



GSE

FAKULTÄT FÜR GEISTES-,
SOZIAL- UND ERZIEHUNGS-
WISSENSCHAFTEN

Virtuelle Realität in der technischen Aus- und Weiterbildung – Gegenstandsbestimmung und Umsetzungsbeispiele

Prof. Dr. Klaus Jenewein & Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. Dr. h.c. mult. Michael Schenk (Hrsg.)

IBBP-Arbeitsbericht Nr. 74

März 2010

ISSN 1437-8493

Arbeitsberichte des Instituts für Berufs- und Betriebspädagogik

Herausgeber:

Institut für Berufs- und Betriebspädagogik (IBBP)
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Prof.'en Dr. Dietmar Frommberger, Dr. Klaus Jenewein, Dr. Sibylle Peters

Anschrift:

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Fakultät für Geistes-, Sozial- und Erziehungswissenschaften
Institut für Berufs- und Betriebspädagogik (IBBP)
Zschokkestr. 32
D-39104 Magdeburg

Tel.: +49 391 6716623

Fax: +49 391 6716550

Email: ibbp@ovgu.de

ISSN 1437-8493

Virtuelle Realität in der technischen Aus- und Weiterbildung – Gegenstandsbestimmung und Umsetzungsbeispiele

Prof. Dr. Klaus Jenewein & Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. Dr. h.c. mult. Michael Schenk (Hrsg.)

IBBP-Arbeitsbericht Nr. 74

März 2010

ISSN 1437-8493

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
<i>Marcel Martsch</i>	
2. Virtuelle Realitäten als Lernräume	3
<i>Eberhard Blümel/Klaus Jenewein/Michael Schenk</i>	
2.1 Heutiges Verständnis des beruflichen Lernens.....	3
2.2 Zur Technologie von interaktiven Virtual-Reality (VR)-Systemen	5
2.3 Potentiale des VR-Einsatzes in beruflichen Lernprozessen aus technikdidaktischer Sicht	9
2.4 Beispiele für interaktive VR-Arbeitssysteme	10
2.5 Aktuelle Fragen für eine auf VR-Umgebungen bezogene Lernforschung	12
2.6 Schlussbemerkung und Ausblick	13
3. Qualifizierung in der Instandhaltung von Hochspannungsbetriebsmitteln	15
<i>Jürgen Beuting/Tina Haase/Wilhelm Termath</i>	
3.1 Ausgangslage.....	15
3.1.1 Anforderungen an die Qualifizierung von Fachkräften in der Instandhaltung	15
3.1.2 Qualifikationen und Kompetenzen	16
3.2 Lösungsansatz: virtuell-interaktive Lernumgebungen	18
3.2.1 Interaktionskonzepte und Benutzeroberfläche	18
3.2.2 Orientierung am Modell der vollständigen Handlung	19
3.2.2.1 Analyse der Ausgangssituation	19
3.2.2.2 Auswahl benötigter Werkzeuge, Materialien und Hilfsmittel.....	21
3.2.2.3 Auswahl und Benennung notwendiger Arbeitsschritte	21
3.2.2.4 Bestimmen der Reihenfolge der ausgewählten Arbeitsschritte.....	21
3.2.2.5 Durchführen des geplanten Arbeitsablaufes	22
3.2.3 Lernerfolgskontrolle	23
3.3 Bisher vorliegende Einsatzerfahrungen in der betrieblichen Weiterbildung.....	24
3.4 Schlussbemerkung und Ausblick	24
4. Maschinenrichtlinie für die Verbesserung der Produkt- und Betriebssicherheit	25
<i>Thekla Faber/Torsten Schulz</i>	
4.1 Anliegen der Konzeption: Ausgangssituation und methodischer Ansatz	25
4.2 Wissenschaftlicher Hintergrund.....	26
4.2.1 Grundlagen und Rahmenbedingungen	26
4.2.2 Lerntheorien	27
4.2.3 Methodische Ansätze	28
4.2.4 Lernen mit VR-Systemen	28

4.3	Gesamtkonzeption der Weiterbildung	29
4.4	Exemplarische Ausgestaltung „Vorgang des Einmessens an einer Vertimaster-Maschine“	30
4.4.1	Zum Einmessen einer Vertimaster-Maschine.....	30
4.4.2	Präsenzmodul – Kickoff	30
4.4.3	Präsenzmodul – POL-Modul	30
4.4.4	Verschiedene Modi zur Bearbeitung der Lernsituationen	31
4.4.5	Präsenzmodul – Präsentation und Fall-Lösung	32
4.4.6	Abschluss- und Evaluationsmodul	32
4.4.7	Begleitendes Tutorenmodul	32
4.5	Schlussbemerkung und Ausblick	32
5.	Literatur	35
6.	Autorenverzeichnis	37

1. Einleitung

Marcel Martsch

Der Begriff „Virtual-Reality“ (VR) wurde von Jaron Larnier Ende der 80er Jahre geprägt. Heute wird unter virtueller Realität eine in Echtzeit computergenerierte, interaktive Umgebung verstanden, innerhalb derer Objekte erzeugt werden, die der Realität nachempfunden sind. Die Nutzer fühlen sich in das virtuelle Szenario hineinversetzt respektive präsent (McLellan, 1996) und haben gleichsam die Möglichkeit, über eine interaktive Mensch-Computer-Schnittstelle mit der virtuellen Realität zu interagieren (Larnier & Biocca, 1992). Treffend beschreiben Sherman & Judkins (1993) das Geheimnis der VR damit, „dass das Gehirn Illusionen aufnehmen möchte“ (S. 151).

Wie alle technischen Neuentwicklung muss sich auch die VR der Frage stellen, wo der konkrete Nutzen der innovativen Technologie liegt. Werden dabei weniger die Fragen der technischen Implementation zugunsten pädagogisch-psychologischer sowie fachdidaktischer Aspekte in den Fokus gerückt, eröffnet sich ein breites Kontinuum, dessen Pole einerseits auf die enormen Potentiale der virtuellen Lebenswelten verweisen (Rheingold, 1991), andererseits aber auch die potentiellen Gefahren der virtuellen Lebenswelten unterstreichen (Gibson, 1984). Unabhängig davon wird beim Sondieren der aktuellen Literatur vor allem klar, dass der praktischen Nutzen virtueller Lernumgebungen bislang wenig erforscht ist.

An dieser Stelle setzt der vorliegende Arbeitsbericht an. Im ersten Abschnitt wird aus theoretischer Perspektive die Frage beleuchtet, ob und in welchem Umfang virtuelle Realität in berufliche Lehr- und Lernprozesse Einzug hält und was von diesen neuen Entwicklungen bereits heute geleistet werden kann. Dazu wird zunächst eine Beziehung zum Stand der aktuellen technikdidaktischen und berufspädagogischen Diskussion hergestellt. Es wird dargelegt, welchen bildungspolitischen Anforderungen die berufliche Didaktik heute gegenübersteht und mit welchen Problemen arbeitsprozessorientiertes Lernen im Unterricht berufsbildender Schulen konfrontiert ist. Auf dieser Basis wird untersucht, ob mit dem Lernen in virtueller Realität – hierzu werden einige Systeme und aktuelle Technologien vorgestellt – neue Antworten auf diese Probleme zu erwarten sind.

Daran anschließend werden zwei Weiterbildungskonzeptionen aus der Praxis vorgestellt, welche auf ähnliche Weise versuchen, Lernmethoden aus der beruflichen Bildung sowie kognitive Lerntheorien aufzugreifen und mit Hilfe von virtueller Realität Lösungskonzepte zu entwickeln.

Das erste Beispiel untersucht die Möglichkeiten der VR im Hinblick auf die Qualifizierung der Instandhaltungsfachkräfte von Hochspannungsbetriebsmitteln der RWE Rhein-Ruhr Netzservice GmbH. Die verantwortliche Durchführung der Instandhaltungsarbeiten an Hochspannungsnetzen verlangt fundierte Kenntnisse hinsichtlich der Funktionen und Wirkungsweisen der Betriebsmittel. Hierbei stehen Schulungskonzepte bislang der Problematik gegenüber, dass die physikalischen Abläufe (Spannung, Energieübertragung etc.) beispielsweise in Leistungsschaltern mit hohen elektrischen Spannungen oder in Großtransformatoren in der Realität nicht sichtbar und daher nur in ihren Auswirkungen zu erleben sind. In einer virtuell-interaktiven Lernumgebung hingegen können die relevanten technischen Abläufe und physikalischen Prozesse so visualisiert werden, dass sie zusammen mit der Darstellung und Einübung von Arbeitsschritten eine wesentliche Verbesserung der Lernerfolge erwarten lassen. Die Anforderungen an die Qualifizierung der Fachkräfte werden skizziert und Potentiale innovativer Lernumgebungen auf Basis der VR für die berufliche Weiterbildung aufgezeigt.

Das zweite Beispiel beleuchtet die Möglichkeiten der VR hinsichtlich der Umsetzung aller im Rahmen der Prävention notwendigen Maßnahmen bei der Produkt- und Maschinensicherheit. Die Hersteller von

Maschinen sind unter Berücksichtigung geltender europäischer Richtlinien verpflichtet, eine Reihe von Standards hinsichtlich Arbeitssicherheit, Gesundheitsgefährdung etc. einzuhalten. Bisherige Methoden zur Umsetzung dieser Vorschriften auf Basis heute existierender Verfahren und Instrumente weisen erhebliche Defizite auf. Neue, innovative Methoden sind zu finden, die bereits bei der Konstruktion und Entwicklung der Werkzeuge zur Verfügung stehen und eine schnelle Anpassung ermöglichen. Hier bietet das Feld der virtuellen Realität ein großes Potential, es ermöglicht nicht nur die Detektion potentieller Gefahren, sondern kann diese darüber hinaus in die gefährdungspräventive Prozesskette produktnah (3D-Daten) und ablaufbezogen (prozessorientiert) integrieren. Didaktisch wird der Ansatz des Blended Learning gewählt, welcher eine Kombination aus den pädagogischen Ansätzen des Konstruktivismus und Kognitivismus, einer Verknüpfung von VR-Technologie mit präsenzbegleitenden Übungsphasen sowie einem Mix aus verschiedenen Lehr- und Lernmethoden (problemorientiertes Lernen, Situated Learning und handlungsorientierter Unterricht) darstellt. Innovativ ist dieser Ansatz, da die Vorteile der Darstellungen in virtuellen Umgebungen mit den Möglichkeiten der Methode des Blended Learning verknüpft werden, um maximale Lernergebnisse zu erhalten.

Diese Publikation soll ein Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand und die zu Grunde liegenden didaktischen und technologischen Konzepte geben. Hiermit ist beabsichtigt, der wissenschaftlichen Diskussion, um die Nutzung von virtueller Realität in beruflichen Lernprozessen neue Impulse zu geben. Nicht zuletzt soll dazu angeregt werden, virtuelle Realität mehr als bisher für die Planung und Realisierung von innovativen Bildungskonzepten zu nutzen sowie die damit verbundenen Lernprozesse in der Forschung aufzugreifen und zukunftsorientiert weiter zu entwickeln.

2. Virtuelle Realitäten als Lernräume

Eberhard Blümel/Klaus Jenewein/Michael Schenk

2.1 Heutiges Verständnis des beruflichen Lernens

In der beruflichen Bildung sind hinsichtlich der didaktischen Gestaltungsprinzipien in den vergangenen 20 Jahren weitgehende Veränderungen zu verzeichnen. Diese gehen – ausgehend von den Kognitionswissenschaften – mit einem veränderten Lernbegriff einher. Aus heutiger Sicht kann gesagt werden, dass behavioristische Lerntheorien – wie sie etwa zu Zeiten der lernzielorientierten Didaktik international en vogue waren – in der Berufsbildungsdiskussion keine Rolle mehr spielen. Lernen wird heute

- vorwiegend unter der Perspektive der Kompetenzentwicklung auf der Grundlage individueller Handlungserfahrung betrachtet (vgl. hierzu die Beiträge zur Kompetenzdiskussion etwa in der Berufspädagogik von Bader (1990) oder in der beruflichen Weiterbildung von Erpenbeck & Heyse (2009));
- als Ergebnis eines Interiorisationsprozesses beschrieben (vgl. Aebli (1990), Galperin (1969)). Die Theorien beider Autoren begreifen Handlungserfahrungen als Ausgangspunkte der kognitiven Entwicklung, die aus dem Prozess der „Verinnerlichung“ hervorgeht und als dessen Ergebnis sich die Handlungsschemata, Operationen und Begriffe entwickeln (Aebli (xxxx) nennt sein Standardwerk folglich „Denken – das Ordnen des Tuns“);
- als Aufbau eines im beruflichen Kontext relevanten Handlungswissens verstanden, das als eine Einheit von zwei Wissensarten begriffen werden muss, die Anderson (1996) mit den Begriffen „deklaratives Wissen“ (vereinfacht ausgedrückt: erklärendes Wissen oder Sachwissen) und „prozedurales Wissen“ (Wissen, das auf Handlungsabläufe – sogenannte Prozeduren – bezogen ist) beschreibt.

Dieser Zusammenhang wurde am prägnantesten von Hans Aebli auf den Punkt gebracht. Als Grundsatz seiner pädagogischen Psychologie formuliert er den Kerngedanken, das Handeln den Ausgangspunkt für die Entwicklung des Denkens bildet (vgl. Aebli, 1990, S. 179).

Während die kognitionspsychologischen Ansätze insbesondere von der Betrachtung individueller Aneignungstheorien ausgehen, hat sich im amerikanischen Raum eine intensive Diskussion um das Schlagwort des „situated learning“ (im deutschsprachigen Raum auch als situiertes Lernen bekannt) herausgebildet. Hier ist charakteristisch, dass sich die Theorie des situierten Lernens nicht auf die Frage des Aufbaus von kognitiven Strukturen beschränkt, sondern in Bezug auf den Lernenden eine Wechselbeziehung zwischen internen (Kognition) und externen (Situation) Prozessen betrachtet wird. Dabei bezieht sich Situation sowohl auf die materielle als auch soziale Umwelt des Lernenden, und es wird umso mehr von einer Lernhaltigkeit ausgegangen, wenn der situative Bezug zur späteren Berufs- und Arbeitswelt hergestellt werden kann (vgl. Lave & Wenger, 1991). Demnach beschreibt Lernen das soziale Aushandeln von Bedeutungen, wonach Lernprozesse immer soziale Prozesse einbeziehen und durch Kultur, Lehrende und Mitlernende beeinflusst sind. Mehrere Lernende bilden „Communities of Practice“. Dort findet die gemeinsame Konstruktion von Wissen statt.

In der amerikanischen wissenschaftlichen Diskussion wurden hieraus verschiedene Gestaltungskonzepte insbesondere für das berufliche Lernen entwickelt. Zu nennen sind Veröffentlichungen zu den Schlagworten „Anchored Instruction“, „Cognitive Flexibility“ und „Cognitive Apprenticeship“, wobei letzteres

stark an das handwerkliche Lernen erinnert. Zu den aus diesen Konzepten resultierenden Gestaltungsprinzipien situierter Lernumgebungen existieren auch im deutschsprachigen Raum diverse Veröffentlichungen (vgl. Gerds, 2006, S. 376 f.).

Unseren Rezipienten ist bekannt, was die Kultusministerkonferenz (KMK) aus diesen Theorien gemacht hat. In der Rahmenvereinbarung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen für die Berufsschule wird als Zielsetzung für deren Bildungsarbeit die Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz als „die Bereitschaft und die Fähigkeit des Einzelnen, sich in beruflichen, gesellschaftlichen und privaten Situationen sachgerecht, durchdacht sowie individuell und sozial verantwortlich zu verhalten“ (KMK, 2007, S. 10) formuliert. Dazu weist die KMK auf folgenden Sachverhalt hin: Die Berufsschule müsse „den Unterricht an einer für ihre Aufgabe spezifischen Pädagogik ausrichten, die Handlungsorientierung betont“ (ebd.). Das durch die KMK seit 1997 in die berufspädagogische Diskussion eingebrachte Lernfeldkonzept betont zudem das Situationsprinzip, ergo die Orientierung des beruflichen Unterrichts an Arbeitsprozessen. Hierzu wird herausgearbeitet, die Bildungsarbeit der Berufsschule orientiere sich an betrieblichen Handlungsfeldern, d. h. „Situationen, die für die Berufsausübung bedeutsam sind (Lernen für Handeln)“ – ebd., S. 12. Diese werden in Lernfelder und Lernsituationen („exemplarische curriculare Bausteine, in denen fachtheoretische Inhalte in einen Anwendungszusammenhang gebracht werden sollen“ – ebd., S. 18) umgesetzt. Eine konsequentere Umsetzung der Prinzipien des „situated learning“ ist in den europäischen Berufsbildungssystemen wohl kaum vorgenommen worden.

Schauen wir uns einige Lernfelder am Beispiel des Mechatronikers – der Erste nach diesem Prinzip neu geordneter Ausbildungsberuf – an, so wird deutlich, dass sich diese unmittelbar auf betriebliche Arbeitsprozesse beziehen. „Analysieren von Funktionszusammenhängen in mechatronischen Systemen“, „Untersuchen der Energie- und Informationsflüsse in elektrischen, pneumatischen und hydraulischen Baugruppen“ oder „Inbetriebnahme, Fehlersuche und Instandsetzung“ sind typische Lernfelder aus dem Rahmenlehrplan für die Berufsschule, die verdeutlichen, dass deren Bildungsarbeit sowohl auf die in der Berufsausübung charakteristischen technischen Systeme als auch auf die an ihnen anfallenden Tätigkeiten ausgerichtet ist. Tatsächlich sind jedoch viele dieser Systeme am Lernort Berufsschule nicht oder nur in einer idealisierten Form als Experimental- und Anschauungssystem vorhanden, da schulische Lernorte i. d. R. kaum in der Lage sind, die Komplexität der Berufs- und Arbeitswelt sowie der hier eingesetzten Systeme adäquat abzubilden (vom Problem der raschen Überalterung einer einmal angeschafften Lernumgebung ganz abgesehen).

Dies kann in der Berufsausbildung des deutschen dualen Systems vielleicht noch mit der Annahme hingenommen werden, dass deren Unterricht auf Handlungserfahrungen Bezug nehmen kann, die in den betrieblichen Ausbildungs- und Arbeitsprozessen erworben werden. Doch auch im betrieblichen Umfeld besteht eine Reihe von Problemen mit dem Lernen bei der Arbeit. Aufgrund der hochgradigen Komplexität der hier eingesetzten Systeme sind diese häufig für Lernprozesse nur bedingt nutzbar:

- Mechatronische Arbeitssysteme sind oftmals sehr komplex und deren Einsatz ist i. d. R. an dynamische Vorgänge gebunden, die von einem hohen Vernetzungsgrad gekennzeichnet sind. Darüber hinaus sind „reale“ Arbeitssysteme häufig mit „unsichtbaren“ Vorgängen – ergo mit Vorgängen, die sich der menschlichen Wahrnehmung verschließen – verbunden und, bedingt durch Bauart und Arbeitssicherheitsbestimmungen, häufig sehr unanschaulich, etwa wenn Fertigungssysteme nur in einem vollständig eingehausten Zustand aufgebaut sind und sich die eigentlichen Fertigungsvorgänge nicht mehr betrachten lassen.
- Weiterhin existieren ebenfalls Restriktionen für die Möglichkeit des Einsatzes mechatronischer Arbeitssysteme für das berufliche Lernen. Lernhandlungen sind – wenn sie einmal ausgeführt

wurden – i. d. R. irreversibel und folglich mit Gefahren bei Fehlern verbunden. Sie verursachen wenig kalkulierbare Folgekosten und sind darüber hinaus wegen der schwierigen Systemverfügbarkeit bei üblicherweise gegebenen zeitlichen und örtlichen Restriktionen nur erschwert zu organisieren.

Ergebnis: Lernen an „realen“ mechatronischen Arbeitssystemen ist oft nur eingeschränkt, manchmal auch gar nicht möglich. Dies gilt insbesondere dann, wenn kleine und mittlere Unternehmen hochgradig spezialisiert sind und die für eine Berufsausbildung gewünschte inhaltliche Breite mit ihrer Auftragslage und ihren Arbeitsprozessen nur eingeschränkt abdecken. Demnach stellt sich aber eine entscheidende Frage: Auf welchen Erfahrungen soll der Unterricht in der Berufsschule dann aufbauen?

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Lernen bei der Arbeit mit einer ganzen Reihe von Problemen verbunden ist. Vor diesem Hintergrund werden folgende Fragen behandelt: Können virtuelle Arbeitssysteme zukünftig helfen, das berufliche Lernen in technischen Arbeitsfeldern zu unterstützen? Wenn ja, in welchem Verhältnis stehen zukünftig Lernprozesse in virtueller Realität zum Lernen in realen Arbeitsprozessen? Können Kompetenzen, die in virtuellen Lernumgebungen erworben werden, auf reale Arbeitssituationen übertragen werden?

2.2 Zur Technologie von interaktiven Virtual-Reality (VR)-Systemen

Virtuelle Realitäten, wie in Abbildung 1 illustriert, sind heute in der industriellen Produktion allgegenwärtig. Es ist zu verzeichnen, dass sich die virtuelle Darstellung von technischen Systemen immer mehr durchsetzt und dass hierbei unterschiedliche Phasen im Lebenszyklus technischer Systeme erfasst werden. Interessant ist dabei, dass sich durch die weitgehende Informatisierung der industriellen Produktion einmal vorhandene Daten im Sinne einer digitalen Prozesskette umfassend nutzen lassen und damit Systemdaten, die für die Erstellung von VR-Systemen verwendet werden, beim Konstruktions- und Fertigungsprozess technischer Systeme gewissermaßen abfallen.



Abb. 1: Beispiel für ein Virtual-Reality-Szenario aus der Fabrikplanung (Foto: D. Mahler/FRAUNHOFER IFF).

Heute kann in vorhandenen Entwicklungsumgebungen aus vorliegenden 3D-CAD-Datenbeständen eine so genannte „virtuelle Wissensbasis“ erstellt werden, deren Inhalt eine VR-Systemnutzung in ganz unterschiedlichen Arbeitsprozessen ermöglicht. Den Weg vom Design Review, über den Funktionstest – beides funktioniert bereits in einem Stadium der Systementwicklung, in dem ein tatsächlich gefertigter Prototyp noch gar nicht existiert –, der Arbeitsvorbereitung bis hin zur technischen Dokumentation wird in Abbildung 2 dokumentiert.

Darüber hinaus werden VR-Systeme heute in Assistenzsystemen und visuell-interaktiven Reparaturanleitungen für die Instandhaltung verwendet, da man hier mit den klassischen, auf technischen Zeichnungen und textuellen Darstellungen beruhenden Dokumentationsarten längst am Ende ist. Aktuell bearbeitet wird die Frage der Nutzungsmöglichkeit von VR-Systemen für berufliches Lernen. Neue Entwicklungen etwa auf Basis der Virtual-Reality-Entwicklungsumgebung des Fraunhofer Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF) Magdeburg ermöglichen dabei die Programmierung umfangreicher interaktiver VR-Szenarien.

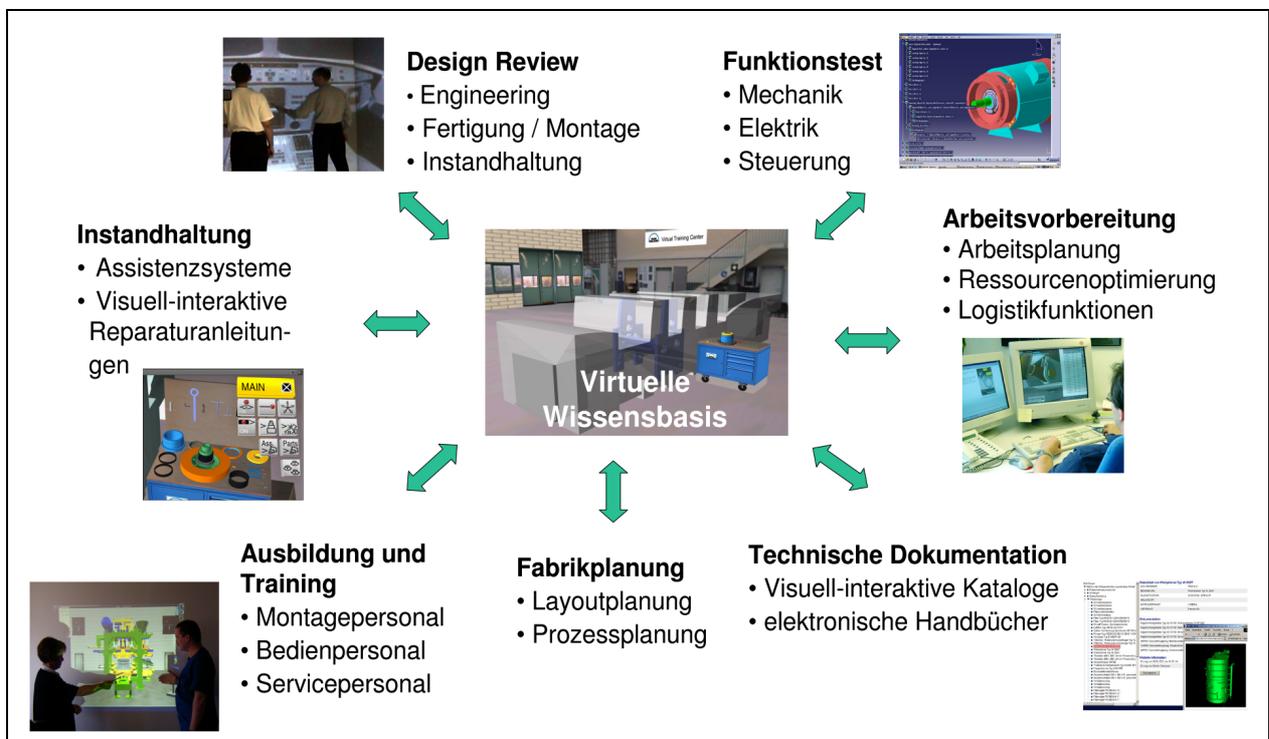


Abb. 2: Virtual-Reality-Systementwicklung (Fotos/Bilder: FRAUNHOFER IFF).

Ausgangslage des in Abbildung 3 dargestellten Entwicklungsprinzips bilden Produkt- und Prozesskenntnisse, wobei letztere in Zusammenarbeit mit betrieblichen Experten erhoben werden (vgl. das Konzept der Experten-Facharbeiter-Workshops als Grundlage für die Entwicklung arbeitsprozessorientierter Curricula, z. B. Kleiner, Rauner, Reinhold, & Röben (2002), Schemme, (2006)) und über so genannte „Drehbücher“ in das spätere Szenariokonzept einfließen. Die aus den CAD-Daten erstellte virtuelle Datenbasis wird dann mit einem Autorensystem aufbereitet, um beispielsweise durch farbliche Hervorhebungen anschauliche Systemstrukturen zu entwickeln, die eine gute Orientierung in virtuellen Systemen ermöglichen. Mit Hilfe des Szenariokonzepts werden nun typische Arbeitsaufgaben als Szenarien entwickelt, deren Ablauf durch einen „Scenario Player“ in Form einzelner Handlungsschritte reproduzierbar abgelegt wird.

Diese Szenarien bilden die Grundlage für den Einsatz von VR-Systemen im Experiment und im Training, wobei Kennzeichen der entwickelten Systeme ist, dass sie sich interaktiv – d. h. durch den Lerner ge-

steuert – einsetzen lassen. Die mit dem System erzielten Erfahrungen bei der Aus- und Weiterbildung des Personals fließen wiederum in Form einer Feedback-Schleife zurück und werden für das Re-Design der Systeme verwendet. Interessant ist hierbei, dass sich mit diesen Entwicklungen die deklarativen Wissensbestandteile sehr gut mit dem prozeduralen Wissen – ergo Kenntnissen in Bezug auf die Bearbeitung von konkreten Arbeitsvorgängen – verbinden lassen.

So kann der Lernende beispielsweise im Bereich der Flugzeuginstandhaltung mit dem „Aircraft Maintenance Manual“ arbeiten, sich im virtuellen System orientieren, die komplette Prozedur von Instandhaltungsaufgaben bearbeiten und erhält dabei gleichzeitig Informationen beispielsweise zur Benennung von Systemelementen und zu deren Funktion (vgl. Abb. 9, 10, S. 11).

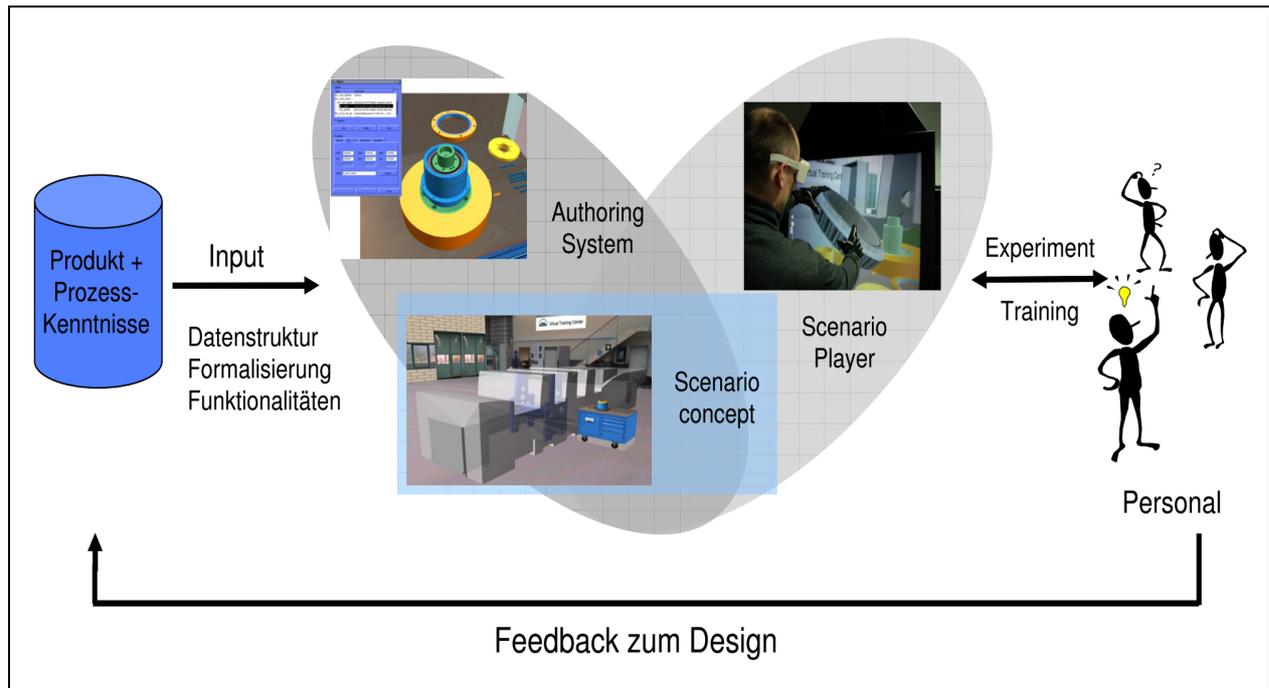


Abb. 3: Das Prinzip der Entwicklung interaktiver Virtual-Reality-Systeme (Fotos/Bilder: FRAUNHOFER IFF).

Bezüglich der Interaktivität unterscheidet das VR-System drei verschiedene Modi, die in Abbildung 4 visualisiert sind. Der Präsentationsmodus ermöglicht die schrittweise Darstellung von komplexen Abläufen und ist damit beispielsweise hervorragend in der Lehre einsetzbar, da eine Einführung in die Ablaufstrukturen von betrieblichen Arbeitsprozessen anhand eines realistischen Szenarios gegeben werden kann. Der geführte Modus ermöglicht es dem Lernenden, eine in unterschiedliche Schritte gegliederte Aufgabe selbst abzuarbeiten, wobei er durch Informationen des Systems geführt wird und zu seinen Arbeitsschritten konkrete prozedurale Anweisungen erhält. Wenn es die Systeme und Aufgabenstellungen anbieten, wird darüber hinaus der so genannte freie Modus aufgenommen. Hier kann der Lerner konkrete Arbeitsvorgänge mit dem System selbstständig erarbeiten, ohne ergänzende Informationen und Anweisungen zu erhalten. Dieser Modus ist beispielsweise gut in Prüfungssituationen einzusetzen.

Eine weitere Besonderheit der aktuellen Entwicklungen liegt darin, dass sich heutige VR-Systeme über verschiedene Schnittstellensysteme mit realen Systemen zu verschiedenen Repräsentationsformen von gemischten Welten - in der Literatur als Mixed Reality bekannt - verbinden lassen. Dabei entsteht ein von Milgram & Kishino (1994) beschriebenes Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum, innerhalb dessen verschiedene Formen gemischter Realitäten unterschieden werden können, die heute unter dem Schlagwort „Augmented Reality“ entwickelt und erforscht werden. In Anlehnung an Milgram und Kishino ist es hier sinnvoll, zwei Grundrichtungen von gemischten Welten zu unterscheiden: Als Augmented Virtuality (erweiterte Virtualität) werden komplexe VR-Systeme mit realen Komponenten verbunden (vgl. Abb. 5).

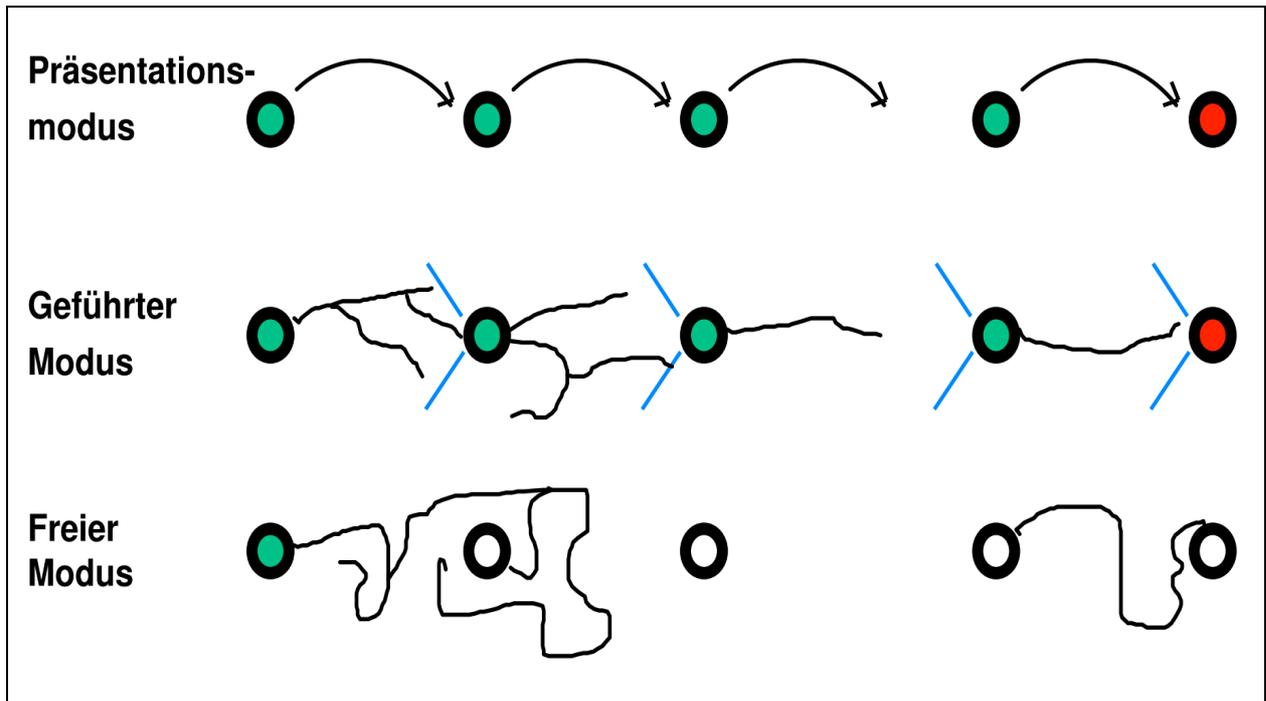


Abb. 4: Repräsentationsformen des prozeduralen Wissens in drei unterschiedlichen Modi.

So kann beispielsweise eine Koppelung einer realen CNC-Steuerung mit einer virtuellen Fertigungsstrecke erfolgen (Abb. 5, links), mit der an der realen Steuerung eingegebene CNC-Programme virtuell „abgearbeitet“ werden können. Diesem steht auf dem Kontinuum der Mixed Reality der Begriff „Augmented Reality“ (erweiterte Realität) gegenüber, worunter die Anreicherung realer Umgebungen mit VR-Elementen verstanden wird.

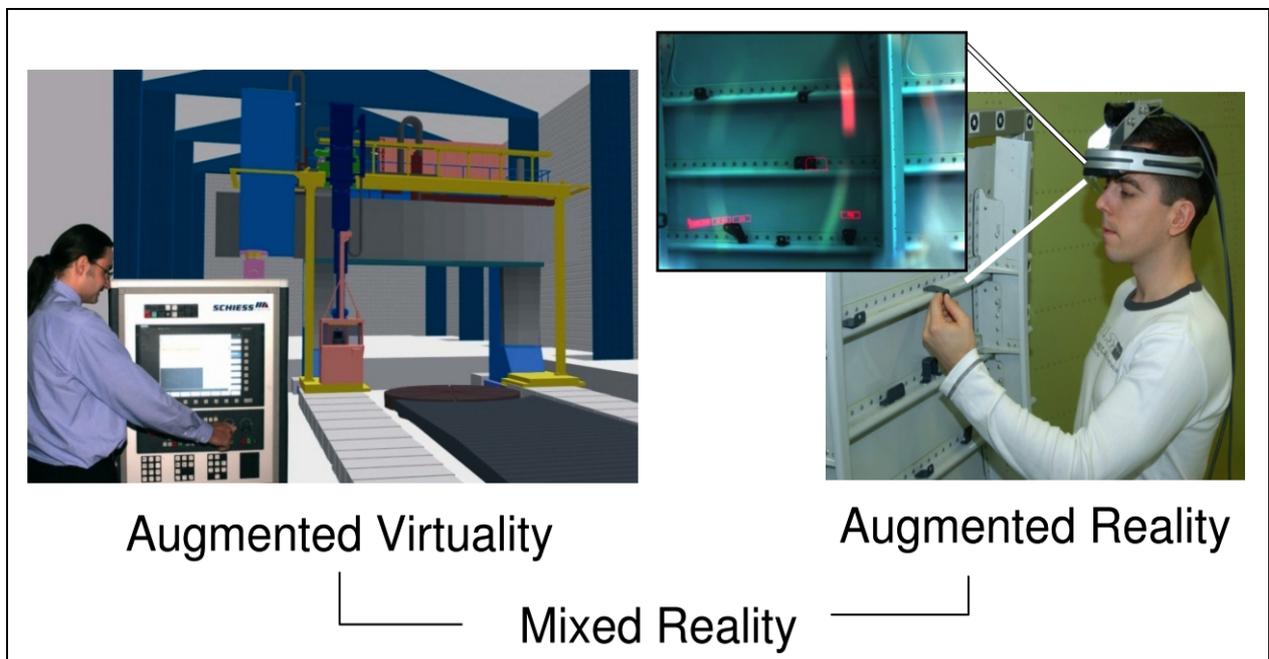


Abb. 5: Ausprägungen innerhalb des Realitäts-Virtualitäts-Kontinuums nach Milgram & Kishino (1994). (Fotos: FRAUNHOFER IFF).

Einsatzbereiche sind beispielsweise ergänzende Informationen, die über Head Mounted Displays eingeblendet werden, zur Unterstützung logistischer Aufgaben oder komplexer Instandhaltungsaufgaben (vgl. Blümel (2007) zur Bewertung unterschiedlicher VR/AR-Technologien für den Einsatz in arbeitsbezogenen Qualifizierungsprozessen).

2.3 Potentiale des VR-Einsatzes in beruflichen Lernprozessen aus technisdidaktischer Sicht

Es wurde bereits ausgeführt, dass das Lernen im Arbeitsprozess mit einer ganzen Reihe von Problemen verbunden ist, die einer Gestaltung effektiver und handlungswirksamer Lernprozesse die Grundlage entziehen. Können mit virtueller Realität neue Potentiale des Lernens in der Arbeit besser erschlossen werden? Zur Bearbeitung dieser Frage geht der Beitrag von Merkmalen aus, die bereits Dörner (1987) für das Lernen in Arbeitsumgebungen aufgestellt hat, obwohl seinerzeit das Thema „Virtualität“ im Zusammenhang mit Arbeits- und Lernumgebungen noch gar nicht diskutiert worden ist.

Demnach unterscheidet Dörner in Bezug auf Lernprozesse unterschiedliche Merkmale von Realitätsbereichen, und zwar in Bezug auf:

- Sachverhaltsmerkmale, hier sind für den vorliegenden Anwendungsfall die Merkmale Komplexität, Dynamik, Vernetztheit und Transparenz relevant;
- Merkmale der Lernhandlungen in diesen Realitätsbereichen, hier sind vor allem Reversibilität, Kosten-, Zeit- und Ortsabhängigkeit relevant.

In Bezug auf Sachverhaltsmerkmale für das Lernen in virtuellen Arbeitsumgebungen bestehen erhebliche Möglichkeiten der Verbesserung von Interaktion und Wahrnehmung (vgl. Abb. 6): Komplexität lässt sich didaktisch reduzieren und so an Lerngruppen mit unterschiedlichen Eingangsvoraussetzungen anpassen; Dynamik ist grundsätzlich beeinflussbar, wodurch sich in realen Arbeitsumgebungen erschwerte wahrnehmbare Abläufe durch Zeitraffung und -streckung für Lernprozesse erschließen lassen; durch die gezielte Auflösung von Vernetzungen und den gezielten Einsatz von Transparenzen lassen sich erhebliche Verbesserungen für Verständlichkeit und Anschaulichkeit erzielen.

Sachverhalte	Reale Arbeitsumgebung (RA)	Virtuelle Arbeitsumgebung (VA)	Didaktische Konsequenzen
Komplexität	immer 100 % - Reduzierung oft unmöglich	immer < 100 % - Reduzierung i. d. R. möglich	didaktische Reduktion komplexer Umgebungen
Dynamik	Einflussnahmemöglichkeiten stark begrenzt	prinzipiell unbegrenzte Einflussnahme	Anschaulichkeit durch Zeitraffung und -streckung
Vernetztheit	oft unanschaulich und begrenzt beeinflussbar	Vernetzungsgrad beeinflussbar	gezielte Orientierung an Lernvoraussetzungen
Transparenz	Abhängig von Sichtbarkeit und Zugänglichkeit	Zugänglichkeit und Sichtbarkeit künstl. erweiterbar	bessere Verständlichkeit und Anschaulichkeit

Abb. 6: Vergleich der Sachverhaltsmerkmale für das Lernen in realen und virtuellen Arbeitsumgebungen.

Hoch bedeutsame Potentiale weist die Gegenüberstellung von Lernhandlungen in realen und virtuellen Arbeitsumgebungen aus (Abb. 7). Zunächst ist hier wesentlich, dass Lernprozesse in virtuellen Systemen grundsätzlich reversibel sind. Im Gegensatz zu den heute üblichen realen Arbeitssystemen ermöglicht das Lernen in virtuellen Arbeitsumgebungen wieder die Berücksichtigung eines alten didaktischen Prinzips, des Lernens aus Fehlern. Während die Kostensituation beim Einsatz virtueller Arbeits- und Lernsysteme im Einzelfall betrachtet werden muss, sprechen verschiedene Aspekte jedoch dafür, die Potentiale virtueller Systeme sorgfältig zu prüfen: Lernprozesse lassen sich mit einem kalkulierbaren Kostenrahmen

und ohne Gefahrenpotential initiieren und organisieren. Virtuelle Arbeitssysteme sind grundsätzlich zeit- und ortsunabhängig verfügbar und unterliegen daher nicht den beim Lernen in der Arbeit üblichen, teilweise erheblichen zeitlichen und örtlichen Restriktionen.

Lernhandlungen	Reale Arbeitsumgebung (RA)	Virtuelle Arbeitsumgebung (VA)	Didaktische Konsequenzen
Reversibilität	selten ohne Folgen (Kosten, Zeit, Material) möglich	immer ohne Folgen möglich	Lernen aus Fehlern möglich
Kostenabhängigkeit	Lernhandlungen verursachen immer Kosten	geringer Nutzungs-, hoher Entwicklungsaufwand	je nach Teilnehmerzahl und Anwendungsfall
Zeitabhängigkeit	Arbeitsprozess und -system z. T. nur begrenzt verfügbar	Prinzipiell unbegrenzte Verfügbarkeit	Individualisierung u. Flexibilisierung von Lernzeiten und Lernorten
Ortsabhängigkeit	immer abhängig von Arbeitsumgebungen		

Abb. 7: Die Lernhandlungen in realen und virtuellen Arbeitsumgebungen im Vergleich.

Schließlich wird ein handlungs- und erfahrungsbezogenes Lernen in Repräsentationsformen von Technik, die eng an die berufliche Wirklichkeit angelehnt sind, gerade in unterrichtlichen Lernsituationen und damit insbesondere in den berufsbildenden Schulen mit Lernformen möglich, die in der Vergangenheit nur sehr eingeschränkt denkbar waren. Hinzu kommt noch ein weiterer Aspekt: Durch die Individualisierung von Lernzeiten und -orten bestehen wesentlich weiter gehende Möglichkeiten, auch in einem arbeitsprozessorientierten Lernkonzept auf die individuellen Rahmenbedingungen der Lernenden einzugehen als dies derzeit noch denkbar ist. Die hier aufgezeigten Potentiale verbessern nachhaltig die Möglichkeiten für eine effektive Kompetenzentwicklung.

2.4 Beispiele für interaktive VR-Arbeitssysteme

Inzwischen liegt eine Vielzahl von VR-Arbeitssystemen vor, die potentiell für Ausbildungszwecke nutzbar sind. An ausgewählten Beispielen soll dies illustriert werden.

Erstes Beispiel ist ein virtuelles Generatormodell (Abb. 8). Es ist gut zu erkennen, wie mit der Schaltung von Transparenzen die Einbaulage einzelner Systemelemente sichtbar gemacht werden kann. Entsprechende Untersuchungen bieten sich z. B. für die Montage- und Instandhaltungsausbildung an.

In dem Modell kann eine Verbindung deklarativer und prozeduraler Wissens Elemente geschaffen werden, mit deren Hilfe sich sowohl die Systemfunktion als auch die Systemstruktur sowie Demontage- und Montageprozeduren hervorragend darstellen lassen. Darüber hinaus sind entsprechende VR-Modelle auch für die unterrichtliche Einführung in Aufbau und Funktionsweise elektrischer Motoren und Generatoren sehr gut geeignet, vermitteln sie doch Einblicke in die behandelten Systeme, die ansonsten nur mit sehr aufwändigen Demontageaufgaben zu bewerkstelligen wären und durch technische Zeichnungen nur unzureichend zu ersetzen sind. Zudem besteht die grundsätzliche Möglichkeit, die Funktionsweise der einzelnen Systemelemente im Generatorbetrieb zu zeigen und hiermit deren funktionales Zusammenwirken anschaulich darzustellen.

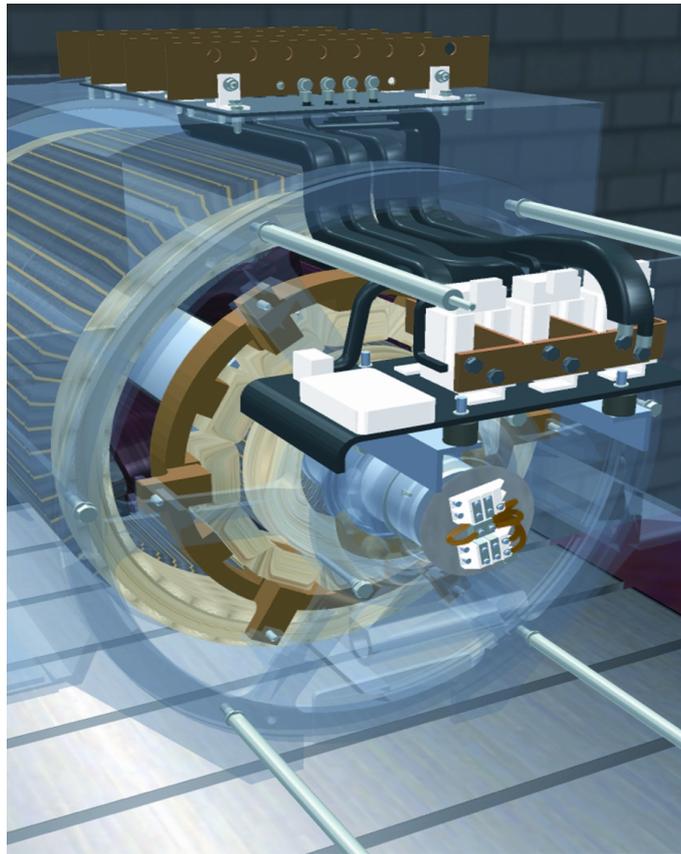


Abb. 8: Virtuelles Modell eines Generators (Bild: FRAUNHOFER IFF).

Das zweite Beispiel – ein virtueller Airbus A320 – wird bereits in der Instandhaltungsausbildung eingesetzt. In Abbildung 9 sind die hydraulischen Servoantriebe der Querruderanlage des Airbus dargestellt, für die als Ausbildungsaufgabe eine vollständige Demontageprozedur durchgeführt werden soll (vgl. auch Jenewein & Schulz, 2007). Dabei ist charakteristisch, dass der Lerner am VR-System direkt das vollständig abgelegte „Aircraft Maintenance Manual“ zuschalten kann, da alle Arbeiten auch am realen Flugzeug unter Berücksichtigung der hier festgelegten Prozeduren erfolgen müssen.

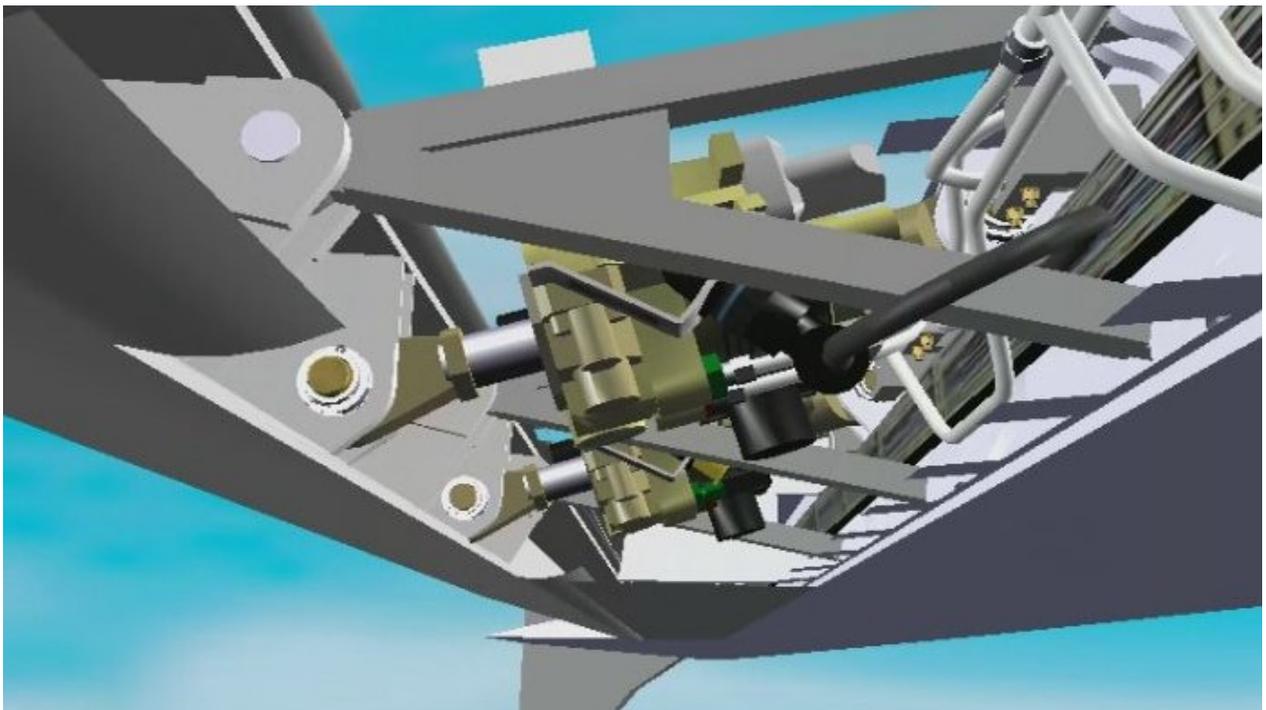


Abb. 9: Blick in die Querruderanlage des VR-Systems A320 (Bild: FRAUNHOFER IFF).

Das dritte Beispiel ermöglicht einen Einblick in die Instandhaltungsarbeiten im Heckbereich des A320 (Abb. 10). Es ist sehr schön zu sehen, wie die Einbaulage verschiedener Subsysteme dadurch erkundet wird, dass die jeweils nicht benötigte Systemumgebung transparent geschaltet ist. Dies ist eine Prozedur, die sich mit jedem Element des Flugzeugs durchführen lässt und es so ermöglicht, dass die Einbaulage und das Zusammenwirken einzelner Teilkomponenten am VR-System nachvollzogen werden können.

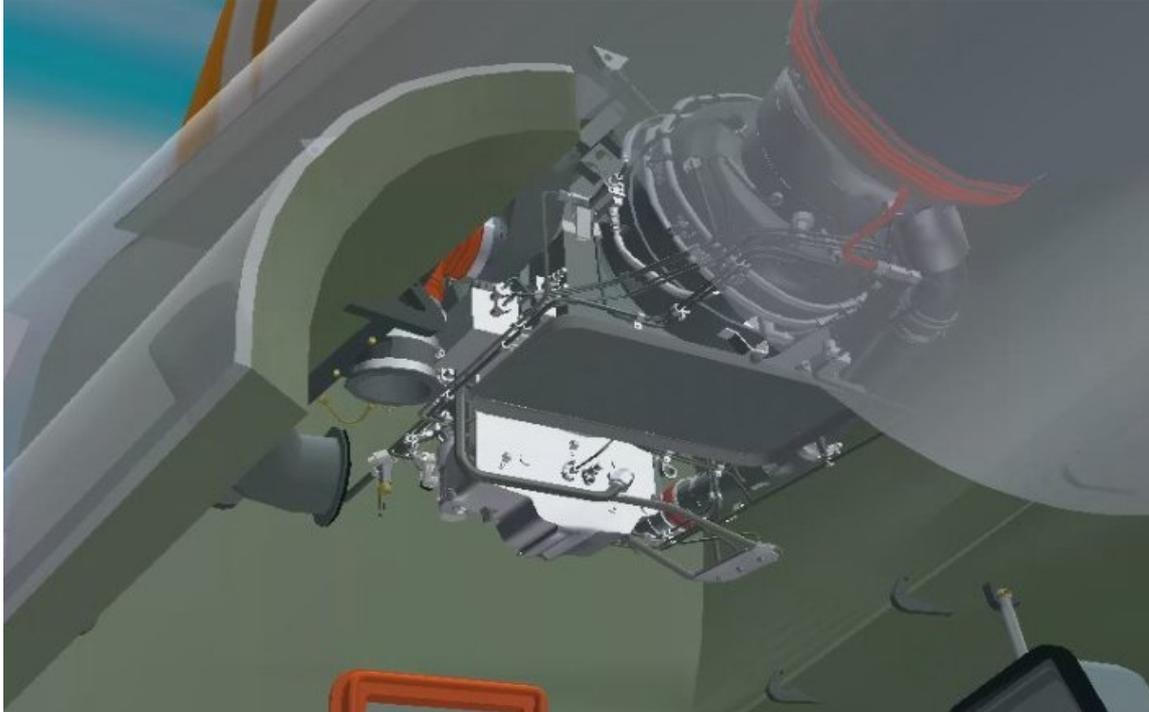


Abb. 10: Instandhaltungsarbeiten im Heck des VR-Systems A320 (Bild: FRAUNHOFER IFF).

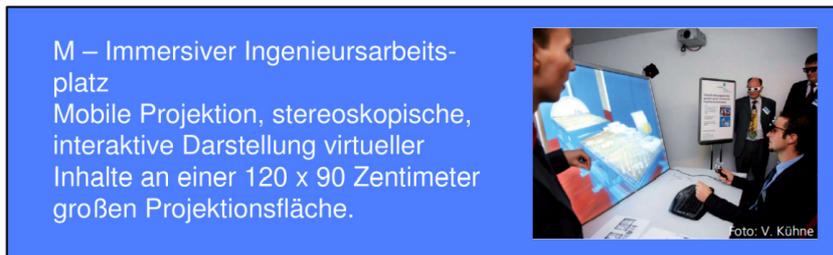
2.5 Aktuelle Fragen für eine auf VR-Umgebungen bezogene Lernforschung

Während bereits eine Vielzahl von virtuellen Systemen entwickelt wurde, die zur Gestaltung von Lernprozessen genutzt werden kann, existieren dennoch eine Reihe von Fragen, für die belastbare Antworten nur in Ansätzen vorliegen. Einerseits sind VR-Systeme heute auf handelsüblicher PC-Hardware einsetzbar, wonach davon ausgegangen werden kann, dass praktisch jede berufliche Bildungseinrichtung, die über eine marktübliche Notebook- oder PC-Ausstattung mit guter Grafikkarte verfügt, die erforderlichen Voraussetzungen für das Lernen mit virtuellen Arbeitssystemen erfüllt. Dennoch ergeben sich gerade hier hoch interessante Forschungsfragen.

Aus der Wahrnehmungsforschung ist bekannt, dass die Lernhaltigkeit einer virtuellen Umgebung umso intensiver ist, je mehr der Lerner in der Lage ist, in eine künstliche Welt „einzutauchen“ und sich damit selbst als Teil einer künstlichen Welt zu erleben. Ein solcher Sachverhalt wird mit dem Begriff „Immersion“ beschrieben. Aus Untersuchungen ist bekannt, dass dieser Prozess umso intensiver ist, je mehr Interaktionsmöglichkeiten zwischen dem Lernen und der virtuellen Welt bestehen. Ebenso ist bekannt, dass unterschiedliche Formen virtueller Räume die Wahrnehmung in erheblichem Umfang beeinflussen.

So gibt es mehrere Visualisierungsformen im Virtual Development and Training Centre Magdeburg (ein durch die Fraunhofer Gesellschaft eingerichtetes Entwicklungs- und Forschungszentrum für virtuelle Technologien – www.vdtdc.de), die heute für die Erforschung von VR-Systemen zur Verfügung stehen (vgl. Abb. 11). Während einerseits alle virtuellen Systeme mit einfachen Bildschirm/Beamer-

Projektionen eingesetzt werden können, existieren darüber hinaus inzwischen Visualisierungstechniken, mit denen in stereoskopischen Darstellungen ein räumlicher Eindruck von dreidimensional programmierten, virtuellen Szenarien hergestellt wird. Diese Technik liegt sowohl dem „immersiven Ingenieursarbeitsplatz“ als auch der so genannten „Cave“ (Cave Automatic Virtual Environment) zu Grunde, in der sich ein oder mehrere Personen in einem nach einer Seite offenen Raum aufhalten können und sich somit innerhalb einer virtuellen Szene bewegen, wobei ein Eintauchen in die virtuelle Szene durch eine stereoskopische Darstellung unterstützt wird.



XXL – Elbe Dom – 360°
Laserprojektionssystem
16 Meter Durchmesser,
6,5 Meter Höhe,
Trackingsystem mit 12
Kameras.



Abb. 11: Unterschiedliche Visualisierungsumgebungen für Virtual-Reality-Systeme (Fotos: FRAUNHOFER IFF).

In beiden Fällen wird eine dreidimensionale Wahrnehmung durch 3D-Brillen unterstützt, die mit Polarisationsfiltern ausgestattet sind. Diese Visualisierungsformen werden ergänzt durch ein Großprojektionssystem im so genannten „Elbe Dom“, in dem sich eine Gruppe von Lernenden sozusagen mitten in einem VR-Szenario aufhalten und mit dem System interagieren kann.

Während heute VR-Entwicklungen auf einfachen PC-Arbeitsplätzen und Beamer-Projektionssystemen problemlos eingesetzt werden können, ist weitgehend offen, in welchem Umfang hoch immersive VR-Umgebungen für die Gestaltung von Lernprozessen tatsächlich verbesserte Lernergebnisse erbringen. Darüber hinaus ist ebenfalls unklar, mit welchen Techniken eine intuitive Interaktion mit virtuellen Arbeitsumgebungen auch für Lerner möglich ist, die – und das ist in der heutigen Berufsbildung die Regel – keine Experten im Umgang mit IT-Systemen sind. Eines der aktuellen Forschungsprojekte befasst sich daher mit der Frage, inwieweit hoch immersive Lernumgebungen eine Wahrnehmung und Orientierung in komplexen virtuellen Arbeitssystemen erleichtern und welche Interaktionstechniken dabei für den „normalen“ Lerner geeignet sind (vgl. Hundt & Jenewein, 2009). Empirische Ergebnisse der experimentell angelegten Forschung werden hier im Laufe des Jahres 2010 vorliegen.

2.6 Schlussbemerkung und Ausblick

Zusammenfassend kann ausgesagt werden, dass unter Berücksichtigung des derzeitigen Standes der wissenschaftlichen Diskussion niemand davon ausgeht, virtuelle Systeme seien in der Lage, das Lernen

im realen Arbeitsprozess vollständig zu ersetzen. Allerdings wird durch den aktuellen Forschungsstand deutlich, dass sich das arbeitsprozessorientierte Lernen mit einer Ergänzung durch VR-basierte Lernformen über die in der heutigen Arbeitswelt üblichen umfangreichen Restriktionen hinwegsetzen kann und somit wesentliche Verbesserungen für die Gestaltung beruflicher Lehr- und Lernprozesse zu erwarten sind.

Virtuelle Realität wird das berufliche Lehren und Lernen in den kommenden Jahren erheblich verändern. Es muss es eine Zielsetzung der aktuellen technikdidaktischen Forschung sein, neue Methoden für den Einsatz von VR-Technologien in beruflichen Lernprozessen zu entwickeln und zu erproben. Gerade die berufsbildenden Schulen können mittels solcher Entwicklungen nachhaltige Unterstützung erfahren durch:

- die Nutzung von virtuellen Arbeitssystemen in vielen Bereichen der Technik, in denen reale Systeme nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung stehen,
- den Erwerb von Handlungserfahrungen mit interaktiven VR-Systemen, worin ein Schlüssel zur Verbindung von deklarativem und prozeduralem Wissen und zum Erwerb beruflichen Handlungswissens liegt – ein Prozess, der einerseits für den Erwerb beruflicher Handlungskompetenz unabdingbar ist, gleichzeitig aber in den berufsbildenden Schulen oftmals nur wenig effektiv hergestellt werden kann,
- eine neue Form der Medienunterstützung in den technischen Unterrichtsfächern, mit deren innovativen Handlungs- und Lernmöglichkeiten ein neuer Zugang zu beruflichen Arbeitsprozessen erschlossen werden kann.

3. Qualifizierung in der Instandhaltung von Hochspannungsbetriebsmitteln

Jürgen Beuting/Tina Haase/Wilhelm Termath

3.1 Ausgangslage

3.1.1 Anforderungen an die Qualifizierung von Fachkräften in der Instandhaltung

Die Instandhaltung von Hochspannungsbetriebsmitteln erfordert auf der Basis einer soliden Ausbildung in einem elektrotechnischen Beruf Fachkenntnisse der Gerätefunktionen, der Grunddaten und Grenzwerte sowie fundiertes Erfahrungswissen zur Beurteilung von Befunden der Zustandserfassung sowie zur Definition und Erklärung des Handlungsbedarfes. Neben dem fachgerechten Einsatz der Messgeräte und Spezialwerkzeuge, müssen die Messwerte ausgewertet und interpretiert werden. Nicht zuletzt ist der Allgemeinzustand der Geräte hinsichtlich der Betriebssicherheit zu beurteilen.

Die auf die jeweilige Spezifikation der Transformatoren und Schaltgeräte abgestellten Schulungskonzepte und Curricula sind auf die intensive Vermittlung der erforderlichen theoretischen Grundkenntnisse, der allgemeinen Grundkenntnisse der Gerätefunktionen, der Grunddaten, der Grenzwerte und Gefahren sowie der Detektion von Gerätefehlern ausgerichtet. In einem am jeweiligen Gerätetyp orientierten, abgestuften System von Schulungen im Umfang von insgesamt ca. 15 bis 25 Tagen werden in einem berufs begleitenden Zyklus von sechs bis zwölf Monaten diese Kenntnisse anhand von Präsentationen, Lehrfilmen, Anschauungsobjekten wie Mustern und Materialproben sowie praktischen Übungen an Modellen vermittelt. Über das umfassende Fachwissen hinaus erfordert die sichere Bearbeitung der Instandhaltungsaufgaben jedoch auch die Einübung von Arbeitsprozeduren und die selbstständige Lösung auftretender Probleme. Deshalb wird die Qualifizierungsphase durch eine intensive Anleitung der Mitarbeiter am Arbeitsplatz ergänzt. Damit wird deutlich, welcher hohe Stellenwert der fachpraktischen Seite der Weiterbildung zukommt, somal die Teilnahme am Schulungsprogramm eine mehrjährige Tätigkeit in der Instandhaltung voraussetzt.



Abb. 12: Leistungsschalter in der Darstellung der Virtual-Reality (Bild: FRAUNHOFER IFF).

Diese Praxisorientierung wird allerdings dadurch erschwert, dass es nicht möglich ist, die funktionalen Vorgänge in den Betriebsmitteln in der Realität zu beobachten. Deren Verständnis erfordert von den Fachkräften ein hohes Maß an technischem Wissen, Abstraktionsfähigkeit und Vorstellungsvermögen. Aufgrund der über Jahrzehnte währenden Betriebsdauer der Anlagen und der relativ langen Zyklen von Instandhaltung und Zustandserfassung zwischen 2 und 16 Jahren ist es von herausragender Bedeutung, das im Zuge der jahrelangen Arbeit an den Betriebsmitteln erworbene Erfahrungswissen der Fachkräfte für das Unternehmen zu erschließen und sowohl für nachrückende Mitarbeiter als auch für die Weiterentwicklung von Instandhaltungsanleitungen und Schulungsunterlagen nutzbar zu machen. Die Abbildung 12 verdeutlicht exemplarisch, wie die Funktionalität eines Hochspannungsleistungsschalters mit der Technologie der Virtual-Reality dargestellt werden kann. In der aktivierten Lernumgebung wird der Schaltvorgang von der Einschaltfeder im Antrieb über das Schaltgestänge im Grundgerüst bis hin zur Schaltkammer in der Polsäule nachvollzogen.

Diese begleitende, arbeitsplatznahe Qualifizierung ist an einen hohen Aufwand personeller und zeitlicher Ressourcen gebunden. Hinzu kommt, dass die im Einsatz befindlichen Betriebsmittel aus Sicherheitsgründen und aufgrund der Integration in überregionale bzw. internationale Strukturen der Energienetze kaum für Schulungszwecke genutzt werden können. Gleichsam erschwert die unabdingbare, strikte Beachtung aller einschlägigen Sicherheitsregeln ein realitäts- und arbeitsprozessnahes Üben.

3.1.2 Qualifikationen und Kompetenzen

Die skizzierten Rahmenbedingungen machen deutlich, dass die qualifikatorischen Anforderungen an die Fachkräfte weit über das im Curriculum verankerte technische Fachwissen hinausgehen. Das Verfügen über umfangreiches und interdisziplinäres Fachwissen ist eine Grundvoraussetzung für die Aufgabenbewältigung und muss laufend aktualisiert werden. Hinzu kommt jedoch die Notwendigkeit ökonomische, ökologische und juristische Aspekte einzubeziehen. Die Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams verweist auf Anforderungen wie Teamfähigkeit und Verantwortungsbewusstsein.

Wegen der besonderen Bedeutung der Kooperation über Disziplinen und Hierarchieebenen hinweg soll im Folgenden auf den Kompetenzbegriff eingegangen werden, weil damit die besonderen Anforderungsmerkmale der Instandhaltung präziser zu fassen sind. Die deutsche Kultusministerkonferenz hat Handreichungen für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Berufsschulen vorgelegt, die im Rahmen der Dualen Berufsausbildung für alle Lernorte einen verbindlichen Rahmen darstellt (vgl. Kap. 2.1).

In einer Studie zur Kompetenzentwicklung in Zeiten der Nutzung von modernen Kommunikationstechnologien, insbesondere den unter dem Schlagwort des Web 2.0 zusammengefassten vielfältigen Entwicklungslinien, werden in Auswertung einer Vielzahl von definitorischen Ansätzen Kompetenzen als „Dispositionen zur Selbstorganisation“ bezeichnet (Erpenbeck & Sauter, 2007). Damit sind die inneren Voraussetzungen zur Regulation einer Tätigkeit gemeint, wobei als selbst organisiert jedes Handeln in offenen Problem- und Entscheidungssituationen charakterisiert wird. Deutlich wird die Relevanz dieser Diskussion für die Definition eines Qualifikationsprofils in der Instandhaltung, wenn der Kompetenzbegriff von Merkmalen wie Fertigkeiten, Fähigkeiten, Wissen und Qualifikationen abgegrenzt wird. Der Erwerb von Fertigkeiten ist weniger von Begabung oder Talent abhängig, sondern vielmehr von der Übung bestimmter Tätigkeiten. Sie sind unmittelbar handlungszentriert, erfordern nur eine geringe Bewusstseinskontrolle und beschränken sich eher auf stereotypische berufliche Handlungsbereiche.

Mit Fähigkeiten werden psychische Bedingungen und lebensgeschichtlich erworbene Eigenschaften bezeichnet, die den Tätigkeits- und Handlungsvollzug steuern.

Als Qualifikationen werden Komplexe von Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten definiert, welche für die anforderungsorientierte Ausübung beruflicher Tätigkeiten erforderlich sind. Mit Hinweis auf eine Arbeit von Weinert (2003) belegen Erpenbeck & von Rosenstiel (2007) die Einbettung des Kompetenzansatzes in den Bereich der Selbstorganisation. Das Kompetenzkonzept soll angewandt werden:

- im Hinblick auf die erfolgreiche Bewältigung von Anforderungen, die komplexes, selbst organisiertes Handeln voraussetzen,
- wenn für die Bewältigung dieser Anforderungen sowohl kognitive, d. h. fachlich-methodische, motivationale (personale), volitionale (aktivitätsbezogene) als auch sozial-kommunikative (aktivitätsbezogene) Komponenten gehören,
- wenn der Komplexitätsgrad der Anforderungen so hoch ist, dass sie ohne selbst organisierte Handlungsstrategien nicht zu bewältigen sind,
- wenn Lernprozesse, insbesondere Formen des informellen und impliziten Lernens im Prozess der Arbeit zu den unabdingbaren Voraussetzungen der Aufgabenbewältigung gehören.

Häufig erfordert die Instandhaltung von Hochspannungsbetriebsmitteln von den technischen Fachkräften die verantwortliche Beurteilung von Betriebszuständen, Messdaten oder Fehlerbildern. Neben einer qualifizierten Analyse sind auch die richtigen Konsequenzen z. B. aus Fehler- und Schadensmeldungen oder Wartungsprotokollen zu ziehen. Die Mitarbeiter sind gefordert, situativ Entscheidungen zu treffen und entsprechende Ermessensspielräume wahrzunehmen. Für dieses verantwortliche, problemlösende Handeln ist über die fachlichen Wissensaspekte hinaus die handlungsleitende Verinnerlichung betrieblicher Werte, Normen und Regeln von herausragender Bedeutung (vgl. Abb. 13). Die Förderung von Kompetenz vollzieht sich in der beruflichen Handlungssituation, in der mehr oder weniger expliziten Reflexion von Erfahrung.

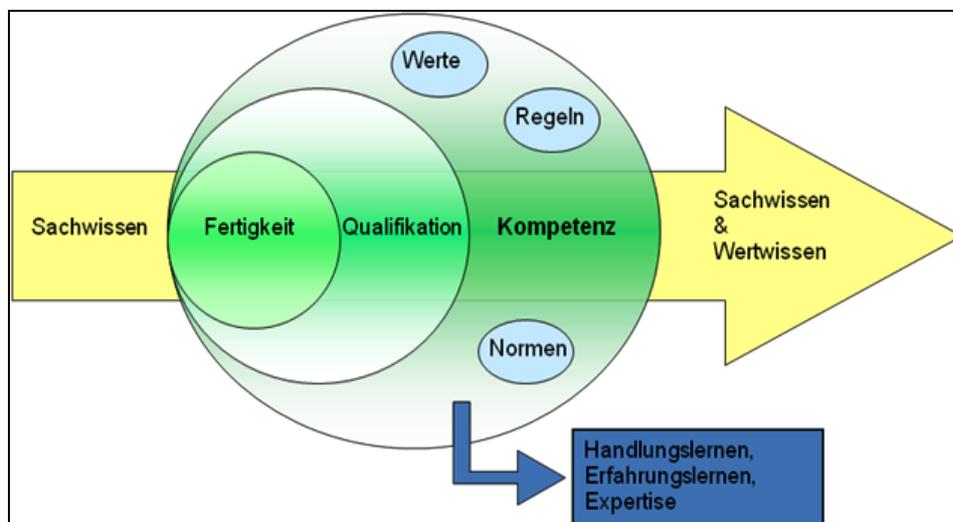


Abb. 13: Vom Wissen zur Kompetenz (aus Erpenbeck & Sauter, 2007).

Aus den genannten Sachverhalten ergeben sich Konsequenzen für die Aus- und Weiterbildung in der Instandhaltung. Das Handeln in beruflichen Instandhaltungssituationen erfordert seitens der Fachkraft sowohl geeignete Qualifikationen als auch Kompetenzen zur umfassenden und vollständigen Bearbeitung eines Auftrages.

Im Sinne der „Adaptive-Control-of-Thought“, kurz ACT*-Theorie von Anderson (1996), die auf einem informationstheoretischen Ansatz der Wissensrepräsentation und -verarbeitung beruht, ist die Aneignung

dieses auf den Arbeitsprozess bezogenen, prozeduralen Wissens in Ergänzung zum deklarativen Wissen über Fakten und Sachverhalte ein allmählicher Prozess, der in konkreten Handlungssituationen vermittelt wird (Fletcher, 2005, S. 155), wobei alle Prozesse auf elementare Prinzipien der Informationsverarbeitung zurückgeführt werden (vgl. Fletcher, 2004). Für die Gestaltung von Weiterbildungsmaßnahmen stellt sich damit die Aufgabe, auch in einer Lernsituation die überwiegend Seminarcharakter trägt, eine realitätsnahe Bearbeitung von Arbeitsprozessen zu ermöglichen.

3.2 Lösungsansatz: virtuell-interaktive Lernumgebungen

3.2.1 Interaktionskonzepte und Benutzeroberfläche

Der Erwerb handlungsorientierter Problemlösekompetenzen erfordert die Bewältigung realer Aufgabenstellungen. Im Zusammenhang mit der Bearbeitung von Instandhaltungsaufgaben stellt sich jedoch das oben skizzierte Problem der Verfügbarkeit von Betriebsmitteln. Zur Lösung dieses Problems hat sich das Technik Center Primärtechnik (TCP) der RWE Rhein-Ruhr entschieden, seinen Mitarbeitern und Schulungsteilnehmern die Bearbeitung realer Arbeitsaufgaben durch den Einsatz virtuell-interaktiver Modelle der Betriebsmittel zu ermöglichen.

Das zusammen mit dem TCP und weiteren Industriepartnern entwickelte interaktive Lernsystem wird sowohl von den Teilnehmern in der Aus- und Weiterbildung als auch von den Servicetechnikern innerhalb ihres Arbeitsprozesses genutzt und versteht sich daher zum einen als Lernsystem zum anderen als technische Infrastruktur für den Transfer von erfahrungsbasiertem Wissen. Diese Vielzahl möglicher Anwendungsszenarien und Anwender verlangt nach einer einfach zu nutzenden, selbsterklärenden Benutzeroberfläche sowie des Einsatzes intuitiv nutzbarer Interaktionstechniken. Für die Gestaltung der Benutzeroberfläche wurde folgender dreiteiliger Aufbau gewählt (vgl. Abb. 14):

- Navigations-Fenster,
- Informations-Fenster,
- 3-D-Fenster.

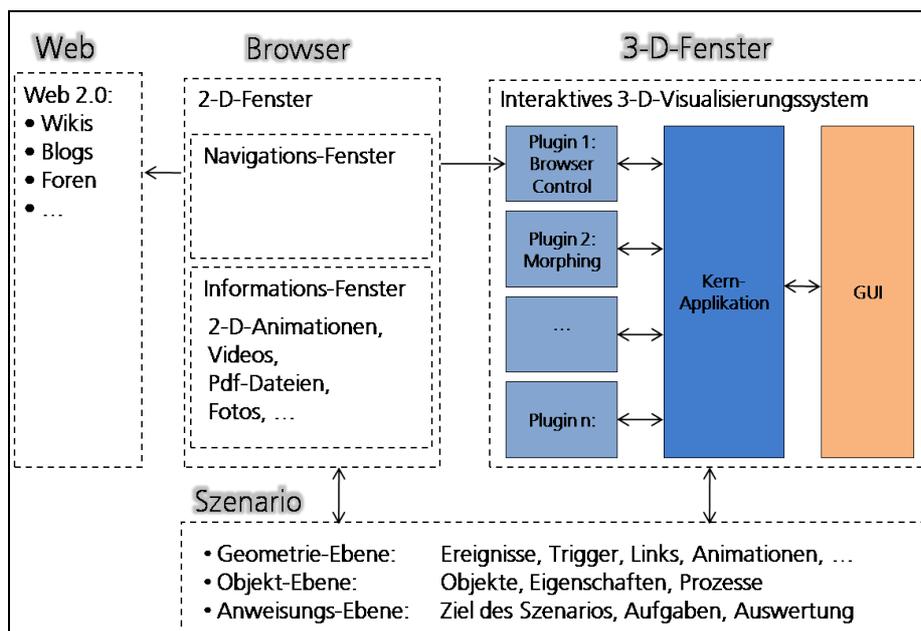


Abb. 14: Systemarchitektur der Benutzeroberfläche.

Die Anordnung dieser Fenster und deren Inhalte lässt sich entsprechend der gestellten Anforderungen flexibel gestalten. Der hier vorgestellte Aufbau hat sich in der praktischen Anwendung als sehr praktikabel erwiesen.

Navigations-Fenster

Das Navigations-Fenster ist in der linken oberen Ecke der Anwendung positioniert und beinhaltet das Inhaltsverzeichnis. Es ermöglicht den Zugriff auf alle im Szenario vorhandenen Funktionen. Die Inhalte des Navigationsfensters werden mit html und flash realisiert und ermöglichen so eine einfache Handhabung auch für Computer-Laien.

Informations-Fenster

Das Informations-Fenster ist in der linken unteren Ecke der Anwendung verortet. Es ist für die Anzeige ergänzender Informationen in Form von Dokumenten, Fotos, Videos oder 2-D-Animationen vorgesehen. Das Fenster kann entdockt werden und ermöglicht es, Inhalte im Vorbild anzusehen, was insbesondere beim Betrachten von pdf-Dokumenten sehr nützlich ist.

3-D-Fenster

Das 3-D-Fenster befindet sich auf der rechten Seite der Anwendung gegenüber dem Navigations- und Informations-Fenster. Es beinhaltet die 3-D-Visualisierung der Szene, in welcher der Nutzer interaktiv navigieren und interagieren kann. Um einen reibungslosen Informationsaustausch zwischen den Fenstern zu ermöglichen, wurde eine direkte Kommunikation zwischen allen Fenstern realisiert. Diese ermöglicht zum einen das Aktivieren von Aktionen in der 3-D-Szene aus einem der 2-D-Fenster heraus. Zum anderen können Informationen vom 3-D-Fenster an die 2-D-Fenster zurückgegeben werden. Dies kann z. B. für die Anzeige aktueller Werte und Zustände genutzt werden, welche auf durchgeführten Aktionen in 3-D basieren.

In Abbildung 15 wird die Struktur am Beispiel der Darstellung der Gasansammlung innerhalb eines Buchholzrelais verdeutlicht. Im Navigations-Fenster links oben werden die einzelnen Schritte der Lerneinheit angesteuert. Im Info-Fenster links unten wird in einer 2-D-Animation die Gasansammlung im Relais symbolisch dargestellt. Im 3-D-Fenster auf der rechten Seite wird der Gasfluss im teiltransparenten Relais mit den Auswirkungen auf die Schwimmer bis hin zur Kontaktauslösung gezeigt.

3.2.2 Orientierung am Modell der vollständigen Handlung

3.2.2.1 Analyse der Ausgangssituation

Mit dem Einsatz situationsbezogener Lernaufgaben sollen im Lehrgang vollständige berufstypische Aufgaben bearbeitet werden, was dem didaktischen Leitprinzip des Lernens durch die Bearbeitung vollständiger Handlungen entspricht.

Zunächst analysieren die Anwender die Ausgangssituation, indem sie Informationen beschaffen und die Arbeitsunterlagen sichten. In diesem Beispiel wurde die Checkliste des Herstellers zur Durchführung der Inbetriebnahme eines Betriebsmittels um eine Informationsspalte ergänzt (vgl. Abb. 16). Anhand unterschiedlicher Medien können die Teilnehmer zu jedem Arbeitsschritt ergänzende Informationen abrufen.

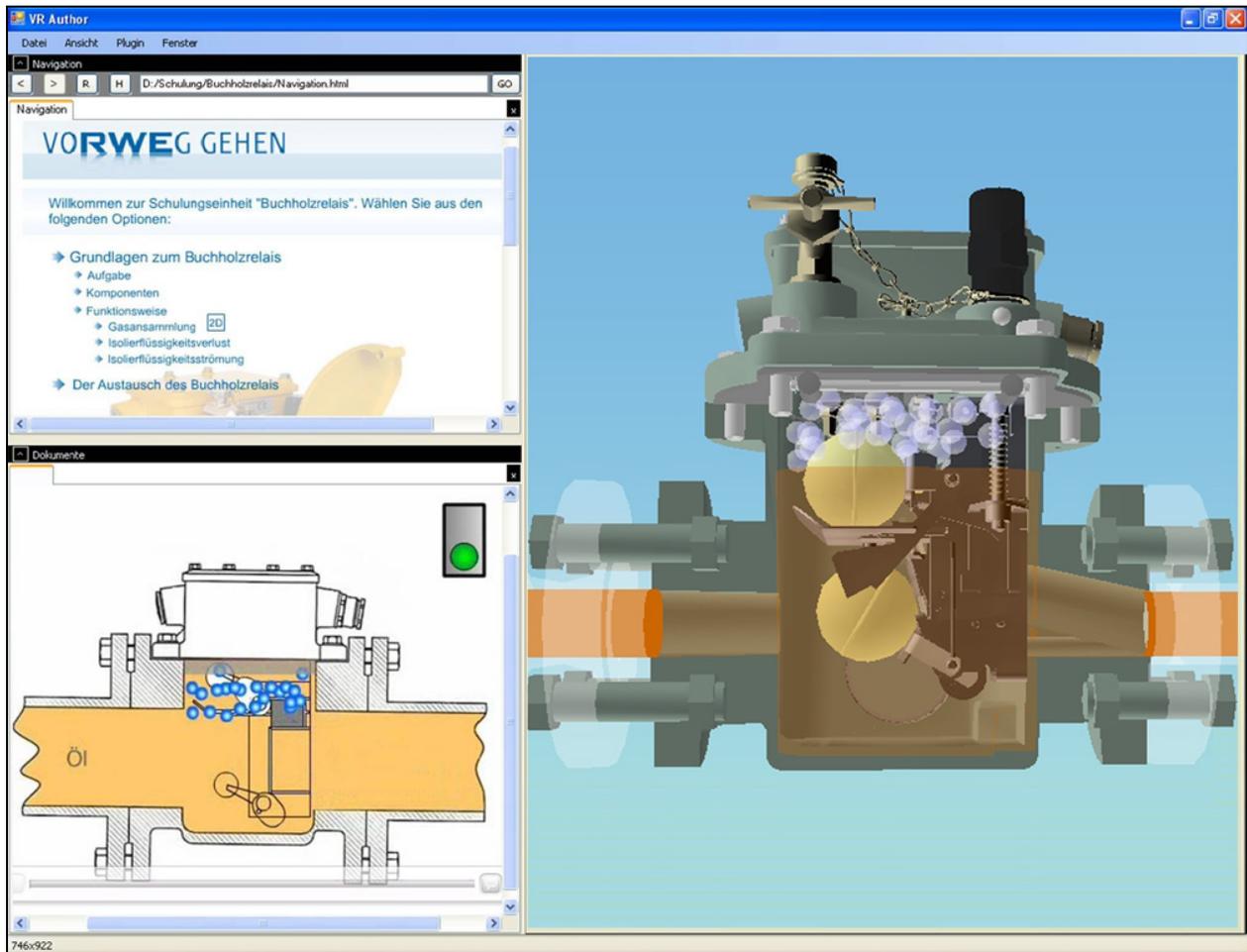


Abb. 15: Konkretisierung der Systemarchitektur am Beispiel eines Buchholzrelais (Bild: FRAUNHOFER IFF).

Checkliste zur Inbetriebnahme			
Leistungsschalterdaten			
Typ / Serien-Nr.:			
Kunde:			
Anlage:			
Inbetriebnahme			
Nr.	Auszuführende Arbeit	Info	
1	Sicherheitshinweise gründlich gelesen und verstanden		<input type="checkbox"/>
2	Sicherheitshinweise Umgang mit SF6 gründlich gelesen und verstanden	ⓘ	<input type="checkbox"/>
3	Dichtwächter elektrisch angeschlossen	ⓘ ⓘ SC	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Schaltpunkte des Dichtwächters überprüft	ⓘ ⓘ SC ?	<input type="checkbox"/>
5	Visuelle Prüfung der Polsäulen durchgeführt	ⓘ SC	<input type="checkbox"/>
6	SF6-Verrohrung an den Polsäulen angeschlossen	ⓘ ⓘ SC ?	<input type="checkbox"/>
7	SF6-Gas auf Nenndruck gemäß Leistungsschild aufgefüllt	ⓘ ⓘ ⓘ SC ?	<input type="checkbox"/>
8	Dichtstellen der SF6-Verrohrung mit SF6-Lecksuchgerät geprüft	ⓘ ⓘ SC	<input type="checkbox"/>
9	Widerstand der Antikondensationsheizung geprüft	ⓘ ⓘ	<input type="checkbox"/>
10	Versorgungs- und Steuerkabel angeschlossen	ⓘ ⓘ	<input type="checkbox"/>
11	Je 5 EIN- und AUS-Schaltungen ferngesteuert ausgeführt	ⓘ ⓘ ⓘ SC	<input type="checkbox"/>
12	Laufzeit des Aufzugsmotors gemessen	ⓘ ⓘ ⓘ SC	<input type="checkbox"/>
13	Übergangswiderstand gemessen (>100A DC)	ⓘ ⓘ ⓘ SC	<input type="checkbox"/>
14	Einschaltzeit [ms] geprüft	ⓘ ⓘ ⓘ SC	<input type="checkbox"/>
15	Ausschaltzeit [ms] geprüft	ⓘ ⓘ ⓘ SC	<input type="checkbox"/>
16	Handbetätigung EIN/AUS geprüft	ⓘ ⓘ ⓘ SC	<input type="checkbox"/>
17	Pumpverhinderung geprüft	ⓘ ⓘ ⓘ SC	<input type="checkbox"/>
18	Funktionssperre geprüft	ⓘ ⓘ ⓘ	<input type="checkbox"/>
19	Zählerstand des Schaltspielzählers protokollieren	ⓘ ⓘ ⓘ SC	<input type="checkbox"/>
20	Prüf- und Messmittel entfernt	ⓘ ⓘ ⓘ	<input type="checkbox"/>

Abb. 16: Checkliste zur Orientierung über die Arbeitsaufgabe.

3.2.2.2 Auswahl benötigter Werkzeuge, Materialien und Hilfsmittel

Der nächste Schritt der Arbeitsplanung dient der Auswahl aller für den Arbeitsauftrag benötigten Werkzeuge, Materialien und Hilfsmittel, wobei für die ausgewählten Utensilien zusätzlich die benötigte Anzahl vermerkt werden muss (vgl. Abb. 17). Bereits dieser Schritt erfordert vom Lernenden sich intensiv mit der gestellten Aufgabe auseinandersetzen und hinsichtlich der erforderlichen Werkzeuge und Hilfsmittel Entscheidungen zu treffen. Im ersten Durchgang vergessene Werkzeuge stehen bei der späteren in der Arbeitsplanung bzw. -durchführung nicht zur Verfügung oder müssen nachgeordert werden.

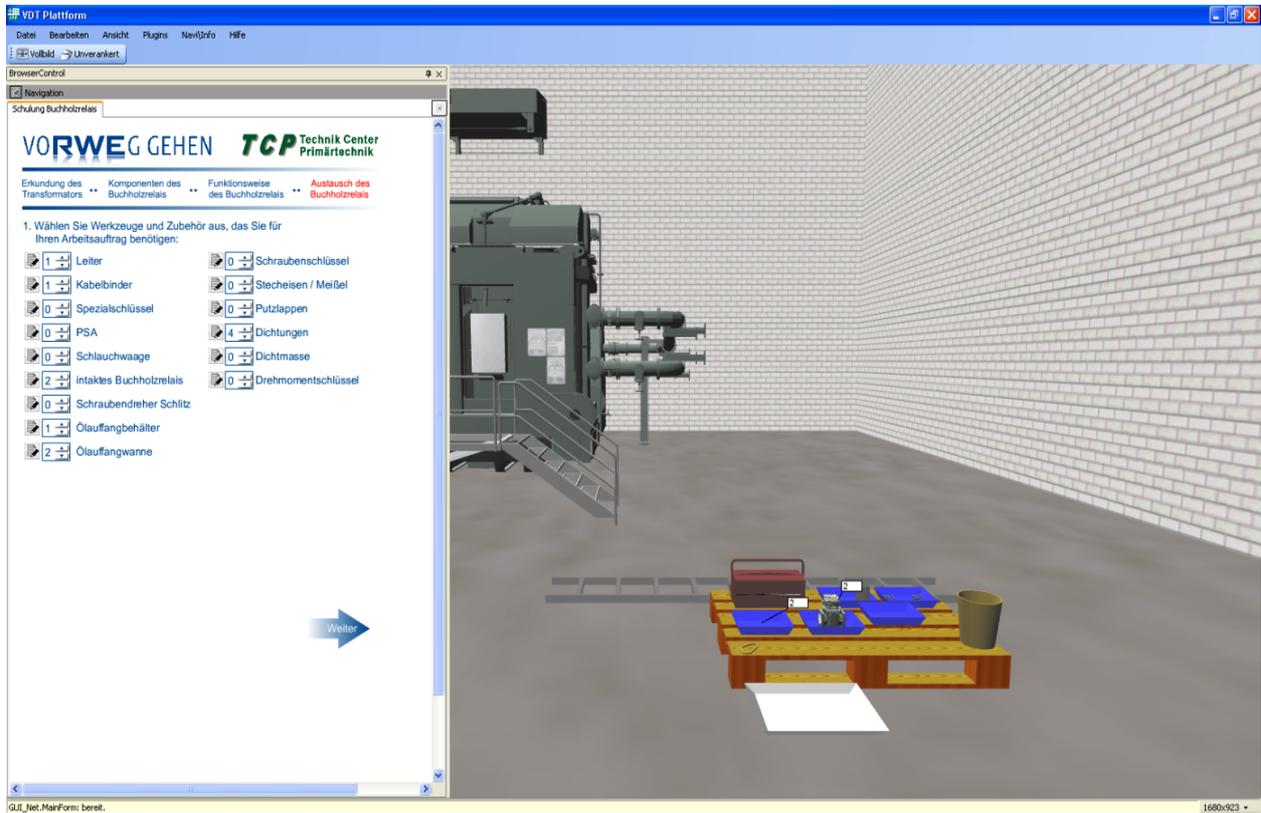


Abb. 17: Werkzeugauswahl für den Austausch des Buchholzrelais am Großtransformator (Bild: FRAUNHOFER IFF).

3.2.2.3 Auswahl und Benennung notwendiger Arbeitsschritte

Ausgehend von einer Visualisierung der Best-Practice-Lösung des Arbeitsprozesses kann der Lernende verschiedene Arbeitsschritte als 3-D-Animation anschauen. Diese Arbeitsschritte sind nicht benannt, wonach auch falsche Arbeitsschritte integriert werden können (vgl. Abb. 18).

Die Aufgabe des Lernenden ist es, für jeden gesehenen Schritt zu entscheiden, ob dieser ein Teilschritt des zu planenden Arbeitsprozesses ist oder ob es sich um einen falschen Arbeitsschritt handelt. Anschließend müssen sowohl der richtige als auch der falsche Arbeitsschritt benannt werden, wobei die Eingabe im offenen Antwortformat erfolgt. Anhand der vergebenen Bezeichnung können die Arbeitsschritte später in einer Reihenfolge sortiert werden. Im Ergebnis dieser Teilaufgabe hat der Lernende eine Menge von Teilschritten identifiziert, die für den durchzuführenden Arbeitsprozess notwendig sind.

3.2.2.4 Bestimmen der Reihenfolge der ausgewählten Arbeitsschritte

Die zuvor ausgewählten Arbeitsschritte müssen nun in die richtige Reihenfolge gebracht werden. Der Nutzer bekommt die Schritte in Form von Textbausteinen präsentiert, die er nun per Drag & Drop in die richtige Reihenfolge sortieren muss (Abb. 19).

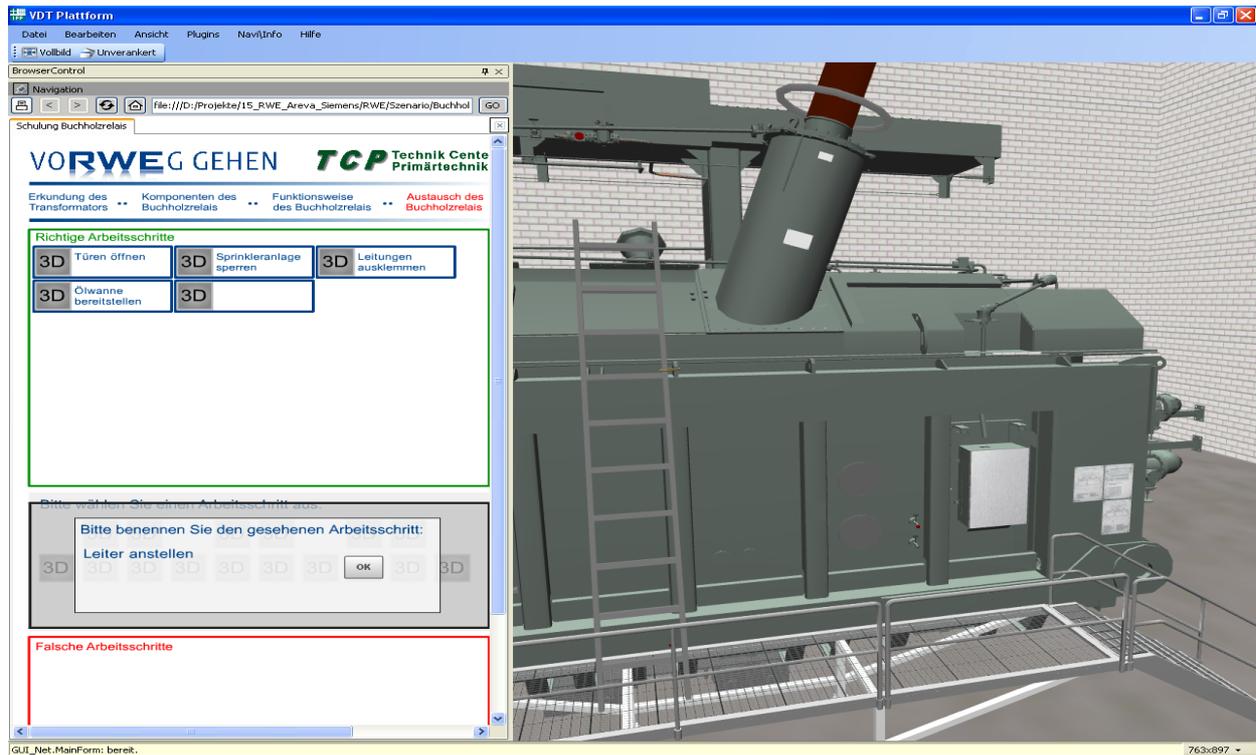


Abb. 18: Benennen der Arbeitsschritte für den Austausch des Buchholzrelais am Großtransformator (Bild: FRAUNHOFER IFF).

3.2.2.5 Durchführen des geplanten Arbeitsablaufes

In Form eines geführten Modus kann der geplante Arbeitsablauf nun selbstständig durchgeführt werden. Der Nutzer bekommt die von ihm gewählte Schrittbezeichnung bei jedem Arbeitsschritt eingeblendet und muss den Schritt mit Hilfe einfacher Interaktionen (Doppelklick auf benötigte Bauteile und Hilfsmittel) selbst durchführen. Wurden Werkzeuge nicht ausgewählt, stehen diese für den durchzuführenden Arbeitsschritt auch nicht zur Verfügung. Sind Arbeitsschritte nur dann durchführbar, wenn zuvor bereits andere Schritte getätigt wurden, dann wird das System diese Abhängigkeit erkennen und dem Nutzer ggf. eine entsprechende Rückmeldung geben. Daraufhin kann der Nutzer zu den vorherigen Teilaufgaben zurückkehren, dort seine Eingaben korrigieren und den Arbeitsprozess erneut durchführen.

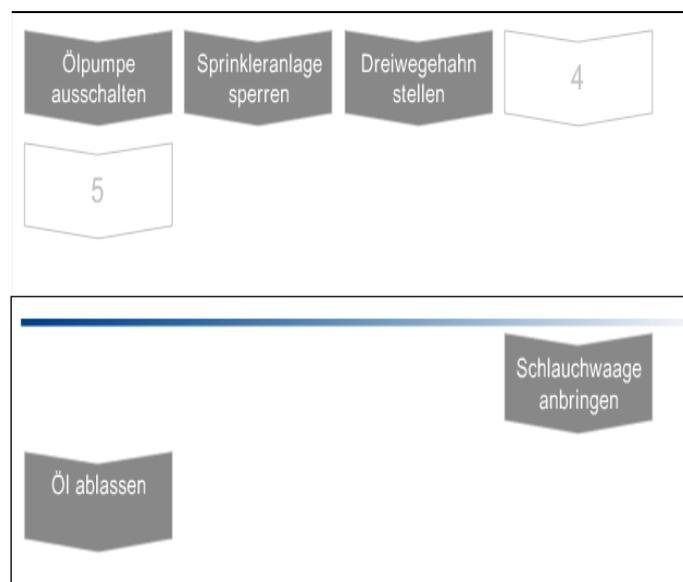


Abb. 19: Bestimmen der Reihenfolge der Arbeitsschritte für die Vorbereitung des Buchholzaustausches.

3.2.3 Lernerfolgskontrolle

Um den eigenen Lernerfolg bewerten zu können, werden ebenso Methoden der Selbstlernkontrolle eingesetzt. Sie geben dem Lernenden eine unmittelbare Rückmeldung zu seiner erbrachten Leistung. Innerhalb der beschriebenen Anwendung werden diese Tests vom Autor der Lernaufgaben erstellt. Bei den Verfahren der Selbstlernkontrolle wird zwischen offenen und geschlossenen Antwortformaten unterschieden (vgl. Abb. 20).



Abb. 20: Antwortformate für die rechnergestützte Lernerfolgskontrolle.

Für die Nutzung in computer-basierten Systemen sind geschlossene Antwortformate wie beispielsweise Multiple-Choice Tests, drag&drop-Aufgaben und Zuordnungsaufgaben am besten geeignet, weil diese selbstständig und unmittelbar vom Rechner ausgewertet werden können. Innerhalb der realisierten Lernumgebung werden derzeit die folgenden geschlossenen Antwortformate angeboten:

- Multiple-Choice Test: ein klassischer Multiple-Choice Test mit mindestens einer richtigen Antwort
- drag&drop-Aufgabe: Der Nutzer muss per Drag & Drop zusammengehörende Paare zuordnen. Solche Paare können z. B. Bauteile und deren Benennung sein
- Zuordnungs-Aufgabe: Der Nutzer hat die Aufgabe Textfelder, Bilder o. ä. in eine geforderte Reihenfolge zu bringen.

Für die Nutzung in Präsenz-Schulungseinheiten haben sich freie Antwortformate ebenfalls als nützlich erwiesen, weil sie das Erarbeiten und Formulieren eigener Lösungen fördern. Dies erfordert jedoch ein manuelles Abgleichen der Lösungen, um den Lernenden eine Rückmeldung geben zu können. Für den Einsatz der Anwendung als Selbstlernsystem sind diese Formen der Selbstlernkontrolle daher nur bedingt geeignet.

Abschließend wird die Bearbeitung der Lernaufgabe reflektiert z. B. in Bezug auf die Alternativen hinsichtlich der Reihenfolge der Arbeitsschritte, der Durchführung der Teilaufgaben oder der Alternativen in der Auswahl der Werkzeuge. Die erarbeitete Lösung wird hierzu mit der im Präsentationsmodus hinterlegten Vorgehensweise verglichen. Dabei kommt es immer wieder zu wertvollen Anregungen von erfahrenen Mitarbeitern zur Fortentwicklung der gezeigten Musterlösung.

3.3 Bisher vorliegende Einsatzerfahrungen in der betrieblichen Weiterbildung

Die dargestellten Lernumgebungen werden derzeit in Qualifizierungsmaßnahmen für Fachkräfte im Bereich der Montage und Instandhaltung von Hochspannungsbetriebsmitteln eingesetzt, die mindestens eine elektrotechnische Ausbildung abgeschlossen haben und teilweise auf eine mehrjährige Berufserfahrung verweisen können.

Erste Rückmeldungen der Seminarteilnehmer sind überwiegend positiv. Sowohl der funktionale Aufbau als auch die Handhabung des Szenarios werden als sinnvoll und geeignet wahrgenommen. Der Lernerfolg im Sinne des besseren Verständnisses der Betriebsmittelfunktionen sowie die Vorbereitung auf die Bearbeitung der Montageprozesse werden in der direkten Befragung zum Abschluss der Seminareinheit als wesentlich größer eingeschätzt im Vergleich zum Einsatz herkömmlicher Medien.

3.4 Schlussbemerkung und Ausblick

Das hier vorgestellte 3-D-Lernsystem wird im industriellen Einsatz sowohl als Wissensbasis als auch als Schulungsmedium genutzt. Als Wissensbasis hält es für den Nutzer die Visualisierung von Best-Practice-Lösungen in Form eines Präsentationsmodus bereit. Im Kontext von Seminaren und Schulungen kann der Nutzer das System interaktiv für die Erarbeitung und Durchführung von Arbeitsaufträgen nutzen. Hier ermöglichen der geführte und der freie Modus das Lernen durch eigenes Handeln sowie das Lernen aus Fehlern (vgl. auch Kap. 2.2).

Weitere Arbeiten werden sich verstärkt mit der Evaluierung der eingesetzten Lösungen beschäftigen, um sowohl quantitative als auch qualitative Aussagen zu deren Potential machen zu können. Demnach lassen sich die Vorteile des Lernens mit VR-Technologien auch und insbesondere für die Instandhaltung von Hochspannungsbetriebsmitteln bestimmen.

- Mit der didaktischen Reduktion können komplexe Arbeitssysteme entsprechend den individuellen Voraussetzungen sowie dem Lern- und Erkenntnisfortschritt sukzessive ausdifferenziert werden.
- Während die im Bereich von Millisekunden ablaufenden Schaltvorgänge in Schaltgeräten mit dem Instrument der Zeitstreckung anschaulich dargestellt werden, können die Veränderungen in der Ölfüllung eines Großtransformators bis zur Auslösung des Buchholzrelais mit dem Zeitraffer von Wochen, Monaten oder Jahren auf wenige Minuten konzentriert werden.
- Die Reversibilität von Lernhandlungen, d. h. insbesondere das Lernen aus Fehlern, ist gefahrlos möglich.
- Zur Vorbereitung auf einen konkreten Arbeitsauftrag kann der Lerner individuell, zeit- und ortsunabhängig den entsprechenden Arbeitsprozess im virtuellen System durcharbeiten.

Das Technik Center Primärtechnik beabsichtigt, die Potentiale der VR-Technologie für die Weiterbildung weiter auszuschöpfen. Zusammen mit den Herstellern der Betriebsmittel und deren Zulieferern werden die Lernumgebungen im Sinne einer Entwicklungspartnerschaft weiterentwickelt. Aus der Gesamtheit der Instandhaltungsprozesse werden dazu Lernaufgaben abgeleitet und als Qualifizierungseinheiten ausgestaltet. Das Erfahrungswissen der langjährig beschäftigten Monteure bildet dabei eine wesentliche Quelle des prozeduralen Wissens und der beruflichen Handlungskompetenz.

4. Maschinenrichtlinie für die Verbesserung der Produkt- und Betriebssicherheit

Thekla Faber/Torsten Schulz

4.1 Anliegen der Konzeption: Ausgangssituation und methodischer Ansatz

Die Hersteller von Maschinen sind im Rahmen des europäischen Marktes hinsichtlich der Arbeitssicherheit, Ergonomie und Gesundheitsgefährdung verpflichtet, die jeweils geltenden EU-Richtlinien und Normen einzuhalten (Richtlinie 2001/95/EG, 2002), was vielen Herstellern von Maschinen noch immer Schwierigkeiten bereitet (Lange & Szymanski, 2005).

Unternehmen, insbesondere kleinen und mittelständigen Betrieben, fehlen z. T. Organisationsstrukturen, aber auch ein geeignetes Medium zur realitätsnahen Darstellung der Maschinen und Anlagen, die als Grundlage zur Kommunikation aller Beteiligten dient, um Transparenz für die Erfordernisse des präventiven Arbeitsschutzes zu schaffen. Grundgedanke ist es, mittels virtuell-interaktiver 3-D-Maschinenmodelle und der Entwicklung von Wissens- und Übungsmodulen eine Kommunikationsplattform zu schaffen, die es allen Beteiligten ermöglicht, die Ansprüche eines präventiven Arbeits- und Gesundheitsschutzes bei der Entwicklung und Nutzung von Maschinen und Anlagen umzusetzen. Durch die Möglichkeit kritische Betriebszustände zu simulieren und visualisieren, können Schulungen des Bedien- und Wartungspersonals durchgeführt werden. Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes „imma“ (Lange, Schulz & Termath, 2007) werden für exemplarische Fälle von Hersteller- bzw. Anwenderprozessen interaktive 3-D-Modelle der Maschinen realisiert, Vorgehensweisen entworfen und Lernsituationen didaktisch gestaltet. Diese können dann teilweise standardisiert auf andere Maschinen und Anlagen übertragen werden.

Gemeinsam mit den am Projekt partizipierenden Industriepartnern wurden spezifische Maschinen und Prozesse ausgewählt, für die entsprechende Anforderungen ermittelt werden sollten. Ausgehend von der Betrachtung der einzelnen Lebensphasen von Maschinen und Anlagen können systematisch Ansatzpunkte für Qualifizierungsinhalte identifiziert werden. Nach Abschluss des Konstruktionsprozesses ist die Funktionsweise einer Maschine bekannt. Daran anschließend könnten bereits im Vorfeld der Realisierung durch entsprechend aufbereitete virtuelle 3-D-Szenarien wesentliche Prozesse des Maschinenbetriebs simuliert und das verantwortliche Personal qualifiziert werden. Dazu gehört beispielsweise die gesamte Bedienung der Maschine oder Anlage im Normalbetrieb einschließlich aller Steuerungsprozesse und Bedienungsabläufe in den einzelnen Betriebsarten (Automatikbetrieb, Teilautomatikbetrieb, manuelle Bedienung) für die Maschinenbediener. Weiterhin kann sowohl das Einrichten und Rüsten bei Werkstück- oder Werkzeugwechsel für Einrichter und Bedienungspersonal als auch zyklisch wiederkehrende Instandhaltungs- und Reinigungsvorgänge für das jeweils zuständige Instandhaltungs-, Bedienungs- oder Reinigungspersonal lernspezifisch aufbereitet werden. Auch die Einbettung in nahezu reale situative Kontexte z. B. die Aufgabenstellung für Instandhaltungspersonal zur Suche nach Fehlern und Störungen im Betriebsablauf und die entsprechende Beseitigung sind in solchen 3-D-Qualifizierungsszenarien möglich. Die virtuelle Realität in Verbindung mit dem aktiven selbstgesteuerten Handeln, fördern zum einen die intrinsische Motivation der Lernenden und ermöglichen zum anderen das Lernen aus Fehlern – ohne reale Konsequenzen oder Gefahren - sowie die Selbsterfahrung aus der Ich-Perspektive.

Über alle Lebensphasen hinweg sollen die Qualifizierungsszenarien zur Arbeitssicherheit verbunden mit dem Aufzeigen möglicher Gefahren, Restrisiken und Schadstoffbelastungen genutzt werden. Hier können Risiken und deren Auswirkungen anschaulich dargestellt werden, die in der Realität immer mit physischen Gefahren für die Person und/oder Beschädigungen von Maschinen sowie Bauteilen verbunden sind.

Lernende sollen über den gewählten Ansatz Bedienungs-, Wartungs- oder Instandsetzungsprozesse an Maschinen nachhaltig verinnerlichen. Korrekte, sichere und arbeitsschutzgerechte Bedienung zählen in diesem Zusammenhang zu den erklärten Lernzielen. Für die Qualifizierung im Arbeitsschutz soll es beispielsweise einen Demonstrationsmodus geben, der den Bedienern und dem Wartungspersonal die Restrisiken darstellt. Da auch die unsachgemäße Bedienung von Maschinen (z. B. die Überbrückung von Sicherheitseinrichtungen) weiterhin ein Problem darstellt, werden die Gefahren dieser riskanten Arbeitsweise im Demonstrationsmodus veranschaulicht.

4.2 Wissenschaftlicher Hintergrund

4.2.1 Grundlagen und Rahmenbedingungen

Um eine geeignete Qualifizierungsmaßnahme speziell für das Medium Virtual-Reality (VR) aufzustellen, ist es unerlässlich, sich mit wissenschaftlichen Grundlagen wie z. B. verschiedenen kognitiven Lerntheorien, methodischen Ansätzen zur Wissensvermittlung, Grundlagen und Rahmenbedingungen von Weiterbildungen auseinanderzusetzen und auch die speziellen Voraussetzungen beim Lernen in VR zu untersuchen. Darauf fußend kann eine Gesamtkonzeption erstellt werden, die für exemplarische Fälle ausgestaltet wird (vgl. Abb. 21).

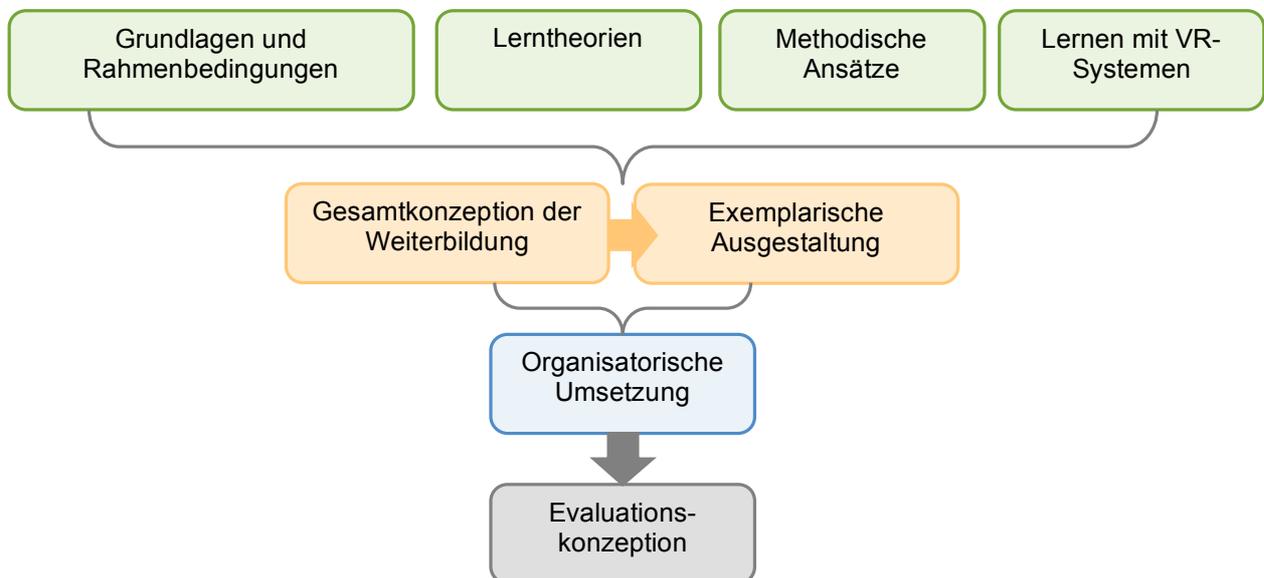


Abb. 21: Methodische Herangehensweise zur Erstellung der Weiterbildungskonzeption.

Zur Planungsphase der Lernsequenzen gehört eine ausführliche Analyse der Rahmenbedingungen, der Ressourcen oder des Umfeldes. Unter den Rahmenbedingungen sind beispielsweise die Unterrichtszeit (Dauer, Beginn und Ende), die Räumlichkeiten, die Anzahl der Teilnehmenden, die vorhandenen Medien und Materialien, die Zusammensetzung der Lerngruppe (Homogenität oder Heterogenität) sowie das vorhandene Budget zu verstehen. Für stark heterogene Gruppen sollten das Angebot und der Zuschnitt der Lernsituationen entsprechend den Voraussetzungen angepasst werden.

Die Schulungsteilnehmer stammen aus dem Bedien- und Instandhaltungspersonal der entsprechenden Firma mit dem Schulungsbedarf. Zumeist handelt es sich um Facharbeiter aus dem Bereich der metallbearbeitenden Industrie, die ein technisches Verständnis zum Einarbeiten in die jeweiligen Anlagendokumentationen, allgemeine Kenntnisse über Arbeitsschutz- und Sicherheitsvorschriften, Grundkenntnisse über mechatronische Systeme sowie Kontroll- und Sicherheitssysteme an Maschinen und Grundlagenwissen über EDV-Anlagen mitbringen.

4.2.2 Lerntheorien

In Anlehnung an das Konzept des Konstruktivismus, die kognitiven Theorien zum Lernen und Problemlösen sowie Theorien zum multimedialen Lernen können Aussagen über methodische Ansätze abgeleitet und letztlich eine Auswahl relevanter Ansätze getroffen werden.

Der Konstruktivismus versteht das Lernen als konstruktiven Prozess, der sich durch eine sinnvolle Anbindung von neuem an bestehendes Wissen auszeichnet. Wissen wird somit in einem Erkenntnisprozess entwickelt und durch den Lernenden dynamisch generiert, wonach mehrere Handlungs- und Denkweisen möglich sind (Meixner & Müller 2004, S. 10 f.).

Der Kognitionspsychologie folgend bestimmen qualitative und quantitative Aspekte die Wahrnehmung. Quantitative Aspekte bedingen den Umfang, der als Information aufgenommen wird, beispielsweise durch die Sinnesorgane und deren Grenzen. Gleichsam wird die Wahrnehmung durch qualitative Aspekte determiniert, wie z. B. die Gestaltgesetze und Mustererkennungsprozesse oder Vorerfahrungen.

Die ACT*-Theorie ist eine der bekanntesten und differenziertesten Modellvorstellungen, die kognitive Leistungen wie Denken, Lernen, Behalten, Sprache, Problemlösen, Vergessen und Gedächtnis erklärt (vgl. Kap. 2.1.2).

Nach Anderson (2001) erfolgt das Lernen auf der Grundlage von zwei unterschiedlichen Wissensstrukturen dem deklarativen und prozeduralen Wissen, die als voneinander abgrenzbare Teilstrukturen betrachtet werden. Der Speicherort des deklarativen Wissens befindet sich während des aktiven Zustands im Kurzzeitgedächtnis, während des inaktiven Zustands hingegen im Langzeitgedächtnis. Die Wissensseinheiten des deklarativen Wissens sind konzeptuell verbunden und organisiert, wodurch Informationen über Kategoriebildungen und Abstraktionen im Gedächtnis verankert werden, was auch als semantisches Netzwerk bezeichnet wird.

Problemlöseverhalten wird durch das wiederholte Lösen von Problemen gelernt, wobei der Erwerb von Faktenwissen zum jeweiligen Thema Voraussetzung ist. Dies ist ein sehr langsamer Vorgang, da der Lernende im Prozess der deklarativen Enkodierung das neue Wissen mit dem bereits vorhandenen Wissen abgleichen muss, was das Arbeitsgedächtnis stark beansprucht. Erst nach der Verinnerlichung, Erprobung und Verifizierung des Wissens verbessert sich die Problemlösefähigkeit durch den Aufbau neuer Prozeduren, die direkt abrufbar sind. Das Expertenwissen und die Entwicklung einer hohen Problemlösefähigkeit entstehen später durch die Optimierung der Prozeduren.

Die kognitive Theorie multimedialen Lernens (CTML-Theorie) betrachtet neben vorrangig quantitativen Aspekten des multimedialen Lernens, ergo den Einfluss der Sinnesorgane und -kanäle auf die Informationsaufnahme und -verarbeitung auch die verwendeten Medien (Mayer, 2005). Das Arbeitsgedächtnis verfügt über eine begrenzte Aufnahmekapazität und kann nur sieben (plus minus zwei) Informationseinheiten parallel verarbeiten, wobei zwei bis vier Informationseinheiten gleichzeitig gegeneinander abgewogen oder miteinander kombiniert werden können (Niegemann, Domagk, Hessel, Hein, Hupfer, &

Zobel, 2008, S. 43). Wenn zu viele neue Informationen angeboten werden, die gleichzeitig verarbeitet werden müssen, kommt es zu einer kognitiven Überlastung des Arbeitsspeichers (overload), sodass zunächst keine weiteren Informationen verarbeitet werden können. Informationen, Erfahrungen und Wissenszusammenhänge werden über die Bildung von Schemata sinnvoll miteinander verknüpft und im Langzeitgedächtnis abgelegt.

Zusammenfassend lässt sich zeigen, dass Lernen und Problemlösen immer mit der Ausübung von Handlungen verbunden sind. Nur durch wiederholtes Üben und aktives Handeln kann Wissen aufgebaut werden. Die Darbietung von Aufgaben wird von der Art der Informationsverarbeitung und der limitierten Aufnahmekapazität des Gehirns bestimmt.

4.2.3 Methodische Ansätze

Für die Erstellung des Gesamtkonzeptes der Qualifizierung wurden die Konzepte bzw. Ansätze des Blended Learning, Situated Learning, des Handlungsorientierten Unterrichts und des Problemorientierten Lernens (POL) kombiniert, um mit dem Einsatz des Mediums Virtual-Reality zu nachhaltigen Lernerfolgen zu gelangen.

Situated Learning ist ein anwendungsbezogenes, lebensweltlich orientiertes und selbstgesteuertes Lernen, welches die aktive Beteiligung der Lernenden impliziert (vgl. Kap. 2.1).

Blended Learning (Baumbach, Kornmayer, Volkmer, & Winter, 2004) vereint verschiedene pädagogische Ansätze und Konzepte des Konstruktivismus und Kognitivismus und verknüpft systematisches, situatives und simulatives Lernen im Lernlabor. Es ist ein Lehr-/Lernkonzept, das Präsenzveranstaltungen und virtuelles Lernen auf Basis neuer Informations- und Kommunikationsmedien didaktisch sinnvoll kombiniert. Blended-Learning-Veranstaltungen sind geprägt von selbstständigen Lernaktivitäten. Dies trifft nicht nur auf die E-Learning-Lehr- und Lernaktivitäten, sondern - in Abhängigkeit des methodischen Vorgehens - auch in den Präsenzveranstaltungen zu. In den E-Learning-Phasen führen die Schulungsteilnehmer beispielsweise die Planung für den Lernvorgang, die Kontrolle des Lernfortschrittes und die Informationsbeschaffung zur Problemlösung selbstständig durch.

Als Grundlage für das Planungskonzept dienen die einzelnen Reflexionsstufen zur didaktischen Analyse (Bader & Schäfer, 1998) des handlungsorientierten Unterrichts. Um den Lernstoff entsprechend zu strukturieren, bilden die praktischen Tätigkeiten des jeweiligen Fertigungsprozesses den Ausgangspunkt.

Problemorientiertes Lernen (POL) ist ein Lehr-/Lernverfahren zur Erarbeitung von Themen in Kleingruppen, bei dem reale und komplexe Problemstellungen aus dem beruflichen Alltag aufgegriffen werden. Es dient in diesem Zusammenhang als methodischer Rahmen zur Konstruktion des Weiterbildungskonzeptes.

4.2.4 Lernen mit VR-Systemen

Die Lernwirksamkeit von Animationen konnte bislang wissenschaftlich nicht bewiesen werden und ist daher gegenwärtig umstritten. Es kann jedoch vermutet werden, dass die sinnvolle Verknüpfung von Animationen mit anderen multimedialen Elementen - unter Berücksichtigung der Prinzipien multimedialen Lernens - im Kontext eines Blended-Learning-Ansatzes viel versprechend ist und insgesamt hohe Potenziale besitzt. Ausgehend von den Erkenntnissen über die zugrunde liegenden Strukturen und ablauf-

fende Prozesse der Informationsaufnahme und -verarbeitung lassen sich wichtige Hinweise für die Aufbereitung virtueller Lernmedien ableiten, um positive und nachhaltige Lerneffekte zu erzielen.

Die Wahrnehmung von Animationen ist unbewusst (präattentiv) und immer selektiv, da jeweils nur eine bestimmte Menge an Informationen aufgenommen wird. Während Lernende in statischen Bildern relevante Details zeitlich unbegrenzt suchen können, sind relevante Informationen bei Animationen temporär begrenzt sichtbar (Niegemann et al., 2008, S. 246). Bei der Betrachtung von Animationen geht es nicht nur darum, diese wahrzunehmen, sondern zu begreifen, warum ein Inhalt auf eine bestimmte Art und Weise dargestellt wurde. Ziele und Vorwissen der Lernenden beeinflussen die bewusst ablaufenden Prozesse der kognitiven Verarbeitung.

4.3 Gesamtkonzeption der Weiterbildung

Wie in Abbildung 22 dargestellt, werden die Konzepte des Handlungsorientierten Unterrichts und des Problemorientierten Lernens in den Blended-Learning-Ansatz eingebettet. Blended Learning als eine sinnvolle Verknüpfung von Präsenzphasen und Virtuellem Lernen (in den Reflektionsphasen), dient der Unterstützung selbstständiger Lernaktivitäten. Der Ansatz des Problemorientierten Lernens fügt sich hier nahtlos in die einzelnen Phasen ein. Je nach Phase sollen die Teilnehmer anhand von Aufgabenstellungen im Themengebiet allein oder in Kleingruppenarbeit Lösungen zu den einzelnen Problemstellungen erarbeiten. Während der Reflektionsphase wird das Computerbased Training (CBT) angewandt. Die VR-Szenarien werden sowohl innerhalb des CBT als auch im Rahmen der gesamten Weiterbildung in eine lernförderliche Lernumgebung integriert.

Die Umsetzung dieser Weiterbildungskonzeption ist an die speziellen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen des Unternehmens gebunden, das die Qualifizierung durchführt respektive durchführen lässt. Ebenso wirken sich die Menge und Komplexität des Lernstoffes bzw. der jeweiligen Maschine auf die Länge und Dauer der Veranstaltung aus. Der modulare Aufbau der Konzeption ermöglicht es, die Dauer der Weiterbildung über mehrere Tage zu erweitern, indem weitere Präsenzphasen und Reflexionsphasen beliebig eingefügt werden können.

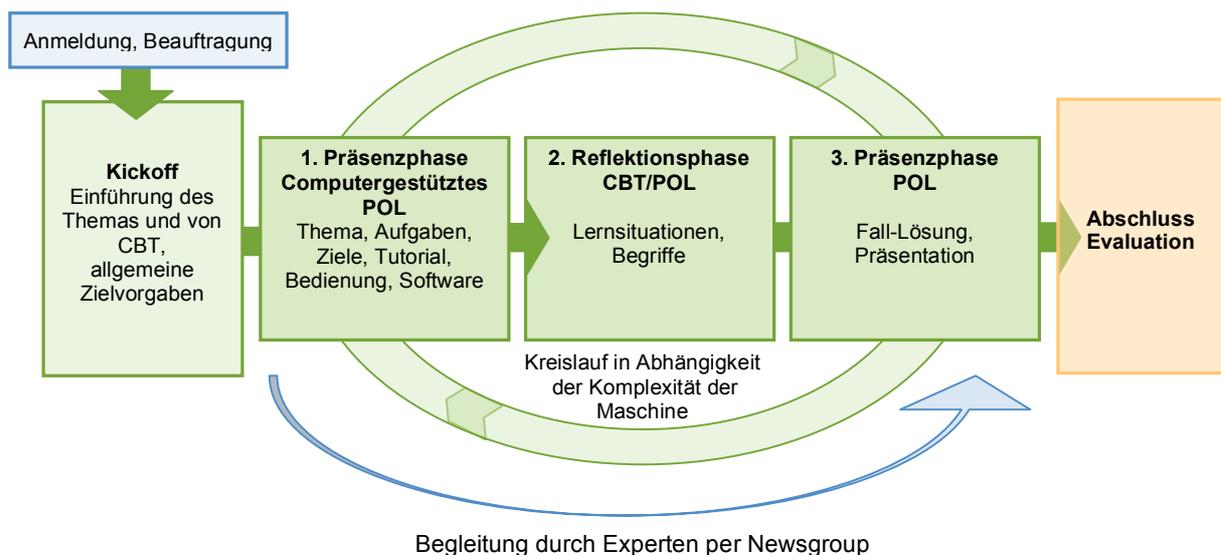


Abb. 22: Aufbau und Struktur der Weiterbildung.

4.4 Exemplarische Ausgestaltung „Vorgang des Einmessens an einer Vertimaster-Maschine“

4.4.1 Zum Einmessen einer Vertimaster-Maschine

Das Einmessen ist ein Ausdruck für das Messen, Einrichten und Prüfen von Werkstücken auf mittleren bis großen, horizontalen und vertikalen Werkzeugmaschinen sowie Portalmaschinen zur Sicherstellung der Produktqualität im Produktionsprozess. Dazu wird ein Messtaster verwendet, der am Werkstück oder wie in diesem Fall am Werkzeugkopf angebracht wird und per Funk das Werkstück einmisst.

Die Firma Schiess GmbH aus Aschersleben, ein Kooperationspartner des Projektes „imma“ stellt u. a. Vertimaster-Maschinen (VMG) her. Dies sind Vertikaldreh- und -bohr- sowie -fräszentren in Kompaktbauweise. Exemplarisch wird der Vorgang des Einmessens an der VMG6 betrachtet.

4.4.2 Präsenzmodul – Kickoff

Der Kickoff beginnt mit einer Einführung in das Thema, das Einmessen eines fertigen Werkstücks. Es werden allgemeine Zielvorgaben der Weiterbildung beschrieben und darüber hinaus findet eine Beschreibung der verwendeten Methode (Blended Learning unter Einsatz von Computer Based Training, CBT) statt. Des Weiteren wird den Teilnehmenden erklärt, worauf die Evaluation abzielt, deren Fokus auf der Überprüfung der Lernförderlichkeit des Lernmediums „VR“ liegt.

4.4.3 Präsenzmodul – POL-Modul

Das Präsenzmodul beginnt mit einer Einführung zur Bedienung der Software (VDT-Plattform). Die Teilnehmenden erhalten einen Gesamtüberblick über die Inhalte des CBT. Inhaltliche Fragen werden anschließend zum Überblick über den Gesamtprozess der Maschine gestellt: Was ist ein Einmessvorgang, und wer führt diesen durch? Wo steht der Einmessvorgang im Prozess? Welche Erfordernisse sind aus der Sicht des Arbeitsschutzes wichtig?

Die Lernenden erhalten danach eine allgemeine Aufgabe, die wie folgt lautet:

„Sie haben einen Presstisch fertig bearbeitet. Der Betriebszustand der VMG6 ist AN. Sie sollen den Einmessvorgang an der VMG6 organisieren, d. h., Sie sollen das fertige Werkstück einmessen. Aktuell ist ein Drehkopf, ein Mehrfach-Drehmeißelhalter (MDMH) angebaut. Es wird jedoch ein Fräskopf (GB1) benötigt. Am Werkzeugkopf ist kein Werkzeug angebaut. Welche Bedienschritte müssen an der Steuerung über die Unterprogrammwahl durchgeführt werden, um erstens den Werkzeugkopf zu wechseln und dann zweitens den Messtaster RMP20 anzubringen sowie drittens den Einmessvorgang zu starten?“

Zur weiteren Umsetzung werden Kleingruppen gebildet, die während der Reflektionsphase teilweise gemeinsam Inhalte erarbeiten. Aus methodischer Sicht weist diese Phase einen einfachen Schwierigkeitsgrad auf, eine inputorientierte Methode mit deduktiven Ansatz (vom Allgemeinen zum Besonderen), der als Ziel eine Präsentation der Inhalte durch den Lehrenden/Tutor vorgibt: die gemeinsame Bearbeitung von Themen und Texten in einer Gruppe mit Bildung von Zweiergruppen, die gemeinsam die gestellte Aufgabe lösen und später die Lösung präsentieren sollen.

4.4.4 Verschiedene Modi zur Bearbeitung der Lernsituationen

Der Aufbau der Lerninhalte und der Ablauf werden durch eine Struktur ermöglicht, die auf herkömmlichen Technologien basiert. In diesem Fall werden 3-D-Szenarien zusätzlich als Lernmedium in eine Flash-basierte Nutzerumgebung integriert, die den Lerner durch das Programm führt.

Das Lernmodul beinhaltet drei unterschiedliche Modi: Demonstrationsmodus, geführter Modus und freier Modus (vgl. Kap. 2.2), die mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden verbunden sind.

1) Demonstrationsmodus (Demonstrationsprinzip in Verknüpfung mit angeleitetem Entdeckungsprinzip)

Im Demonstrationsmodus wird der Einmessvorgang in einer 3-D-Animation beschrieben. In dieser Phase des explorativen Erkundens werden alle relevanten Punkte (Sichtpunkte) angefahren und den Lernenden beschrieben, mit dem Ziel, einen Gesamtüberblick über den Einmessvorgang zu vermitteln (Wissen und Verstehen) und die einzelnen Teilschritte sichtbar zu machen.

Aus didaktisch-methodischer Sicht sollte die Beschreibung der Einzelschritte möglichst verbalisiert werden (Modalitätsprinzip). Es sollten bildliche Hinweise (Einkreisen, Zoomen oder Pfeile = Signalisierungsprinzip) präsentiert werden, um besonders wichtige Handlungsschritte hervorzuheben. Zudem sollten keine parallelen Schritte ablaufen, da sie nicht aufgenommen und verarbeitet werden können. Demnach sollte eine Sequenzierung aller vorgeführten Teilschritte stattfinden.

2) geführter Modus

Im geführten Modus werden drei Aufgabentypen eingesetzt, um die Bedienungsabläufe und Maßnahmen zur Arbeitssicherheit zu hinterfragen und den Lernstoff zu vertiefen:

- Aufgabentyp 1 Matching: Bereitstellung einer 2-D-Graphik mit Nummerierungen und Zuordnung der einzelnen Schritte in der richtigen Reihenfolge
- Aufgabentyp 2 Matching: Sortierung der richtigen Schrittabfolge per drag&drop (Interaktivitätsprinzip)
- Aufgabentyp 3 Multiple Choice: Finden der korrekten Antworten zum entsprechenden Vorgang/Prozess.

Die Inhalte werden selbstständig erarbeitet und weisen einen mittleren Schwierigkeitsgrad auf. Bei richtiger Zuordnung wird ein positives Feedback (akustisch und/oder visuell) gegeben.

3) freier Modus

Im freien Modus vollziehen die Lernenden direkt alle Schritte des Einmessvorgangs am virtuellen Modul, d. h.: Anklicken bzw. Bedienen aller Elemente, Maschinenteile, Steuerungsoberflächen in der richtigen Reihenfolge.

Diese Methode ist durch einen höheren Schwierigkeitsgrad und Handlungsorientierung gekennzeichnet. Die Inhalte werden von den Lernenden selbstständig erarbeitet. Es sollten keine Zeitvorgaben gemacht werden, die Lernenden bestimmen selbst die Geschwindigkeit. Ein positives Feedback sollte richtige Lösungen unterstreichen.

4.4.5 Präsenzmodul – Präsentation und Fall-Lösung

Während dieser Phase finden Diskussion und Synthese der erarbeiteten Lerninhalte statt. Es erfolgt eine Ergebnispräsentation der Kleingruppen, wobei eine Zusammenfassung beispielsweise als Powerpoint-Präsentation mit zwei oder mehreren Medien visualisiert werden kann.

4.4.6 Abschluss- und Evaluationsmodul

In der Abschlussphase erfolgt eine Reflektion der Lernform und der Veranstaltung. Es soll mittels Fragebögen festgestellt werden, wie effektiv die Teilnehmenden gelernt haben. Nach dem mehrstufigen Evaluationsmodell von Kirkpatrick (1998) wird gefragt, wie die Personen ihre Lernerfahrungen wahrgenommen haben sowie nach Ausmaß und Nachhaltigkeit des Lernerfolgs.

4.4.7 Begleitendes Tutorenmodul

Die tutorielle Begleitung ist in Abhängigkeit von der Komplexität und der daraus resultierenden Dauer der Lehrveranstaltung zu sehen. Newsgroups als Form von virtuellen Communities können als Grundlage für themenbezogene Kommunikation, Klärung von offenen Fragen etc. genutzt werden.

4.5 *Schlussbemerkung und Ausblick*

Bei der vorgestellten Weiterbildungskonzeption wurden Lernmethoden aus der beruflichen Bildung sowie kognitive Lerntheorien für einen Blended-Learning-Ansatz genutzt. Dabei kam VR als Lernmedium zum Einsatz. Die Vorteile der Darstellungen in VR liegen unter anderem in der Interaktivität zwischen Lernenden und Lehrinhalt, der hohen Transparenz der Lerninhalte, z. B. der besseren Verständlichkeit durch sprachunabhängige Visualisierungen und der hohen Anschaulichkeit (Wiedererkennung und Realitätsnähe der Simulationen). Das virtuelle 3-D-Modell führt durch die Verknüpfung mit technischen und gefährdungsbezogenen Informationen zu einem einheitlichen Verständnis von konstruktiven, verfahrens- und gefährdungsbezogenen Daten und Abläufen.

Komplexe Prozesse lassen sich sehr gut abbilden und auch vereinfachen. Zudem können abstrakte Vorgänge oder unsichtbare Gefahren sowie Fehler (z. B. schädliche Gase) dargestellt werden und die Lernenden in die Simulation eingreifen (Variablen oder Komponenten z. B. Taktzeiten verändern). Darüber hinaus können Lernzeiten und -orte durch Orts- und Zeitunabhängigkeit des Einsatzes individualisiert und flexibilisiert werden. Alle gezeigten Vorgänge sind reversibel und ohne reale negative Folgen (Material oder Kostenaufwand).

Die Vorteile des Blended Learning sind in der didaktisch sinnvollen Verknüpfung von Präsenzveranstaltungen und Lernen in VR zu sehen. Beide Lernformen fordern selbstständiges, aktives Lernverhalten und sollen zu einer höheren Motivation sowie verbesserten Lern- und Behaltensleistungen führen. Die Selbststeuerung der Lernenden ist mit einer Kontrolle des Lerninhaltes und -fortschrittes verbunden.

Zusammenfassend bietet das Lernen mit und in VR in der Verknüpfung mit entsprechenden Lehr- und Lernmethoden viele potenzielle Möglichkeiten, die jedoch noch nicht hinreichend belegt sind. Der Einsatz, die Erprobung und Optimierung der didaktisch-methodisch aufbereiteten Konzeption und speziell der VR-Szenarien sowie die Evaluation virtuellen Lernens bilden anschließende Forschungsschwerpunkte. Es gilt Standardisierungen für ähnliche Lernsituationen zu finden, damit eine Übertragbarkeit ge-

währleistet wird. Im weiteren Verlauf des Projektes „imma“ sollten die didaktisch-methodisch aufbereiteten 3-D-Modelle erprobt, evaluiert und optimiert werden. Teile davon können in standardisierter Form auch auf andere Maschinen bzw. Lernsituationen übertragen werden.

Die einheitliche Datenstruktur in sozialen Datensystemen ist aber nicht ausschließlich von elementarer Bedeutung. Eine visuelle Darstellung, die Darstellungsqualität, der Bezug zum Anwendungsfall und der Nutzungskontext mit prozessbezogenen Datenbeständen, Informationen und Dokumenten werden zum zentralen Element der unternehmensübergreifenden Kommunikation und Qualifizierung. Als integrativer Bestandteil der Konstruktion, Fertigung und Nutzung sollen interaktive 3-D-Modelle die Kommunikation, Kompetenzförderung und den Wissenstransfer im Produktlebenszyklus von Maschinen und Anlagen verbessert und in der Qualifizierung lernzielorientiert eingesetzt werden.

Anmerkung

(1) Das Projekt „Interaktive Module zur Umsetzung der Maschinenrichtlinie in der Entwicklung und Nutzung von Maschinen und Anlagen“ (imma) ist Teil des Förderprogramms des BMBF „Prävention im Arbeits- und Gesundheitsschutz“. In ihm arbeiten als Kooperationspartner das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg, das BIT e.V. Berufsforschungs- und Beratungsinstitut für interdisziplinäre Technikgestaltung, Bochum, sowie das Institut für Berufs- und Betriebspädagogik, Lehrstuhl Fachdidaktik technischer Fachrichtungen, der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg zusammen.

5. Literatur

- Aebli, H. (1990). *Zwölf Grundformen des Lehrens: Eine allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage*, (5. Aufl.). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Aebli, H. (2001). *Denken: Das Ordnen des Tuns*, (3. Aufl.). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Anderson, J. R. (1996). *The Architecture of Cognition*. Mahwah: NJ.
- Anderson, J. R. (2001). *Kognitive Psychologie*, (3. Aufl.). Heidelberg: Spektrum.
- Bader, R. (1990). *Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz in der Berufsschule. Zum Begriff „Berufliche Handlungskompetenz“ und zur didaktischen Strukturierung handlungsorientierten Unterrichts*. Soest.
- Bader, R. & Schäfer, B. (1998). Lernfelder gestalten. Vom komplexen Handlungsfeld zur didaktisch strukturierten Lernsituation. In: *Die berufsbildende Schule*, S. 229-234, 50. Jg., Heft 7/8.
- Baumbach, J., Kornmayer, E., Volkmer, R. & Winter, H. (2004). *Blended Learning in der Praxis – Konzepte, Erfahrungen & Überlegungen von Aus- und Weiterbildungsexperten*. Dreieich: Kornmayer.
- Blümel, E. (2007). Stand und Entwicklungstrends des Einsatzes von VR/AR-Techniken für Qualifizierung und Training im Arbeitsprozess. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.), *Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen*, S. 241-244. Dortmund: GfA-Press.
- Dörner, D. (1987). *Problemlösen als Informationsverarbeitung*, (3. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.
- Erpenbeck, J. & Heyse, V. (2009). *Kompetenztraining: 64 modulare Informations- und Trainingsprogramme für die betriebliche, pädagogische und psychologische Praxis*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Erpenbeck, J. & Sauter, W. (2007). *Kompetenzentwicklung im Netz: New Blended Learning mit Web 2.0*. Köln: Luchterhand.
- Erpenbeck, J. & von Rosenstiel, L. (2007). *Handbuch Kompetenzmessung – Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis*. (2., überarb. u. erw. Aufl.). Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Fletcher, S. (2004). *Förderung der Problemlösefähigkeit zum Konstruieren mit Hilfe eines wissensbasierten Lernsystems*. Magdeburg.
- Flechter, S. (2005). *Förderung der Problemlösefähigkeit zum Konstruieren – Gestaltung von Lernprozessen mit Hilfe eines wissensbasierten Lernsystems*. Bielefeld: Bertelsmann.
- Galperin, P. J. (1969). Die Entwicklung der Untersuchungen über die Bildung geistiger Operationen. In: Gibson, W. (1984). *Neuromancer*. New York: Ace Books.
- Hiebsch, H. (Hrsg.), *Ergebnisse der sowjetischen Psychologie*, S. 367-405. Stuttgart: Ernst Klett.
- Gerds, P. (2006). Gestalten und Evaluieren von berufsqualifizierenden Bildungsprozessen. In: Rauner, F. (Hrsg.), *Handbuch Berufsbildungsforschung*, S. 368-378. Bielefeld: Bertelsmann.
- Hundt, D. & Jenewein, K. (2009). *Wahrnehmung und Lernen in virtueller Realität – Psychologische Korrelate und exemplarisches Forschungsdesign*. Institut für Berufs- und Betriebspädagogik der Otto-von-Guericke-Universität (IBBP-Arbeitsberichte, Nr. 67). Magdeburg. Verfügbar unter http://www.ibbp.uni-magdeburg.de/forschung/ibbp_forschungsberichte.html
- Jenewein, K. & Schulz, T. (2007). Didaktische Potentiale des Lernens mit interaktiven VR-Systemen, dargestellt am Training des Instandhaltungspersonals mit dem virtuellen System „Airbus A320“. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.), *Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen*, S. 323-326. Dortmund: GfA-Press.
- Kirkpatrick, D. L. (1998). *Evaluating training programs: the four levels*, (2. ed.). San Francisco, California: Berret-Koehler.
- Kleiner, M., Rauner, F., Reinhold, M. & Röben, P. (2002). *Curriculum-Design I. Arbeitsaufgaben für eine moderne Beruflichkeit*. Konstanz: Christiani.

- KMK (2007). *Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe*. Bonn. Verfügbar unter: http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2007/2007_09_01-Handreich-RIpl-Berufsschule.pdf
- Lange, A., Schulz, T. & Termath, W. (2007). IMMMA – Interaktive Module zur Umsetzung der Maschinenrichtlinie in der Entwicklung und Nutzung von Maschinen und Anlagen. In: Sammelband zum Marktplatz zur BMBF-Tagung (Hrsg.), „*Innovationsfähigkeit in einer modernen Arbeitswelt. Personalentwicklung – Organisationsentwicklung – Kompetenzentwicklung*“, S. 40-41. Berlin.
- Lange, A. & Szymanski, H. (2005). Leitfaden zur Umsetzung des CE-Kennzeichnungsverfahrens für Maschinen. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.), *Fb 1051*. Dortmund/Berlin/Dresden.
- Larnier, J. & Biocca, F. (1992). An inside view of the future of virtual reality. *Journal of communication*, 42 (2), 150-172.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
- McLellan, H. (1996). Virtual Realities. In: D. Jonassen (Ed.), *Handbook of Research for Educational Communications and Technology*, (pp. 457-487). New York: Simon & Schuster Macmillan.
- Meixner, J. & Müller, K. (2004). *Angewandter Konstruktivismus – Ein Handbuch für die Bildungsarbeit in Schule und Beruf*. Aachen: Shaker.
- Milgram, P. & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality and virtual display. In: *IEICE Transactions on Information Systems*, Vol. E77-D, 12, pp. 1321-1329.
- Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M. & Zobel, A. (2008). *Kompodium multimedialen Lernens*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Rheingold, H. (1991). *Virtual Reality*. New York: Simon & Schuster.
- Richtlinie 2001/95/EG (2002) des Europäischen Parlaments und Rates vom 03.12.2001 über die allgemeine Produktsicherheit. Veröffentlicht im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 15.01.2002.
- Schemme, D. (2006). Geschäfts- und arbeitsprozessorientierte Berufsbildung (GAB). In: F. Rauner (Hrsg.), *Handbuch Berufsbildungsforschung*, S. 524-532. Bielefeld: Bertelsmann.
- Sherman, B. & Judkins, P. (1993). *Virtuelle Realität. Computer kreieren synthetische Welten*. Bern: Scherz.
- Weinert, F. E. (2003). Concept of Competence: A conceptual clarification. In: D. S. Rychen & M. L. Salganik (Eds.), *Defining and selecting key competences*, (pp. 45-65). Kirkland: Hogrefe.

6. Autorenverzeichnis

Dipl.-Ing. Jürgen Beuting, RWE Rhein-Ruhr Netzservice GmbH, Technikcenter Primärtechnik, Wesel

Dr. Eberhard Blümel, Fraunhofer IFF, Magdeburg, Leitung der Organisationseinheit Virtuell-Interaktives Training (VIT)

Dipl.-Heil.-Päd. (FH) Thekla Faber, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Berufs- und Betriebspädagogik

Dipl.-Ing. Tina Haase, Fraunhofer IFF, Magdeburg, Virtuell-Interaktives Training (VIT)

Prof. Dr. Klaus Jenewein, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Berufs- und Betriebspädagogik, Lehrstuhlinhaber für Fachdidaktik technischer Fachrichtungen

Dipl.-Psych. Marcel Martsch, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Berufs- und Betriebspädagogik

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. Dr. h.c. mult. Michael Schenk, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, geschäftsführender Leiter des Institutes für Logistik und Materialflusstechnik sowie Institutsleiter des Fraunhofer IFF, Magdeburg

Dipl.-Des. Torsten Schulz, Fraunhofer IFF, Magdeburg, Virtuell-Interaktives Training (VIT)

Dipl.-Päd. Wilhelm Termath, BIT e. V., Bochum sowie Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Berufs- und Betriebspädagogik

Die Reihe Arbeitsberichte des IBBP

Herausgegeben vom Institut für Berufs- und Betriebspädagogik

<http://www.uni-magdeburg.de/ibbp>

ISSN 1437-8493

Jahresübersicht: [2009](#) [2008](#) [2007](#) [2006](#) [2005](#) [2004](#) [2003](#) [2002](#) [2001](#)

2009

- Heft 73/09**
Schlasze, V. Demografischer Wandel - Alternde Belegschaften und fehlende Nachwuchskräfte in kleinen und mittleren Unternehmen? Eine qualitative Untersuchung der demografischen Problemlösungsmaßnahmen von Klein- und Mittelunternehmen, Magdeburg
- Heft 72/09**
Peters, S.
Werwick, K. Führungskräfte und neue Anforderungen an den Führungsnachwuchs – am Beispiel von Arbeitssicherheit
- Heft 71/09**
Teichert, N. Der Bedarf an Personalentwicklung/-führung als wissenschaftliche Qualifizierung durch Unternehmen der Region
- Heft 70/09**
Peters, S. Projektorganisation – neue Herausforderungen im Kontext von Projektmanagement und Professionsentwicklungen
- Heft 69/09**
Geese, M.
Möhring-Lotsch, N.
Salzer, S. Analyse des Forschungsstandes zum Einsatz neuer Medien in der Aus- und Weiterbildung - Projekt „effekt - Verknüpfende Vermittlung von Fach- und Medienkompetenzen“ -
- Heft 68/09**
Schmicker, S.
Genge, F.
Lüder, K. ARBEITGEBER-ATTRAKTIVITÄT aus Sicht von Studierenden – Ergebnisse einer Studie zur Ermittlung von Attraktivitätsfaktoren für die Arbeitgeberwahl aus sich von Studierenden der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und der Hochschule Magdeburg-Stendal (FH)
- Heft 67/09**
Jenewein, K.
Hundt, D. Wahrnehmung und Lernen in virtueller Realität – Psychologische Korrelate und exemplarisches Forschungsdesign
- Heft 66/09**
Peters, S. Fach- und Führungsnachwuchsentwicklung in Wirtschaft und Hochschulbildung infolge von Tertiärisierung und demografischem Wandel
- Heft 65/09**
Möhring, J.
Gleisner, E.
Peters, S. Nachwuchs auf Nachwuchsstellen? Befragung von Diplomanden, Praktikanten und wissenschaftlichen Hilfskräften als potentieller Nachwuchs eines regionalen Forschungs- und Entwicklungsdienstleisters

2008

- Heft 64/08**
Peters, S. Professionalisierung und Projektmanagement

- Heft 63/08**
Rauner, F. Bildungsforschung in der Wissensgesellschaft: Grundlagen, Widersprüche und Perspektiven. Zur Berufsform der Arbeit als Dreh- und Angelpunkt beruflicher Bildung und der Berufsbildungsforschung.
- Heft 62/08**
Steckel, M.
Peters, S. Perspektiven auf das Moratorium Studium - Teilstudie 3: Studiengang-/Studienfachwechsel und Studienabbruch
- Heft 61/08**
Steckel, M.
Peters, S. Perspektiven auf das Moratorium Studium - Teilstudie 2: Studiensituation und Studienzufriedenheit
- Heft 60/08**
Steckel, M.
Peters, S. Perspektiven auf das Moratorium Studium - Teilstudie 1: Alumni-Befragung
- Heft 59/08**
Groß, S. Die Fachkarriere - Alternative Entwicklungschancen oder Abstellgleis?
- *Eine qualitative Untersuchung der Implementierungsmodalitäten ausgewählter Unternehmen* -
- Heft 58/08**
Voß, A. Implementierung von Mentoringprozessen - Eine Chance für Absolventen der dualen Berufsbildung in der Metallindustrie Sachsen-Anhalts

2007

- Heft 57/07**
Peters, S.
Frosch, U. „Richtig studieren“ Infos, Wissenswertes, Anregungen, Regularien

2006

- Heft 56/06**
Frosch, U. Wissensmanagement und Expertise - Analyse eines Personalentwicklungsinstrumentes auf operative Unternehmensebene.
Wissenslandkarten als Instrument der Personalentwicklung sowie als Werkzeug des Wissensmanagements
- Heft 55/06**
Peters, S.
Schmicker, S.
Weinert, S. Mentoring als Leitfaden zur Förderung von Fach- und Führungskräftenachwuchs
- *Ein Leitfaden für kleine und mittelständische Unternehmen und Organisationen* -
- Heft 54/06**
Herud, K. Selbstorganisation in offenen Arbeitsverhältnissen – Handeln auf der Basis von Metakompetenzen am Fallbeispiel einer IT-basierten Firma

2005**Heft 53/05**

Genge, F.
Willenius, Y.
Peters, S

Was Sie seit längerem über regiostart wissen wollen...
- *Diskussionspapier I* -

2004**Heft 52/04**

Peters, S.
Dengler, S.

Wissensträger erkennen und vernetzen
- *Wissensmanagement IV* –

Heft 51/04

Daniela Riedel

Mentoring als Strategie von Gender Mainstreaming unter dem Blickwinkel von Theorie und Praxis am Fallbeispiel des Mentoring-Projektes „Frauen ins/im Management in Sachsen-Anhalt“

2003**Heft 50/03**

Peters, S.
Dengler, S.

Wissenspromotion in der Hypertext-Organisation
- *Wissensmanagement III* -

Heft 49/03

Glomb, B.

Kompetenzen von Wissensmanagern – Managerprofile im Wandel

Heft 48/03

Peters, S.
Schmicker, S.
Weinert, S.

Frauen im/ins Management in Sachsen-Anhalt IX
Mentoring-Programm für Frauen in Führungspositionen – ein win-win-Spiel in Sachsen-Anhalt?
- *Diskussionspapier IX* -

Heft 47/03

König, S.

Chancengleichheit zur Rekrutierung von Führungskräften -
Frauenförderung in Strategien und Umsetzung von Personalpolitik

Heft 46/03

Noack, G.

Anforderungen an das Aufgabenprofil eines Wissenspromotors zur Überwindung von Wissensbarrieren lose gekoppelter Teams in der Hypertextorganisation
- *Wissensmanagement II* -

Heft 45/03

Poppeck, A.
Peters, S.

Internetbasiertes Projektmanagement-Tutoring (IT-Proto). Lernen mit neuen Medien in der Hochschulausbildung in Sachsen-Anhalt
– *Diskussionspapier II* –

Heft 44/03

Lesske, L.
Peters, S.

Auf dem Sprungbrett ins Beschäftigungssystem - Chancen(-un-)gleichheit von Studentinnen und Studenten in Sachsen-Anhalt – *Fallstudie* –

2002

- Heft 43/02**
Peters, S. Einführung in die berufliche/betriebliche Weiterbildung
– *Reader zur Einführungsveranstaltung Wintersemester* –
(Fortsetzung von Heft 35, Oktober 2001)
- Heft 42/02**
Weinert, S. Frauen im/ins Management in Sachsen-Anhalt VIII
Peters, S. *Modellprojekt und Ringvorlesung Querschnittsergebnisse aus Shadow- und*
Schmicker, S. *Top-Sequenzen im Überblick – Diskussionspapier VIII –*
- Heft 41/02**
Peters, S. Mentoring – ein flankierendes Personalentwicklungsinstrument für
Führungsnachwuchskräfte
– *Diskussionspapier VII –*
- Heft 40/02**
Riedel, D. Frauen ins Management in Sachsen-Anhalt VI
Peters, S. *Erfahrungen mit der eigenen Power: Projektergebnisse der 1. Mentoring-*
Gruppe – Diskussionspapier VI –
- Heft 39/02**
Peters, S. Qualifikations- und Kompetenzentwicklung – zum Wandel und Wechsel ihrer
Bedarfe infolge steigender Dienstleistungsanforderungen
- Heft 38/02**
Klein, R. Realisierte Konzepte von beruflicher Lern- und Weiterbildungsberatung –
Reutter, G. Studie mit Fallbeschreibungen –
Dengler, S.
Poppeck, A.
- Heft 37/02**
Peters, S. Frauen im Management. *Chancen des Diskurses über Geschlechterdifferenz und*
–arrangements. Eine theoretische Skizze – Diskussionspapier V –

2001

- Heft 36/01**
Weinert, S. Frauen ins Management in Sachsen-Anhalt IV
Peters, S. *Modellprojekt und Ringvorlesung*
Schmicker, S. *Ansporn zum Aufstieg – für Shadows und Tops*
– Diskussionspapier IV –
- Heft 35/01**
Peters, S. Einführung in die berufliche/betriebliche Weiterbildung
– *Reader zur Einführungsveranstaltung Wintersemester* –
(Fortsetzung von Heft 27, Oktober 2000)
- Heft 34/01**
Ringshausen, H. Die Theorie des Situiereten Lernens von Lave/Wenger (1991) im Kontext
organisationstheoretischer Ansätze der Erwachsenenbildung
– *Wissensmanagement I –*
- Heft 33/01**
Peters, S. Frauen im/ins Management in Sachsen-Anhalt III
Schmicker, S. *: Modellprojekt und Ringvorlesung*
Weinert, S. *Start der Shadow-Mentees*
– Diskussionspapier III –

- Heft 32/01**
Klein, R.
Kemper, M. 'Best-practice' beruflicher Weiterbildung in der Qualifizierung und Beratung mit KMU
- Heft 31/01**
Büchter, K. Selbstgesteuertes und institutionelles Lernen in der Weiterbildung
Argumente, Kritiken, offene Fragen
- Heft 30/01**
Peters, S.
Dengler, S.
Krause, A. Internetbasiertes Projektmanagement Tutoring (IT-PROTO)
Lernen mit neuen Medien in der Hochschulausbildung
– *Diskussionspapier I* –
- Heft 29/01**
Dengler, S. Professionalität in der Weiterbildung im Wandel. *Wandel des Lernens im Kontext gesellschaftlicher Transformationsprozesse und Auswirkungen auf die Professionalität*
- *Professionalisierungsdiskussion V*
- Heft 28/01**
Peters, S.
Schmicker, S.
Weinert, S. Frauen im/ins Management in Sachsen-Anhalt II
Modellprojekt und Ringvorlesung Programm- Werbung- Kooperation- und Netzwerkpartner- Presseresonanz
– *Diskussionspapier II* –

Arbeitsberichte aus früheren Jahrgängen sind bereits vergriffen. Anfragen zu einzelnen Arbeitsberichten richten Sie bitte an die im Impressum angegebene Anschrift bzw. E-Mail.