free Enterprise, Kühlsystemschaden Three Mile Island, Reaktorkatastrophe Tschernobyl).

Darauf aufbauend üben die Auszubildenden in einem zweiten Trainingsabschnitt Methoden zur visuellen Darstellung technischer Komplexität (Ursache-Wirkungs-Analyse, Sensibilitätsanalyse, Szenario-Technik) sowie Verhandlungs- und Entscheidungstechniken (Krauffeldanalyse, sequenzielle Entscheidungsfindung, Rollenverhandeln) für die Auseinandersetzung mit komplexen technischen bzw. betrieblichen Sachverhalten ein.

Den dritten und entscheidenden Teil des Trainings bildet das Sammeln praktischer Erfahrungen bei der Steuerung einer verfahrenstechnischen Computersimulation (entwickelt von Dr. Olaf Kohlisch). Zielsetzung ist die Förderung der methodischen Kompetenz der Auszubildenden.

Die Computersimulation bietet einen Rahmen für entdeckendes Lernen, bei dem spielerisch verfahrenstechnische Zusammenhänge deutlich werden. Jeder Auszubildende kann die Konsequenzen eigener Handlungen in Form von Neben- und Langzeitwirkungen erkennen, die im alltäglichen Handeln oftmals übersehen oder nicht dem eigenen Handeln zugeschrieben werden. Darüber hinaus lernt der Auszubildende Basisstrategien des Anlagenfahrens sowie eigene Reaktionen auf und Umgangsweisen mit Misserfolg kennen. Möglichkeiten der Fehler- bzw. Störungsdiagnose und -behebung werden vorgestellt und eingeübt.

Merkmale der eingesetzten verfahrenstechnischen Simulation

Im Rahmen der verfahrenstechnischen Computersimulation erhalten die Auszubildenden die Aufgabe, per Handsteuerung zwei Flüssigkeiten in einen Reaktor zu leiten, den Reaktor auf Reaktionstemperatur zu bringen und die Temperatur trotz Schwankungen der Füllstandsmenge und Durchflussgeschwindigkeit im Reaktionsbereich zu halten. Bei optimaler Einhaltung eines definierten Temperaturbereichs reagieren A und B vollständig miteinander zu dem Produkt C. Das Endprodukt C sowie die unter Umständen nicht vollständig umgesetzten Mengen der Rohprodukte A und B werden im Endprodukttank C gesammelt, aus dem Stichproben zur Qualitätskontrolle entnommen werden können. Die zu regelnden Ausgangsgrößen sind das Mischungsverhältnis, die Kesseltemperatur und die Produktqualität. Die zugeordneten Regler sind das Mischventil, die Kesseleinlass- und Kesselauslassventile und der Regler für die Heizleistung.

Innerhalb eines Arbeitsdurchgangs von jeweils 18 Minuten sind sechs Kunden mit einem qualitativ hochwertigen Endprodukt (Reinheitsgrad mind. 90 Prozent) zu versorgen. Dabei müssen sich die Auszubildenden auf verspätete Lieferungen der erforderlichen Einsatzstoffe sowie auf verspätete Abholer einstellen. Dies geschieht dadurch, dass im ersten Fall die Anlage eine Zeit lang nicht mit Volllast gefahren und im zweiten Fall der Reaktor einige Minuten als Vorratstank genutzt wird.

Fehler, die bei der Anlagensteuerung auftreten können und nicht zu einer Beschädigung von Bauteilen führen, werden nicht durch Warnungen signalisiert (Ausnahme: Abschaltung des Kessels bei Überhitzung). Die Auszubildenden müssen solche Fehler (z.B. Tank- und Kesselerläufe, Tank- und Kesselüberläufe) selbst durch aktives Abfragen der Anzeigen entdecken. Ein erfragter Messwert bzw. Regelwert bleibt solange auf dem Monitor eingblendet, bis er durch eine neue Abfrage aktualisiert wird. Eine Zeitangabe informiert den Auszubildenden darüber, wann der Messwert bzw. Regelwert das letzte Mal abgefragt wurde. Durch diese Systemprogrammierung kann die kognitive (und nicht nur die motorische) Steuerung der Produktionsanlage abgebildet und zu den Steuerungsleistungen in Beziehung gesetzt werden.

Die Berechnung des simulierten Produktionsprozesses erfolgt kontinuierlich und Echtzeit; der Produktionsprozess schreitet also fort, auch wenn die Auszubildenden nicht in den Ablauf eingreifen.

Nach jedem Arbeitsdurchgang erhalten die Auszubildenden ein ausführliches Feedback zu ihrer Steuerungsleistung. Dieses Feedback informiert über unerlaubte Steuerungsversuche, die Genauigkeit der Temperatursteuerung in Abhängigkeit von Füllstand und Volumenströmen im Reaktor sowie über Qualität und Pünktlichkeit der Lieferungen an die jeweils auftretenden Kunden. Von Arbeitsdurchgang zu Arbeitsdurchgang (insgesamt sechs) lernen die Auszubildenden die Anlage zunehmend besser verstehen und steuern. Vier Arbeitsschwerpunkte finden im Rahmen der Computersimulation Berücksichtigung (siehe Widdel, 1990):

Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung	<p><u>Visuelle Suche:</u> Die Aufgabe der Prozesssteuerung und Überwachung erfordert einen erheblichen Suchaufwand, wenn in Problemsituationen z.B. ein kritisches Steuerelement zu finden ist. Die auf dem Bildschirm dargestellte Information hat eine hohe Dichte. Vorwiegend in Gefahrensituationen oder bei Störfällen ist es zur Entscheidungsfindung notwendig, die Störquelle schnell zu entdecken und als solche zu identifizieren. Die Auszubildenden sollen lernen, kritische Messdaten von unkritischen zu unterscheiden, d.h. eine angemessene selektive Wahrnehmung einzuüben.</p>	<p><u>Beobachten und Überwachen:</u> Die Auszubildenden haben sowohl die Aufgabe, die Anlage anzufahren, als auch alle Ventile und Pumpen, die Mischbatterie und die Heizung des Reaktors per Hand zu regulieren. Darüber hinaus müssen sie Fehler im Prozess entdecken, identifizieren und entsprechende Korrekturmaßnahmen einleiten. Die Auszubildenden sollen geeignete Heuristiken zur Fehlererkennung und Fehlerkompensation kennen lernen und deren Verwendung einüben.</p>	<p><u>Kapazität des Arbeitsgedächtnisses:</u> Sie zeigt sich in der gleichzeitigen Berücksichtigung und erfolgreichen Bearbeitung mehrerer Arbeitsanforderungen (Wartezeiten der Lieferanten und Kunden minimieren; hohe Produktqualität erzielen (mind. 90%); Ausschussmenge minimieren; Grad der Rohstoffnutzung maximieren; Kunden ausschließlich mit hochwertigem Endprodukt beliefern; Arbeitssicherheit beachten, d.h. Verpuffungen, Leerläufe und Überläufe vermeiden). Eine geringe Kapazität des Arbeitsgedächtnisses dürfte die angemessene Repräsentation der multiplen Arbeitsanforderungen und der Verknüpfung der zu berücksichtigenden Variablen erschweren.</p>
Kognitive Anforderungen	<p><u>Vorhersage:</u> Die Vorhersagefähigkeit ist eine wesentliche Leistungskomponente des Anlagenfahrers. Sie wird durch die Menge des Wissens über die Anlage und über mögliche Störfälle bestimmt. Zur Verbesserung der Vorhersageleistungen üben die Auszubildenden in einer parallelen Übungsaufgabe die Bewertung (Priorisierung) von Ursachenfaktoren, die bei mehreren zeitgleich durchzuführenden Handlungen notwendig wird.</p>	<p><u>Fehlerbehandlung:</u> Das Erkennen, Diagnostizieren und Beseitigen eines Störfalles ist die zentrale Aufgabe des Anlagenfahrers. Er muss die Störung entdecken, ihren Ort und ihre Ursache ermitteln sowie kompensatorische Maßnahmen einleiten und in ihrer Wirkung überwachen. Im Vergleich zu guten Fehlersuchern dürften schlechte weniger zielführende und mehr überflüssige Tests durchführen. Die Auszubildenden sollen lernen, angemessene und vollständige Suchstrategien zu entwickeln und zielführende Suchhypothesen zu bilden.</p>	<p><u>Mentales Modell:</u> Ein mentales Modell entwickelt sich durch die Interaktion des Anlagenfahrers mit dem System 'Produktionsanlage'. Die Interaktion führt zu einer gedanklichen Repräsentation seiner dynamischen und statischen Eigenschaften. Das mentale Modell bildet die Grundlage für die Steuerungs- und Interventionsleistungen des Prozessbetreuers. Die Auszubildenden sollen lernen, ihr mentales Modell der simulierten Versuchsanlage auf Angemessenheit zu überprüfen, gegebenenfalls zu korrigieren sowie schrittweise zu verfeinern.</p>
Stress und Monotonie	<p>Während eines Störfalles erlebt der Prozessbetreuer eine hohe Arbeitsbelastung, wenn er mit großen Informationsmengen konfrontiert und starkem Handlungsdruck bei der Fehlersuche, Fehlerdiagnose und Reparaturmaßnahmen ausgesetzt ist. Während des Überwachungsgeschehens im normalen Prozesszustand führt dagegen eine gewisse Autonomie des Steuerungssystems zu Monotonie und einer Unterforderung des Prozessbetreuers. Ergebnisse der Vigilanzforschung (Craig, 1984) belegen, dass die menschliche Leistung bei Überwachungstätigkeiten insgesamt suboptimal ist und relativ rasch nach Aufnahme der Tätigkeit noch weiter absinkt. Günstiger verläuft die Aufmerksamkeit, wenn häufig Entscheidungen zu treffen sind, komplexe Entscheidungen vor variierendem Bedingungs hintergrund zu treffen sind und die Konsequenzen von Fehlentscheidungen gravierend sind (vgl. Nachreiner, 1977). Die Auszubildenden sollen lernen, im Störfall systematisch und flexibel zu handeln sowie im Normalzustand der Anlage Monotonieerleben, Vigilanzabfall und Konzentrationseinbußen vorzubeugen.</p>		
Sicherheit in der Prozessführung	<p>Die Auszubildenden sollen lernen, sicherheitsrelevante Merkmale des Betriebes der Versuchsanlagen (Tank- und Kesselfüllstände, Pumpvorgänge, Ventilstände, Temperaturverläufe) zutreffend in ihrem mentalen Modell abzubilden, die Produktionsprozesse langfristig und in ihren Abhängigkeiten zu planen sowie rechtzeitig und angemessen vor Erreichen kritischer Zustände zu intervenieren. Die Sicherheit in der Prozessführung und die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung zeigt sich vor allem in der Schnelligkeit, mit der auf aufgetretene Störungen reagiert wird. Die Anlagenkenntnis der Auszubildenden ist zu Beginn relativ einheitlich aufgrund des eindeutigen Fließbildes der Anlage am Monitor der Steuerungseinheit. Dabei suggeriert das Fließbild ein Abarbeiten der Teilaufgaben von oben nach unten. Hinsichtlich der Verknüpfung der zu beachtenden Variablen (Einfluss der Heizleistung auf die Kesseltemperatur in Abhängigkeit von Kesselfüllstand und Kesseldurchfluss) ist dagegen Fachwissen aus der Ausbildung sowie Vorstellungsfähigkeit erforderlich. Darum dürften interindividuelle Unterschiede insbesondere in der Angemessenheit der subjektiven Repräsentation der Verknüpfung der Variablen zu erwarten sein.</p>		

Zum Einfluss des fachlichen Selbstvertrauens auf die Steuerungs- und Problemlöseleistungen

Im Rahmen der praktischen Durchführung des Steuerungs- und Problemlösetrainings fällt insbesondere der Zusammenhang zwischen dem vorhandenen Ausmaß fachlichen Selbstvertrauens (Zuversicht) und den Leistungen der teilnehmenden Auszubildenden auf.

Dieser Zusammenhang wurde von Bandura und Mitarbeitern eingehend untersucht. Die Forschergruppe hat in verschiedenen empirischen Untersuchungen gezeigt, dass Leistungsverhalten durch fachspezifisches Selbstvertrauen beeinflusst wird. Der Begriff des Selbstvertrauens bezieht sich auf den Glauben an die eigenen Fähigkeiten und Möglichkeiten und umfasst damit die subjektive Einschätzung aller psychologischen Faktoren, die zu effektivem Leistungshandeln erforderlich sind. Dadurch wird insbesondere die Frage aufgeworfen, inwieweit Leistung durch die Selbstwahrnehmung von Erfolg und Kompetenz beeinflusst wird. Bandura betrachtet Selbstvertrauen als eine grundlegende Eigenschaft, die als Basis für Durchhaltevermögen, Kreativität, Anpassungsfähigkeit, Anstrengungsbereitschaft und Leistungsmotivation dient (Bandura, 1986).

Kompetentes Arbeiten erfordert fachbezogenes Wissen und Fähigkeiten. Um diese Fähigkeiten entsprechend anwenden zu können und gute Arbeitsleistungen zu erbringen, muss Selbstvertrauen als subjektive Gewissheit hinzutreten. Das Ergebnis, das der Auszubildende erzielt, hängt in hohem

Maße von der subjektiven Beurteilung ab, wie gut er die Situation bewältigen wird. Fachliches Selbstvertrauen ist einerseits abhängig von der fachlichen Kompetenz (ohne fachliche Kompetenz kann sich kein fachliches Selbstvertrauen aufbauen), andererseits folgt dem Aufbau fachlicher Kompetenz nicht notwendigerweise ein Anstieg des fachlichen Selbstvertrauens. In Summe wirkt das fachliche Selbstvertrauen neben der fachlichen Kompetenz als zweiter Einflussfaktor auf das Leistungsverhalten (Performanz). Ohne fachliches Selbstvertrauen setzt der Mensch sein Wissen nicht bzw. zu wenig zielorientiert in die Praxis um.

Mangel an Selbstvertrauen führt bei schweren Aufgaben dazu, dass schnell ein Gefühl der Überforderung eintritt und Aufgaben nach kürzerer Zeit abgebrochen werden, wenn anfängliche Bemühungen keinen Erfolg zeigen. Menschen mit Selbstzweifeln neigen dazu, Aufgaben und Situationen zu meiden, die ihrer Meinung nach ihre Fähigkeiten überschreiten. Sie umgehen anregende Situationen und hemmen dadurch die persönliche Entwicklung und die Korrektur des eigenen Selbstbildes.

Hohes fachliches Selbstvertrauen führt dagegen zu einem ausgeprägten Durchhaltevermögen angesichts von Schwierigkeiten und Rückschlägen und einer größeren Bereitschaft, mit wechselnden, stressvollen und unvorhersagbaren Arbeitselementen umzugehen. Menschen mit ausgeprägtem Selbstvertrauen wählen anspruchsvolle, aber realistische Arbeitsaufgaben, mobilisieren mehr Energie angesichts auftretender Schwierigkeiten, erleben Stress bei der Überwindung von Hindernissen als positiv und sind weniger anfällig für Pessimismus und Depression. Ein hohes Maß an fachlichem Selbstvertrauen fördert in Verbindung mit aktivem Engagement und Motivation somit das Wachstum von Kompetenzen.

Empirische Untersuchungen zeigen, dass Jugendliche mit einem hohen Selbstvertrauen falsche Strategien schneller verwerfen, mehr Probleme lösen, sich intensiver mit problematischen Aufgaben auseinandersetzen, sorgfältiger arbeiten und eine positivere Einstellung zu ihrer Aufgabe entwickeln (siehe z.B. Collins, 1982).

Förderung des fachlichen Selbstvertrauens im Rahmen der Ausbildung

Der Ausbilder übt einen deutlichen Einfluss auf die Entwicklung des fachlichen Selbstvertrauens der Auszubildenden aus. Er setzt Leistungsziele, vermittelt Werthaltungen, gibt praktische Hilfestellung, spricht die Arbeitsschritte und Entscheidungen der Auszubildenden ausführlich nach und registriert, beschreibt und bewertet fachliche, methodische und soziale Leistungen der Auszubildenden. Der Ausbilder kann Einstellungen und Strategien vermitteln, die eine motivierte und zuversichtliche Beschäftigung mit den Ansprüchen der Aufgabe fördern. Freude über den Erwerb von Fachwissen und Spaß an der Sache sollen in ihrer motivierenden Wirkung erhöht, Furcht vor möglichem Misserfolg jedoch abgebaut werden.

Der Ausbilder hat Einfluss auf situationsbezogene als auch personenbezogene Faktoren, welche die Entwicklung des fachlichen Selbstvertrauens und das Leistungsverhalten der Auszubildenden beeinflussen:

Situationsbezogen – Vermittlung von Leistungszielen & Leistungsansprüchen: Erwartungen und Ziele der Ausbilder sollten präzise und konkret formuliert und ausführlich mit den Auszubildenden besprochen werden, um Unter- oder Überforderung zu vermeiden. Um sinnvolle individuelle Zielsetzungen zu üben, sollten Aufgaben mit verschiedenen, gestaffelten Schwierigkeitsgraden angeboten werden. Für die leistungsbezogene Selbstbewertung ist es entscheidend, dass die Situation Anforderungscharakter hat, dass die zu lösende Aufgabe also weder zu schwer noch zu trivial sein darf. Zur Vermittlung der Leistungsziele gehört es, auf die Bedürfnisse und Interessen der Auszubildenden einzugehen, den Sinn und Zweck der Aufgaben zu verdeutlichen, klare Leistungsmaßstäbe zu vermitteln, aber auch dem gelegentlich aufkeimendem Übermut bzw. der Sorglosigkeit der Auszubildenden im Umgang mit Gefahrenquellen Grenzen zu setzen.

Situationsbezogen – Coaching & Leistungsrückmeldung: Ausbilder, die als Ansprechpartner bei fachlichen Problemen oder zwischenmenschlichen Konflikten dienen, helfen bei der systematischen Analyse problematischer Situationen und bei der Auswahl praktikabler Lösungsansätze. Auszubildende lernen mit Unterstützung ihres Ausbilders, auf Probleme angemessen zu reagieren und ihre Handlungsergebnisse selbst auf ihre Wirkung zu prüfen, zu beschreiben, zu bewerten und Konsequenzen aus ihrem Erfolg oder Misserfolg zu ziehen. Gerade die Wahrnehmung von Erfolg oder Misserfolg ist in Bezug auf die Entwicklung von Selbstvertrauen ein einflussreicher Faktor. Werden Erfolge erzielt, erhöht sich das Gefühl des allgemeinen Selbstvertrauens, wiederholtes Versagen hat den gegenteiligen Effekt. Eine Verringerung des Selbstvertrauens tritt vor allem dann auf, wenn das

Versagen nicht auf äußere Faktoren wie unklare Aufgabenstellungen, nervende Kollegen oder abwesende Ausbilder zurückgeführt werden kann.

Personenbezogen – Reflexion: Die Einflussnahme auf personale Faktoren ist naturgemäß schwieriger. Schulische Lernerfahrungen und das familiäre Umfeld entziehen sich weitgehend der Einflussnahme durch die Ausbilder. Dennoch gibt es pädagogische Möglichkeiten, das fachliche Selbstvertrauen der Auszubildenden zu stärken. Hierzu zählt der sokratische Dialog, der darauf angelegt ist, festgelegte Kognitionsmuster zu reflektieren und zu durchbrechen. Fragen nach persönlichen Zielvorstellungen oder Gründen, ein Ziel erreichen zu wollen, können dazu führen, dass Auszubildende schulische bzw. betriebliche Situationen leistungsthematisch strukturieren oder Anspruchsniveaus neu festsetzen. Weiterhin kann der Ausbilder Fragen nach notwendigen Erfolgsbedingungen oder den Ursachen von Erfolg und Misserfolg zur Disposition stellen. Neben direkten Fragen bieten Selbstreflexionsübungen und die Verbalisation von Kognitionen eine Möglichkeit, Einfluss auf personale Faktoren zu nehmen (Rheinberg & Krug, 1999).

Personenbezogen – Persuasion: Auszubildende, die überzeugt werden, dass sie die Fähigkeit besitzen, ihnen zugewiesene Aufgaben zu bewältigen, zeigen größere Anstrengungsbereitschaft und Leistungsmotivation. Auszubildende hingegen, die regelmäßig mit der (vermeintlichen) eigenen Unfähigkeit konfrontiert werden, tendieren zu ineffektivem Verhalten, das die „bescheinigte“ Leistungsunfähigkeit zu bestätigen scheint (Pygmalioneffekt). Dieser Aspekt gewinnt mit zunehmender Unsicherheit über die eigenen Fähigkeiten oder fehlende Maßstäbe für die eigene Leistung an Bedeutung.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass im Sinne einer ganzheitlichen Ausbildung neben dem Aufbau fachbezogenen und fachübergreifenden Basiswissens die Förderung des Organisationsgeschicks sowie des fachlichen Selbstvertrauens treten muss. Übrigens beschränken sich der Faktor Selbstvertrauen in seinem Einfluss nicht allein auf Auszubildende. Gibson und Dembo (1984) fanden heraus, dass Lehrer und Ausbilder, die selbst über ein hohes Maß an fachlichem Selbstvertrauen verfügen, eine Lernatmosphäre schaffen, die für die Entwicklung kognitiver Fähigkeiten, praktischer Fertigkeiten und fachlichen Selbstvertrauens auf Seiten der Lernenden förderlich ist.

Untersuchungsfragen

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, inwieweit die gezeigten Produktionsleistungen der Auszubildenden am verfahrenstechnischen Simulator (1) mit zunehmender Übungsdauer ansteigen, (2) vom fachlichen Selbstvertrauen des Auszubildenden bzw. dem Ausmaß erfahrener Lernberatung im Rahmen der regulären Ausbildung abhängen und (3) mit den Leistungen der Auszubildenden in Berufsschule, Ausbildungszentrum und Betrieb in Zusammenhang stehen. Dabei soll die Operationalisierung von Lernberatung die vier Aspekte „Vermittlung von Leistungszielen & Leistungsansprüchen“, „Coaching & Leistungsrückmeldung“, „Reflexion“ und „Persuasion“ umfassen.

Untersuchungsmethode

Zum Ende des zweiten Ausbildungsjahres nahmen jeweils 140 naturwissenschaftlich-technische Auszubildende der Einstellungsjahrgänge 1999 und 2000 am Steuerungs- und Problemlösetraining teil. Das Training wurde 2tägig und in berufsfeldübergreifenden Gruppen (angehende Chemikanten, Industriemechaniker/Betriebstechnik, Anlagenmechaniker/Verfahrenstechnik, Prozessleitelektroniker und Energieelektroniker/Betriebstechnik) von jeweils 16 Teilnehmern angeboten. Als Untersuchungsdesign wurde ein Messwiederholungsplan (sechs Durchgänge) ohne Kontrollgruppe gewählt. Als exogene unabhängige Variablen fungieren Alter, Schulabschluss, Berufsgruppe, Geschlecht und Nationalität der Auszubildenden. Als endogene unabhängige Variablen wurde das fachliche Selbstvertrauen der Auszubildenden und das Ausbilderverhalten (Zielvorgaben, Lernberatung, Leistungsrückmeldung) aus der subjektiven Perspektive der Auszubildenden untersucht. Als abhängige Variablen wurden neben Bedienfehlern, kritischen Ereignissen (z.B. Kesselüberläufen) insbesondere die erzielte Produktqualität, die erreichte Produktionsmenge und die vom Auszubildenden benötigte Produktionszeit erfasst. Zur Validierung der Leistungen am Simulator wurden die allgemeinen Leistungen der Auszubildenden in Berufsschule, Ausbildungszentrum und Betrieb herangezogen.

Der Fragebogen, der zur Untersuchung des fachlichen Selbstvertrauens und des Ausbilderverhaltens eingesetzt wird, ist in Werthebach, Grote & Schmidkunz (1996) sowie Kubik et al. (1999) unter Angabe

von Gütekriterien dokumentiert. Der vollständige Fragebogen ist dort ebenfalls wiedergegeben. Eine schriftliche Befragung der Auszubildenden wurde im halbjährlichen Turnus während des Fachunterrichts im Ausbildungszentrum durchgeführt. Informationen zum fachlichen und sozialen Leistungsverhalten der Auszubildenden wurden durch Befragung der Ausbilder und Ausbildungsbeauftragten (zeitgleich mit der Befragung der Auszubildenden) sowie durch Auswertung der Berufsschulzeugnisse gewonnen.

Qualitative Untersuchungsergebnisse

Mit zunehmender Explorations- und Steuerungserfahrung nimmt die Expertise der Auszubildenden zu. Es ist zu beobachten, dass die Auszubildenden in den ersten Durchgängen mit einem stark vereinfachten subjektiven Problemraum beginnen und diesen mit zunehmender Auseinandersetzung mit den eigenen Steuerungsfehlern sowie den Steuerungsanforderungen der Anlage verfeinern und vertiefen. In den ersten Arbeitsdurchgängen hinterlässt das Verhalten der Auszubildenden einen explorativen, bei einigen Auszubildenden sogar einen unsystematischen bzw. chaotischen Eindruck. Während einige Auszubildende die Simulation bereits im dritten der sechs Durchgänge beherrschen, hohe Qualität produzieren und Liefer- bzw. Abholverzögerungen durch ein Fahren der Anlage unter Teillast kompensieren, benötigen andere Auszubildende alle sechs Durchgänge, um den Einfluss des Kesselfüllstandes und des Volumenstroms durch den Kessel auf den Heizvorgang und die benötigte Heizleistung vollständig zu begreifen. Nach sechs Durchgängen sind ca. 90 Prozent der Auszubildenden in der Lage, die Anlage fehlerfrei zu steuern.

Die Leistungen der Auszubildenden stehen im Zusammenhang mit dem allgemeinen fachlichen Selbstvertrauen der Auszubildenden. Auszubildende mit gutem fachlichem Selbstvertrauen gehen geradlinig an die Aufgabenstellung heran, können schnell berichten, worauf es bei der Bearbeitung der Aufgaben ankommt (vor allem welche Engpässe zu beachten sind) und welche Aspekte der Aufgabenstellung nachrangig zu behandeln sind. Auszubildende mit einem geringen fachlichen Selbstvertrauen verlieren in den ersten Durchgängen erst einmal die Übersicht angesichts der multiplen Leistungsanforderungen und gehen wenig systematisch an die Steuerung der Anlage heran. Beispielsweise stellen sie die Mischbatterie ein, öffnen den Kesseleingang und starten den Heizvorgang, ohne die Rohprodukt tanks A und B gefüllt zu haben. Es dauert dann einige Minuten, bis die Auszubildenden – trotz eines menügeführten Probedurchgangs – erkennen, dass sie beim Anfahren der Anlage etwas Wesentliches vergessen haben.

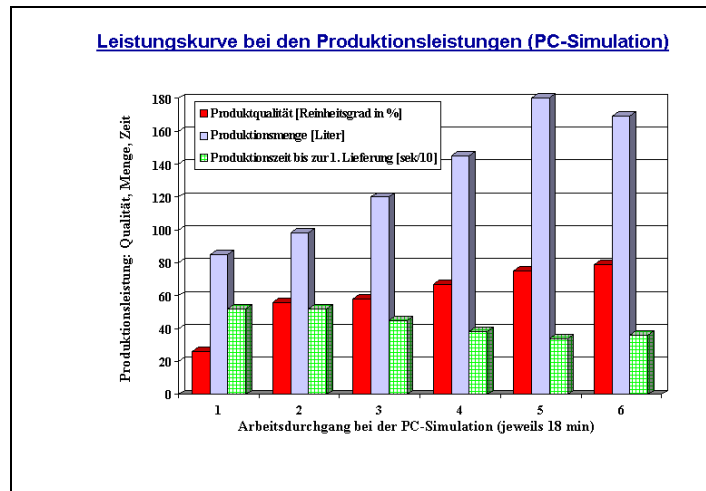
Das fachliche Selbstvertrauen kommt darüber hinaus zum Tragen, wenn sich Lieferanten oder Abholer verspäten und die Anlage mit Teillast gefahren oder heruntergefahren werden muss. Auszubildende mit gutem fachlichen Selbstvertrauen finden bei Teillast schnell eine geeignete Balance für den Volumenstrom im Kessel, während Auszubildende mit einem geringen fachlichen Selbstvertrauen den Kessel leer laufen lassen und dabei regelmäßig versäumen, die Heizleistung zu drosseln. Ein gutes fachliches Selbstvertrauen resultiert also in einem besseren Leistungsprofil.

In späteren Arbeitsdurchgängen werden sichtbare Erfolge von Auszubildenden mit einem geringen fachlichen Selbstvertrauen durchweg positiv kommentiert („Mir gelingt ja doch etwas!“). Sie heben die leistungsbezogene Zuversicht zumindest kurzfristig. Hier erscheint es wichtig, mit weiteren praxisnahen Arbeitsaufgaben anzusetzen, die den Auszubildenden leistungsbezogene Bestätigung geben, und zwar vor allem als intrapersonaler Vergleich im zeitlichen Längsschnitt.

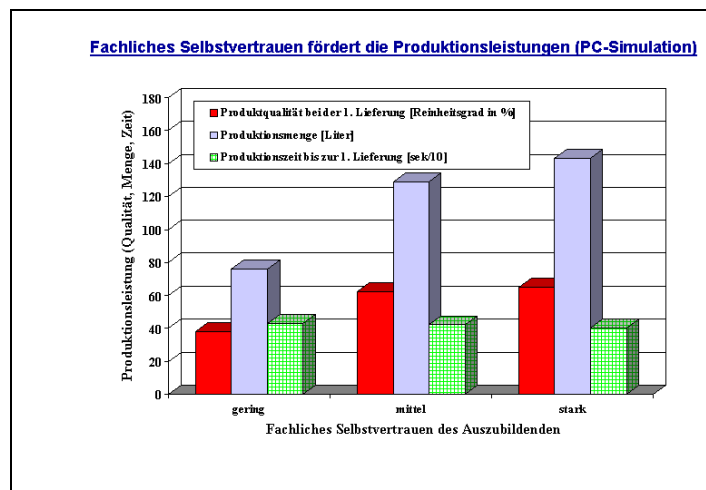
Quantitative Untersuchungsergebnisse

In einem ersten Schritt war zu prüfen, inwieweit die gezeigten Produktionsleistungen der Auszubildenden am verfahrenstechnischen Simulator mit zunehmender Übungsdauer ansteigen. Die nachfolgende Abbildung 1 demonstriert einen klassischen Übungseffekt. Produktqualität und Produktionsmenge nahmen von Durchgang zu Durchgang zu und erreichten ein Plateau von durchschnittlich 80 Prozent Reinheitsgrad bzw. 170 bis 180 Litern Produktionsmenge. Gleichzeitig nahm die im Durchschnitt erforderliche Produktionszeit bis zur 1. Lieferung von 8,7 (beim ersten Durchgang) auf 6,3 Minuten (beim sechsten Durchgang) ab. Trotz großer Streubreiten in den Leistungen der Auszubildenden unterscheiden sich folgende Arbeitsdurchgänge statistisch bedeutsam: Produktqualität: Arbeitsdurchgang 1 gegenüber 2 & 3 ($p < .001$), Arbeitsdurchgang 2 & 3 gegenüber 4 ($p < .05$), Arbeitsdurchgang 4 gegenüber 5 & 6 ($p < .05$). Produktionsmenge: Sämtliche

Arbeitsdurchgänge ($p < .001$). Produktionszeit bis zur 1. Lieferung: Arbeitsdurchgang 1 & 2 gegenüber 3 ($p < .01$), Arbeitsdurchgang 3 gegenüber 4, 5 & 6 ($p < .01$).

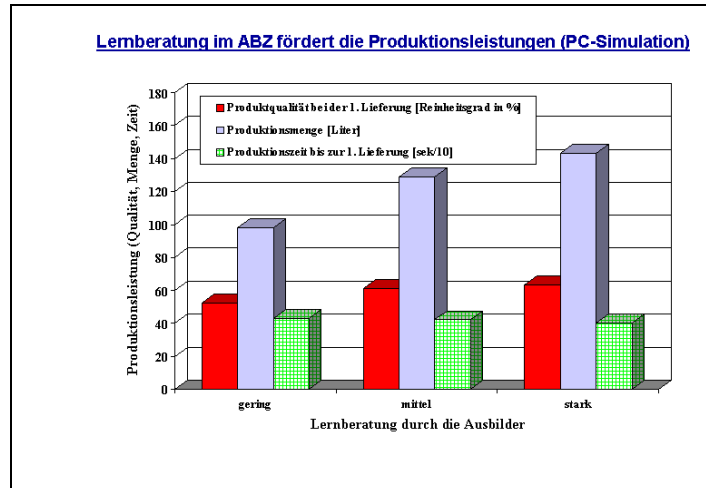


In einem zweiten Schritt war zu prüfen, inwieweit die gezeigten Produktionsleistungen der Auszubildenden am verfahrenstechnischen Simulator vom fachlichen Selbstvertrauens des Auszubildenden bzw. dem Ausmaß erfahrener Lernberatung im Rahmen der regulären Ausbildung abhängen. Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt, dass ein starkes bzw. moderat ausgeprägtes fachliches Selbstvertrauen mit einer höheren Produktqualität bei der 1. Lieferung einher geht, ein geringes fachliches Selbstvertrauen dagegen mit einer geringeren Produktqualität ($p < .001$). Besonders deutlich wird der Zusammenhang zwischen fachlichem Selbstvertrauen und erreichter Produktionsmenge. Auszubildende mit einem starken bzw. moderat ausgeprägten fachlichen Selbstvertrauen erzielen eine fast doppelt so hohe Produktionsmenge wie Auszubildende mit geringem fachlichem Selbstvertrauen ($p < .001$). Die Arbeitsgeschwindigkeit steht dagegen in keiner Beziehung zum fachlichen Selbstvertrauen.

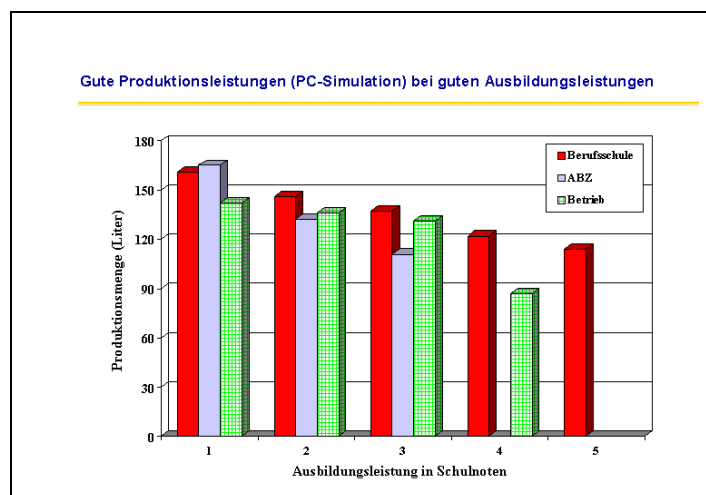


Durchweg ähnliche Befunde zeigen sich, wenn in Abbildung 3 die im Ausbildungsalltag erfahrene Lernberatung zur Produktionsleistung der Auszubildenden in Beziehung gesetzt wird. Je stärker das Ausmaß an Lernberatung durch die Ausbilder im betrieblichen Alltag, desto besser bewältigen die Auszubildenden die Aufgaben der verfahrenstechnischen Simulation. Ein hohes Maß an Lernberatung geht mit einer größeren Produktionsmenge einher als ein mittleres ($p < .05$) oder geringes Maß an Lernberatung ($p < .001$). Darüber hinaus erzielen Auszubildende mit wenig Lernberatung im Ausbildungsalltag eine geringere Produktqualität als Auszubildende mit mittlerem oder hohem Maß an Lernberatung ($p < .05$). Keine Unterschiede macht das Ausmaß an Lernberatung im Hinblick auf die Produktionszeit bis zur 1. Lieferung.

Übrigens korreliert das Ausmaß an Lernberatung, das ein Auszubildender erfahren hat, in hohem Maße mit dem fachlichen Selbstvertrauen, das der Auszubildende im Rahmen seiner Ausbildung entwickelt ($r = .45$; $p < .001$). Der Befund deutet darauf hin, dass eine sehr sparsame Betreuung von Auszubildenden tendenziell mit einem geringen fachlichen Selbstvertrauen einher geht.



Abschließend war zu prüfen, inwieweit die gezeigten Produktionsleistungen (durchschnittliche Produktionsmenge über alle sechs Durchgänge) der Auszubildenden am verfahrenstechnischen Simulator mit den Leistungen der Auszubildenden in Berufsschule, Ausbildungszentrum und Betrieb in Zusammenhang stehen. Wie die nachfolgende Abbildung zeigt, gehen sehr gute und gute Leistungen in Berufsschule, Ausbildungszentrum (ABZ) und Betrieb durchgängig mit guten Produktionsleistungen am verfahrenstechnischen Simulator einher. Aufgrund der gezeigten Produktionsleistungen am Simulator sind wir in der Lage, die Leistungen in der Berufsschule, im Ausbildungszentrum als auch im Betrieb vorherzusagen (und umgekehrt). Folgende Leistungsstufen unterscheiden sich statistisch bedeutsam: Berufsschule: Note 1 gegenüber 2 ($p < .001$), Note 2 gegenüber 3 ($p < .05$), Note 3 gegenüber 4 ($p < .01$), Note 4 gegenüber 5 ($p < .05$). Ausbildungszentrum: Note 1 gegenüber 2 ($p < .001$), Note 2 gegenüber 3 ($p < .001$). Betrieb: Note 1, 2 & 3 gegenüber Note 4 ($p < .001$). Die schwächste Differenzierung ist somit bei der Vorhersage der Leistungen im Betrieb zu verzeichnen; hier ist lediglich eine Prognose im Ausschlussverfahren möglich (schwache Leistungen am Simulator gehen mit Note 4 einher).



Diskussion und Empfehlungen

Die Auswertung der Produktionsleistungen der Auszubildenden im Rahmen des hier vorgestellten Steuerungs- und Problemlösetrainings bietet drei Erkenntnisse.

Erstens: Auszubildende benötigen ausreichend Experimentierzeit und zeitnahes leistungsbezogenes Feedback, um in einer neuartigen Leistungsumgebung mit mittlerer Komplexität bestehen zu können. Für den Einsatz der ausgebildeten Auszubildenden im Produktionsbetrieb bedeutet dies, ein Einarbeitungsprogramm mit stetig ansteigender Komplexität sowie Entscheidungs- und Ergebnisfeedback aufzulegen, damit die bestehenden fachlichen Kompetenzen der jungen

Facharbeiter genutzt, die jungen Facharbeiter aber nicht durch vorschnelle Verantwortungsübernahme überfordert werden. Hier besteht eine Gradwanderung zwischen der raschen Nutzung der vom ausgelernten Auszubildenden erworbenen Kompetenzen und der Gewährleistung der Anlagensicherheit. Diese Gradwanderung wird zugunsten beider Parteien aufgehoben, wenn der junge Facharbeiter in den ersten Wochen zum einen mit vielen praktischen Informationen begleitet wird und zum anderen an Versuchsanlagen bzw. anhand von Betriebssimulationen die Reaktionen „seiner neuen Anlage“ auch in Grenzbereichen ausloten kann (z.B. Fahren der Anlage unter Minimallast, Schaltung auf Bypass-Nutzung, Erhöhung der Durchflussgeschwindigkeiten).

Zweitens zeigt die Auswertung, dass Ausbilder mit der Qualität und Intensität der Betreuung ihrer Auszubildenden Einfluss nehmen auf deren Produktionsleistungen in betriebsnahen Umgebungen. Es liegt folglich nicht nur an der Motivation und dem Engagement des Auszubildenden, ob er betrieblich relevante Kompetenzen erwirbt, sondern auch am maßgerechten Angebot von Verstehens- und Lernhinweisen während der Bearbeitung naturwissenschaftlich-technischer Arbeitsaufgaben sowie am zeitnahen und bei Bedarf ausführlichen Angebot einer Nachbesprechung der vom Auszubildenden bearbeiteten Aufgaben. Das fachliche Selbstvertrauen stellt sich dabei als ein „Verbindungsglied“ (Mediator) zwischen der Lernberatung der Ausbilder und dem Leistungsverhalten der Auszubildenden dar. Ohne angemessene Lernberatung (Qualität, Intensität) dürfte sich auf Seiten der Auszubildenden kaum ein moderates bzw. starkes fachliches Selbstvertrauen entwickeln, und ohne zumindest moderates fachliches Selbstvertrauen lässt das Leistungsverhalten der Auszubildenden stark zu Wünschen übrig.

Drittens zeigt die Auswertung, dass die Produktionsleistungen der Auszubildenden die Leistungsstufen der Auszubildenden in Berufsschule (Theorie) und Ausbildungszentrum (Theorie & methodisch-didaktisch aufbereitete Praxis) sehr genau wieder geben. Hier sind wechselseitig gute Leistungsvorhersagen möglich. Der Zusammenhang zwischen Produktionsleistung und betrieblicher Leistungsbewertung fällt dagegen nur am unteren Rand, bei den leistungsschwachen Auszubildenden klar aus. Dieser Befund lässt sich in zwei verschiedene Richtungen interpretieren: Entweder hat die verfahrenstechnische Simulation einen stärkeren Wissensbezug als die betriebliche Praxis (so dass die Leistungsanforderungen der Simulation eher in der Nähe zur Berufsschule anzusiedeln sind) oder aber die Leistungsbeurteilungen durch die Betriebe sind zu wenig trennscharf. Falls sich die zweitgenannte Interpretation als stichhaltig erweist, sollten die Ausbildungsbeauftragten in den Betrieben künftig stärker dabei unterstützt werden, fachliche Kompetenzen, organisatorisches Geschick, Sozialverhalten und persönliches Engagement der Auszubildenden in ihren Betriebsphasen klarer zu diagnostizieren und in ihren Leistungsbeurteilungen entsprechend abzubilden.

Abschließend einige allgemeine Hinweise: Ein Vorteil im Einsatz der Computersimulation liegt in der Kluft zwischen Wissen und Handeln begründet. Jeder Prozessbetreuer weiß um die Bedeutung der Qualität seiner Produkte und Dienstleistungen. Das Wissen um die Bedeutung der Qualität im Arbeitsleben wirkt sich jedoch nicht in jedem Fall auf das Handeln aus. Unter Zeitdruck neigen manche Prozessbetreuer dazu, mit geringer Qualität zu arbeiten. Zwei Erklärungen können angeführt werden; zum einen haben sie angesichts anderer Ziele (z.B. Termindruck) das Qualitätsziel außer acht gelassen, zum anderen fehlen ihnen Erfahrungen zu den (langfristigen) Konsequenzen schlechter Arbeit (z.B. verlorene Kunden; Anlagenschäden; Betriebsunfälle). Diese Differenz zwischen Einstellung und Verhalten kann nach Einschätzung von Ernst & Spada (1993) durch eine spielerische Auseinandersetzung mit simulierten Szenarien zumindest teilweise überwunden werden.

Für das Training von Arbeitsstrategien ist es allerdings nicht erforderlich, eine exakte Kopie der tatsächlichen Realität („high fidelity-Simulationen“) zu gestalten. Das Ziel besteht vielmehr darin, die wesentlichen Arbeitsanforderungen in der Simulation aufzugreifen und diese in realistische Arbeitsszenarien einzukleiden. Die Einsatzmöglichkeiten von Computersimulationen haben dennoch ihre Grenzen. Die mit Hilfe von Simulationen vermittelbaren Qualifikationen stellen nur einen Teil der erforderlichen Qualifikationen von Prozessbetreuern dar. Dennoch liefern Simulationen einen Einstieg in die Entwicklung von Steuerungskompetenz und bieten eine praktische Grundqualifizierung in „systematischem Denken“.

Literatur

- Bandura, A. (1986): Social Foundations of Thought and Action. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Collins, J.L. (1982): Self-efficacy and ability in achievement behavior. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, NY.

- Craig, A. (1984): Human engineering: The control of vigilance. In J.S. Warm (Ed.), Sustained Attention in Human Performance (pp. 247-291). Chichester: Wiley.
- Ernst, A.M. & Spada, H. (1993): Bis zum bitteren Ende? In J. Schahn & T. Giesinger (Hrsg.), Psychologie für den Umweltschutz (S.17-28). Weinheim: Psychologie-Verlags-Union.
- Gibson, S. & Dembo, M.H. (1984): Teacher efficacy: A construct validation. Journal of Educational Psychology, 76, 569-582.
- Kubik, G. (1999): Modellversuch zur Verbesserung der Teamfähigkeit von Chemikanten / Papiermachern, Industriemechanikern und Prozessleitelektronikern / Energieelektronikern für die gemeinsame Bewältigung von Produktionsprozessen. Abschlussbericht August 1999.
- Nachreiner, F. (1977): Experiments on the validity of vigilance experiments. In R.R. Mackie (Ed.), Vigilance. Theory, Operational Performance, and Physiological Correlates (pp. 665-678). New York, London: Plenum Press.
- Rheinberg, F. & Krug, S. (1999): Motivationsförderung im Schulalltag (2. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Werthebach, M., Grote, K. & Schmidkunz, H. (1996): Berufliche und betriebliche Sozialisation: Ein Modellversuch zur berufsfeldübergreifenden und fallbezogenen Ausbildung von Chemikanten / Papiermachern, Industriemechanikern und Prozessleitelektronikern / Energieelektronikern (I). Zeitschrift für Klientenzentrierung, 1/96, S.73-121.
- Werthebach, M., Grote, K. & Schmidkunz, H. (1998): Verbesserung der Team- und Problemlösefähigkeit angehender Produktionsfachkräfte und Instandhalter. Zeitschrift Berufsbildung, 52/98, S.37-41.
- Widdel, H. (1990): Steuerung und Überwachung industrieller Prozesse. In C. Graf Hoyos & B. Zimolong (Hrsg.), Ingenieurpsychologie. Enzyklopädie der Psychologie D III Bd.2 (396-425). Göttingen u.a.: Hogrefe.

Kontakt

Markus Werthebach, Dipl.-Psych. Dipl.-Kfm., **logicalwork** – Gesellschaft für Managementberatung und Arbeitsgestaltung, Kiebitzweg 19, 44534 Lünen, Tel. 02305 – 13629, Fax 02306 – 13667, eMail: werthebach@logicalwork.de
 Dr. Hans-Jürgen Metternich, Dipl.-Chem., Infracor GmbH der Degussa AG, Paul-Baumann-Straße 1, 45772 Marl, Tel. 02365 – 492401, Fax 02365 – 496950, eMail: hans-juergen.metternich@infracor.de