

**Matthias Hedrich** (Universität Stuttgart)

**Bernd Zinn** (Universität Stuttgart)

**Entwicklung und formative Evaluation eines Konzepts  
zum Transfer von Erfahrungswissen bei  
Servicetechniker mittels videofallbasiertem Lernen**

**Herausgeber**

Bernd Zinn

Ralf Tenberg

Daniel Pittich

**Journal of Technical Education (JOTED)**

**ISSN 2198-0306**

**Online unter: <http://www.journal-of-technical-education.de>**

Matthias Hedrich & Bernd Zinn (Universität Stuttgart)

## **Entwicklung und formative Evaluation eines Konzepts zum Transfer von Erfahrungswissen bei Servicetechnikern mittels videofallbasiertem Lernen**

### **Zusammenfassung**

Zum Erwerb von Erfahrungswissen im servicetechnischen Bereich gibt es wenige theoriegeleitet entwickelte und evaluierte Konzepte. Das im Beitrag vorgestellte Modul „Learn with an Expert“ (LEX) aus dem Lern- und Transferkonzept „ServiceLernLab“ soll den Erwerb von Erfahrungswissen und die Entwicklung von Störungsdiagnosekompetenz bei jungen Servicetechnikern fördern. Der Kern des Moduls LEX besteht in einem videofallbasierten Lernen mit einem Serviceexperten an einer komplexen Laserschneidanlage, in die technische Störungen (Fehlerfälle) implementiert wurden. Im Beitrag wird zunächst über die theoriegeleitete Entwicklung und Gestaltung der Lernumgebung auf der Grundlage situierter und problembasierter Instruktionsprinzipien berichtet. Weiterhin werden (formativen) Evaluationsergebnisse zur Überprüfung der Fehlerfallschwierigkeiten durch Servicetechniker (n = 3) und der Bewertung der Gebrauchstauglichkeit (Usability) von Modul LEX durch Servicetechniker (n = 44) dargestellt.

*Schlüsselwörter:* Videofallbasiertes Lernen, situiertes Lernen, Erfahrungswissen, technische Störungsdiagnose, Servicetechniker

### **Development and formative evaluation of a concept for the transfer of knowledge and experience with service technicians using video case-based learning**

#### **Abstract**

There are few concepts that have been developed and evaluated in theory for the acquisition of experience in the service sector. The module "Learn with an Expert" (LEX), which comes from the learning and transfer concept "ServiceLernLab" and which is presented in the article, is intended to promote the acquisition of experience and the development of fault diagnostics capability for young service technicians. The core of the LEX module is learning based upon a video case and involving a service expert at a complex laser cutting system in which technical malfunctions (faults) have been implemented. In the paper, the theory-based development and design of the learning environment based on situational and problem-oriented instruction principles is first reported. Furthermore the results of (formative) evaluation referring to the examination of the fault situation by service technicians (n = 3) and to the usability by service technicians (n = 44) are represented.

*Keywords:* video-based learning, situational learning, experience, technical fault diagnosis, service technicians

## 1 Ausgangssituation

Die strategische Bedeutung der industriellen Dienstleistung im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus hat in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen (VDMA 2012). Die Umsätze und Erträge des Dienstleistungsbereiches im Maschinen- und Anlagenbau entwickeln sich anhaltend positiv. Jedes zweite Unternehmen plant in den kommenden Jahren eine personelle Verbreiterung des Servicebereichs (vgl. z.B. Klimmer, Schreiber & Unumatz 2010). Der Ausbau der Dienstleistungen wird von der Maschinen- und Anlagenindustrie nach der Erschließung neuer regionaler Märkte als zweitwichtigste Strategie zur Verbesserung der Wettbewerbsposition genannt (VDMA 2012). Insgesamt wird der Service im industriellen Dienstleistungsbereich als „Wachstumsmotor und Ertragsmaschine“ bezeichnet (ebd.). Eine bedeutsame Rolle im industriellen Dienstleistungsbereich spielen dabei die Servicetechniker im Maschinen und Anlagenbau (für einen Überblick siehe z.B. Zinn et al. 2016). Diese müssen vor dem Hintergrund komplexer technischer Anlagen, einer steigenden Automatisierung und einer zunehmenden Anlagenvernettung Problemlöse- und Störungsdiagnosekompetenzen besitzen, die es ihnen ermöglichen, in bekannten und unbekanntem technischen Anlagen und Systemen Störungsursachen (effizient) zu diagnostizieren<sup>1</sup>, zu beheben und ggf. komplexe kundenspezifische Lösungen zu generieren<sup>2</sup> (vgl. Schaper & Sonntag 1997; Zinn et al. 2016).

### *Bedeutung von systematischem Wissen und Erfahrungswissen*

Empirische Befunde belegen, dass sich die in technischen Berufen notwendigen analytischen Fertigkeiten und Fähigkeiten (z.B. Fehlerdiagnose) als typisch und leistungskritisch herauskristallisieren (z.B. Morrison, Lewis & Lemap 1997; Spöttl, Becker & Musekamp 2011; Walker, Link & Nickolaus 2015). Selbiges trifft auf konstruktive Fähigkeiten zu, bspw. der konstruktiven Problemlösefähigkeit (vgl. Link & Geissel 2015), welche gegenüber der analytischen Variante aber dennoch ein eigenständiges Konstrukt darstellt (latente Korrelation  $r = .65$ , vgl. Walker et al. 2015, S. 234). In beiden Fällen kann Problemlösen verstanden werden als Anwenden von (Fach-)Wissen in „[...] wechselnden problemhaltigen Situationen [...].“ (Nickolaus 2011, S. 333). Daher geht man sowohl im Industrie-, als auch Handwerksektor davon aus, dass die Anforderungen an Fachkräfte mit einer starken Wissensbasierung verbunden sind (vgl. z.B. Baethge, Solga & Wieck 2007) und dass das theoretisch-systematische Wissen von großer Bedeutung für eine fundierte berufliche Bildung ist.

Gleichzeitig wird in der beruflichen Bildung das Erfahrungswissen als bedeutungsvoll angesehen (vgl. z.B. Böhle 2005; Pfeiffer 2012). Das Erfahrungswissen stellt als kontextbezogenes Wissen eine wichtige Voraussetzung dar, um theoretisches Wissen anwenden und aufgabenspezifische Probleme lösen zu können. Nach Böhle (2005) weist das Erfahrungswissen weit über das theoretisch-systematische Wissen hinaus. Es beruht vor allem auf implizitem Wissen und stellt eine zentrale Basis für einen Servicetechniker dar, situativ adäquat auf Anlagen- und Maschinenfehler (im Feld beim Kunden) reagieren zu können, sehr häufig

---

<sup>1</sup> Analytische Facette von Problemlösefähigkeit (vgl. Walker, Link & Nickolaus 2015, S. 224)

<sup>2</sup> Konstruktive Facette von Problemlösefähigkeit (vgl. Link & Geissel 2015).

ohne die dabei gezeigte Performanz selbst eindeutig operationalisieren und verbalisieren zu können, aber dennoch erfolgreich zu sein (vgl. auch Humpl 2004, S. 36).

Zusammenfassend zeigen Studien aus verschiedenen Domänen, dass (auf Erfahrungswissen basierende) Expertenleistungen auf bestimmte Merkmale zurückgeführt werden können (vgl. z.B. Krems 1994): (1) ein umfangreiches und differenziertes bereichsspezifisches Wissen, (2) die Nutzung komplexer Wissensseinheiten (sogenannte Chunks) beim Verstehen einer Problemsituation, (3) die fallbasierte Organisation von Wissen, (4) eine tiefe Verarbeitung von Problemlöseanforderungen, (5) eine ausgeprägte und problemadäquate Vernetzung der Wissensstrukturen, (6) eine in hohem Maße vorhandene Prozeduralisierung von Wissen und (7) eine flexible Verfügbarkeit von komplexen Informationsverarbeitungsstrategien.

Erfahrungswissen führt deshalb aber nicht vorrangig zu einem „Mehr“ an vorhandenem Wissen, sondern stellt den Strukturierungs- und Vernetzungsgrad eben dieses Wissens dar. Erfahrungslernen verändert „[...] vorhandene Wissens- Erwartungs- Wahrnehmungs- und Relevanzstrukturen des jeweils betrachteten Systems.“ (Humpl 2004, S. 84) Dies impliziert, dass Erfahrungswissen nicht unmittelbar aufgebaut wird, sondern individuell ausdifferenziert wird (Humpl 2004, ebd.). Gerade angehende (jüngere) Servicetechniker besitzen i.d.R. nur ein sehr eingeschränktes Erfahrungswissen, während ältere Servicetechniker i.d.R. über ein Erfahrungswissen verfügen, das sie in ihrem jeweiligen Bereich als bedeutende Experten ausweist. Letztlich führen die hohe Bedeutung des (unternehmensspezifischen) Erfahrungswissens von älteren Servicetechnikern und eine hohe (altersbedingte) Fluktuationsrate im Servicesegment zu der Frage, wie innerhalb eines Unternehmens ein gelingender Transfer des Erfahrungswissens von älteren auf jüngere Servicetechniker effizient gestaltet werden kann.

## 2 Ansatzpunkte für ein Transferkonzept

### *Lerntheoretische Ansatzpunkte*

Zur Förderung der Problemlöse- und Transferfähigkeit bei Auszubildenden liegen mit den Arbeiten der Forschergruppe um Sonntag mehrere Interventionsstudien vor (Schaper & Sonntag 1997). Mehr oder weniger ist hierbei im Hinblick auf die Förderung der Problemlösefähigkeit bzw. der Transferfähigkeit abgesichert, dass sich folgende Merkmale als günstig erweisen: (1) eine möglichst tiefe Durchdringung des Wissens, wobei sich problemorientiertes Lernen für den Transfer als vorteilhafter erweist als faktenorientiertes Lernen, (2) authentische Anwendungsaufgaben, wobei zu beachten bleibt, dass rein kontextualisierte Information den Transfer behindern kann, (3) multiple Kontexte zur Flexibilisierung des Wissens, (4) abstrakte Problemrepräsentationen, die vom Konkreten zum Abstrakten erworben werden, (5) ein hohes Ausmaß gemeinsamer Elemente von Lern- und Transferaufgaben, (6) Metakognitionen, die den Lernenden die Möglichkeit geben, ihre Lern- und Lösungsstrategien zu überwachen, zu reflektieren und zu verbessern, (7) die Motivation, die aufzubringen ist, um sich mit der Lösung auseinanderzusetzen und (8) relevante Vorerfahrungen der Lernenden, die aktiviert werden müssen (vgl. z.B. Bendorf 2002, S. 161ff.).

Entsprechend dem Forschungsstand zu lerntheoretischen Konzepten stellt sich damit eine Kombination aus kognitiven (Erwerb von Sachwissen, Ausbilden von Handlungswissen) und konstruktivistischen (individuelles Erleben, Erfahrung, Erprobung) lerntheoretischen Ansätzen am geeignetsten dar, um ein innovatives Lern- und Transferkonzept in Form eines modularisierten ServiceLernLab<sup>3</sup> zu entwickeln (vgl. z.B. Gruber, Mandl & Renkl 1999). Zur Gestaltung von Lernumgebungen, die sich auf konstruktivistische Positionen beziehen und zudem die Situiertheit von Wissen und Lernen berücksichtigen, sind Ansätze der „Cognitive Apprenticeship“ (Collins, Brown & Newman 1989), der „Anchored Instruction“ (CTGV 1990, 1993), der „Cognitive Flexibility“ (Spiro et al. 1992; Spiro, Coulson, Feltovich & Anderson 1988; Spiro, Vispoel, Schmitz, Samarapungavan & Boerger 1987) oder auch des „Situated Learning“ (Lave & Wenger 1991) von Relevanz für das Lernen im ServiceLernLab.

#### *Methodische Ansatzpunkte*

Ein entsprechendes Förderkonzept sollte zudem unterschiedliche, aus dem allgemeinbildenden Bereich entlehnte und auch im beruflichen Bereich als wirkungsvoll nachgewiesene Ansätze zur Lernförderung integrieren. Bei der eigenständigen Bearbeitung problemorientierter berufsfachlicher Aufgaben werden die den Problemlöseprozess behindernden Fehlkonzepte der Lernenden durch die Methode „Think Aloud“ (Dörner 1981; Ericsson & Simon 1980) offengelegt und in Orientierung an das „Lernen aus Fehlern“ (Oser, Hascher & Spychiger 1999) als Lerngelegenheit aufgegriffen.

#### *Praxisorientierte Ansatzpunkte*

Um methodisch einen Transfer des Erfahrungswissens zwischen älteren und jüngeren Servicetechnikern zu initiieren, scheint eine explizite Orientierung an der Vorgehensweise von erfahrenen Servicetechnikern (Experten) im Transferkonzept als förderlich. Das beobachtbare Verhalten der Experten kann als grundlegend hilfreich für die Entwicklung von implizitem Erfahrungswissens bei jungen Servicetechnikern (Novizen) angesehen werden (vgl. „Novizen-Experten-Paradigma“ nach Dreyfus, Dreyfus & Athanasiou 1986 sowie Dreyfus & Dreyfus 1987). Da ein Zusammenhang zwischen der Bedeutung von spezifischen Anforderungssituationen und der Ausprägung der Fehleranalyseleistung aufgezeigt werden konnte (z.B. Gschwendtner, Geißel & Nickolaus 2007), ist auch im Kontext des Erwerbs von Erfahrungswissen (von Servicetechnikern) davon auszugehen, dass dieses insbesondere unmittelbar an firmenspezifischen Maschinen und Anlagen entwickelt wird. Vor dem Hintergrund der intendierten Förderung von Problemlösekompetenz scheint es daher förderlich, den Umgang mit authentischen servicetechnischen Problemstellungen zu trainieren, um (situiertere) Problemlöseschemata und -strategien auszubilden und die (unerfahrenen) Servicetechniker so schrittweise an das selbstständige Lösen von Problemaufgaben an den jeweils spezifischen industriellen Dienstleistungsbereich und Firmenkontext heranzuführen. Die unmittelbare Anbindung des Ansatzes an einen Anwendungskontext (Situiertheit) hat sich bereits in anderen

---

<sup>3</sup> Im Einzelnen umfasst das ServiceLernLab folgende Module: (1.) Realmodell, (2.) Simulation, (3.) Fachwissen, (4.) Fachliche Fähigkeiten, (5.) Modul LEX, (6.) Soziale Kompetenz und (7.) Virtuelles Lernen. Für eine ausführliche Beschreibung der Module 1 bis 4 des ServiceLernLabs mit der Umsetzung der Präsenzmodule bei angehenden Servicetechnikern des Maschinen- und Anlagenbaus sei auf Zinn et al. (2015) und Zinn, Guo & Sari (2016) verwiesen.

Studien als günstig erwiesen (vgl. z.B. Hasselhorn 1992; Mähler & Hasselhorn 2001; Nüesch & Metzger 2001).

### 3 Aspekte des videofallbasierten Lernens

Der Ansatz des videofallbasierten Lernens wird schon mehrere Jahre erfolgreich in der Lehrerbildung und -weiterbildung eingesetzt (vgl. z.B. Digel & Schrader 2013; Digel 2010). Videografierte Fälle bieten allgemein ein realistisches Abbild komplexer Praxissituationen, die ohne Handlungsdruck zeitlich und örtlich flexibel in selbstgesteuerten Lernprozessen im Eigenstudium oder im Austausch mit anderen analysiert werden können (Digel, Goeze & Schrader 2012). Die Fallarbeit in Gruppen auf der Basis videografierte Fälle ermöglicht es im Besonderen Lernenden, Wissen sozial und in authentischen Kontexten eingebettet zu konstruieren und fehlerdiagnostische Kompetenzen aufzubauen. Daran anknüpfend soll das in Kleingruppen instruierte videofallbasierte Lernen ermöglichen, dass die Schulungsteilnehmer im transaktiven Diskurs Wissen zur Fehleranalyse und -behebung aufbauen. Die Diskussion mit anderen und der reflexive Austausch von unterschiedlichen Perspektiven zum (Störungs-) Fall können zu Veränderungen in der individuellen Betrachtung führen und die Wahrnehmung und Analyse des Fallgeschehens positiv stimulieren (Zinn et al. 2015). Vor dem Hintergrund der allgemein positiven Erfahrungen zur Arbeit mit Fällen in der Weiterbildung von Lehrkräften (vgl. z.B. Digel 2010; Digel et al. 2012) erscheint das (kooperative) videofallbasierte Lernen grundsätzlich auch geeignet, um angehende Servicetechniker beim Erwerb von handlungsleitendem Wissen zu unterstützen.

### 4 Entwicklung des Moduls LEX (Learn with an Expert)

Die Entwicklung des Moduls LEX erfolgte in einem Zeitraum von rund einem Jahr (vgl. Abbildung 1) und wurde im Rahmen des BMBF-Projektes EPO-KAD<sup>4</sup> mit einem eng kooperierenden Hochtechnologieunternehmen<sup>5</sup> realisiert.

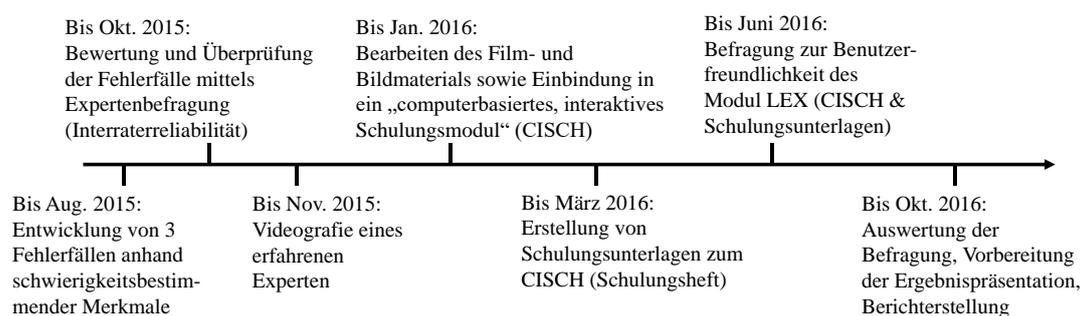


Abbildung 1: Entwicklungsschritte des Modul LEX (Learn from an Expert)

<sup>4</sup> EPO-KAD: „Erschließung des Potenzials älterer Mitarbeiter durch lebensphasenorientiertes Kompetenzmanagement und Arbeitsprozessgestaltung in industriellen Dienstleistungsprozessen“; BMBF-FöKz: 02L12A040

<sup>5</sup> Ca. 2500 Mitarbeiter, überwiegender Schwerpunkt vor Ort ist die Entwicklung und Herstellung von Werkzeugmaschinen, Laserschneidanlagen und Elektrowerkzeugen.

Ausgehend von den skizzierten konzeptionellen Ansatzpunkten (Kap. 2) und den Aspekten zum Videofallbasierten Lernen (Kap. 3) werden im vorliegenden Kapitel die Maschinenauswahl (Kap. 4.1), die Fehlerfallauswahl (Kap. 4.2) sowie die theoriegestützte Videographie des Expertenvorgehens erläutert (Kap. 4.3).

#### 4.1 Maschinenauswahl

Bezogen auf die Relevanz einer (firmen-)spezifischen Anforderungs-/Problemsituation wurde mit dem kooperierenden Unternehmen eine Auswahl für einen servicekritischen Maschinentyp (Flachbettlaser L16A) getroffen. Dieser ist (1) in großer Stückzahl bei Kunden vorhanden, (2) hat in den letzten 10 Jahren bei relativ geringen Ausfallzahlen ca. 70 % der Einsätze von Servicetechnikern im Bereich der Laserschneidmaschinen dieses Unternehmens ausgemacht (Angabe des Unternehmens) und (3) wird in den nächsten Jahren allmählich durch neue Maschinentypen verdrängt werden. Dies impliziert, dass dieser Maschinentyp nicht mehr im ortsansässigen Schulungszentrum aufgebaut sein wird und die Schulungen daran nach und nach eingestellt werden. Da er nichts desto trotz einen relativ hohen technischen Stand besitzt und, wie angedeutet, auch zukünftig häufig bei Kunden anzutreffen ist, kann er als ideale Maschine betrachtet werden, um die Fehlerfallbetrachtung (videografiert) daran abzubilden.

#### 4.2 Fehlerfallauswahl und -charakteristika sowie Expertenbewertung

Eingehend stellte sich die Frage, anhand welcher Merkmale Fehler ausgewählt und beschrieben werden können. Werden Aufgabeninhalte und -schwierigkeiten häufig erst post-hoc betrachtet (vgl. Beaton & Allen 1992), so besteht auch die Möglichkeit einer a priori Bewertung von Aufgaben(-inhalten) hinsichtlich schwierigkeitsbestimmender Merkmale (Hartig 2007). Der Zweck dabei besteht in der allgemeinen Beschreibung von Merkmalen, welche eine bestimmte Aufgabe hinsichtlich ihrer Lösung leichter oder schwerer machen können und somit im Loslösen des Inhalts von der erfassten Kompetenz (Hartig 2007, S. 88 ff.). Unterscheiden lassen sich in diesem Zusammenhang je nach Domäne verschiedene schwierigkeitsbestimmende Merkmale (vgl. Schumann & Eberle 2011, S. 79 ff.).<sup>6</sup> Auf das Umfeld der vorliegenden Untersuchung und auf den vorhandenen Maschinentyp bezogen haben sich nach Expertengesprächen mit Servicetechnikern des Unternehmens (n = 3)<sup>7</sup> folgende schwierigkeitsbestimmende Merkmale eines möglichen Fehlers ermitteln lassen:

- Umfang der betroffenen Signalarten: Hydraulik (Öl, Wasser, ...), Gasversorgung (Stickstoff, Druckluft, ...), Elektrizität (z.B. Spannungsversorgung von Komponenten), Kommunikation (z.B. ASI-Bus, Profi-Bus, etc.).

---

<sup>6</sup> Vorliegend keine Unterscheidung zwischen individuell abhängigen Merkmalen (z.B. Wahrnehmung von Komplexität (Anzahl relevanter Wissenselemente und deren Vernetzung), Vertrautheit der Inhalte für eine Person, Kenntnis von Definitionen, etc.) und objektiv bewertbaren Merkmalen (Anzahl der Lösungswege, Anzahl der einzubeziehenden Systembereiche/Signalarten, Anzahl möglicher Informationsquellen, Lern-Taxonomiestufen nach Bloom, Engelhart, Furst, Hill und Krathwohl (1956) bzw. Bloom (1972) oder die Wissensart (Deklaratives Faktenwissen, Prozedurales Wissen).

<sup>7</sup> zwei Servicetechniker aus dem Außendienst (> 30 Jahre Erfahrung), ein Servicetechniker aus dem Innendienst (9 Jahre Erfahrung).

- Anzahl der möglichen Informationsquellen: Kundengespräch, Rücksprache Innendienst, technische Unterlagen wie Elektro-/Gas-/Pneumatik-/Kühlwasserplan oder das Servicehandbuch Laser-Flachbett-Maschine bzw. Bussysteme, ...
- Die Komplexität einer Maschinenkomponente: abgeleitet aus den Schilderungen der Experten für den Entwicklungsaufwand des Bauteils bzw. in Anbetracht des Umfangs möglicher Schulungen von Servicetechnikern für eine Maschinenkomponente.

Im Anschluss an diese Eingrenzung fand bei einer Vorortbegehung an der Maschine die Auswahl möglicher Fehler für das Schulungsmodul LEX statt. Entgegen Untersuchungen, bei denen Softwarefehler im Fokus standen (bspw. Walker et al. 2015; Link & Geissel 2015) wurden dabei ausschließlich Hardwarefehler ausgewählt, da Softwarefehlern von den Experten einstimmig eine deutlich geringere Bedeutung attestiert wurde. Unter Rekurs auf die genannten schwierigkeitsbestimmenden Merkmale eines Fehlerfalls wurde die „Strahlrohrbelüftung“ als geeignet identifiziert, um möglichst eine Vielzahl an Merkmalen abdecken zu können. Bei dieser handelt es sich um die vom Stickstoff-Tank an den Laserschneidkopf gehende Gasleitung, deren Stickstoff für den Laserschneidvorgang notwendig ist. Bezogen auf diesen Signalweg tangiert die Strahlrohrbelüftung mehrere Filter, Verteiler, Magnetventile, Druckregler, etc., die wiederum selbst Schnittstellen zwischen den Signalformen gaseitig, elektrisch und/oder kommunikativ darstellen (vgl. Abbildung 2).

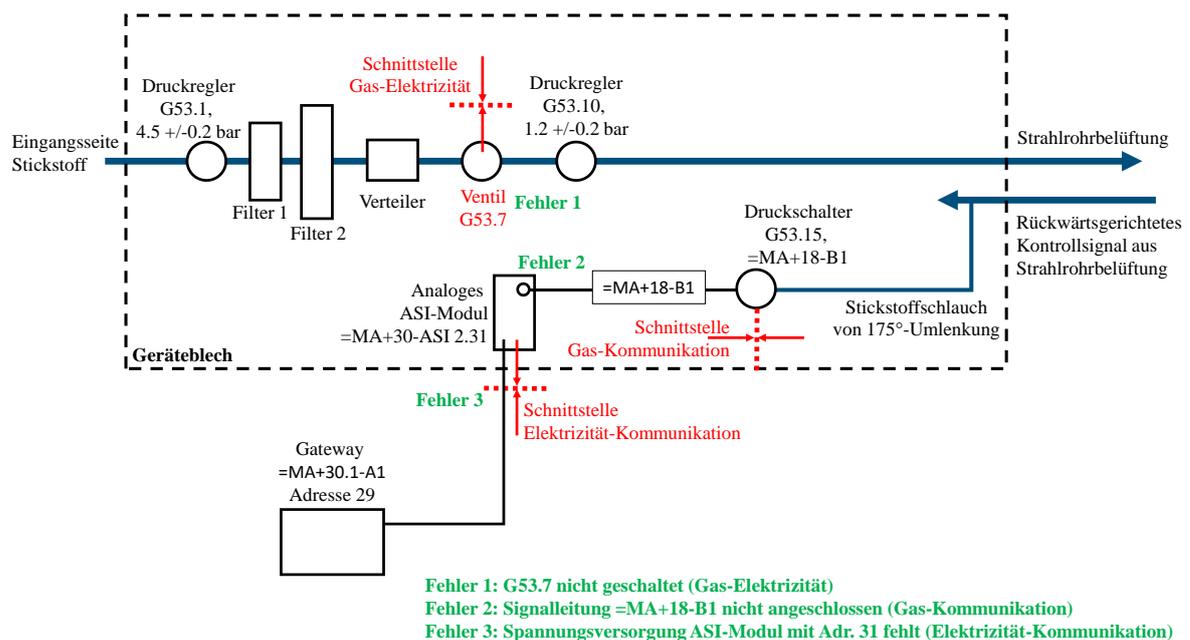


Abbildung 2: Übersicht Strahlrohrbelüftung, Signalschnittstellen und Fehler

Innerhalb des Teilsystems Strahlrohrbelüftung wurden zusammen mit den Experten drei Fehler abgestimmt. Ziel war es auch, in diesem Teilsystem Fehler auszuwählen, die nach der Erstinbetriebnahme beim Kunden noch von Bedeutung sind (d.h. keine selten vorkommenden Softwarefehler oder einmalige Justierarbeiten, wie bspw. das Einstellen der Drosselklappe) und gleichzeitig eine „mittlere Schwierigkeit“ der Fehlerfälle zu gewährleisten. Unter Einbezug dieser Prämissen wurden die Fehler positiv für die Umsetzung in der Schulung eingeschätzt (siehe Tabelle 1).

Fehler	Fehlermeldung der Maschine	Fehlerbeschreibung kurz	Fehlerbehebung
1	Aktueller Überdruck 3.80 mbar Druck ist zu niedrig! Strahlführung auf Dichtigkeit prüfen! Überprüfen Sie die Strahlführung auf Dichtigkeit und wiederholen Sie den Test. Besteht das Problem weiterhin, setzen Sie sich mit dem technischen Kundendienst in Verbindung.	Der Druckregler G 53.10 (1.2 +/- 0,2 bar) zeigt 0 bar Druck an, da die Spannungsversorgung am vorgelagerten Ventil G 53.7 durch einen nicht richtig festgeschraubten Stecker der angeschlossenen Leitung „=MA+18_Y 5“ <sup>8</sup> unterbrochen ist.	Stecker wieder festschrauben.
2	Aktueller Überdruck: 12.04 mbar Druck ist zu hoch! Volumenstrom reduzieren und erneut messen! Bei zu hohem Druck in der Strahlführung muß der Druck an der Drossel reduziert werden, bis sich der Überdruck im zulässigen Bereich bewegt. Ein Weiterarbeiten ist erst möglich, wenn dies durchgeführt wurde. Zur Einstellung den Volumenstrom an der Drossel verringern und Softkey <Druck einstellen> betätigen.	Der Druck aus der Strahlrohrbelüftung (von der 175 °-Umlenkung kommend) wird mit einem Schlauch auf den „Druckmessumformer“ G53.15 geführt und dort in ein Spannungssignal umgewandelt, das über die Leitung „=MA+18-B1“ <sup>9</sup> zum analogen ASI-Slave <sup>10</sup> mit der Adresse 31 geführt wird. Mittels gelockertem Kontakt der Leitung „=MA+18-B1“ am ASI-Slave wird ein Kabelbruch simuliert.	Kontakt wieder herstellen.
3	F 05.10.15 16:45:52 PLC(80.101066): Profibusteilnehmer mit der Adresse 29 ist gestört  F 05.10.15 16:45:52 PLC(80.101087): ASI-Linker: Konfigurationsfehler in Kanal C2 Slave 31A, weiteres Slaves 0	Gateway „=MA+30.1-A1“ <sup>11</sup> des ASI Doppelmaster <sup>12</sup> mit Adresse 29 zeigt Konfigurationsserror (config error) an und meldet Slave mit Adresse 31 als vermisst (2.31 Missing Slave). Das Signal vom Schaltschrank zum Geräteblech verfolgend ist an diesem festzustellen, dass sowohl ASI- als auch Powerspannung des ASI-Slave fehlen (grüne LEDs leuchten nicht). Der Defekt, der einem Versagen des ASI-Slave entspricht, wird durch gelöste Schrauben hervorgerufen, wodurch er nicht sauber auf dem Geräteblech fixiert ist und seine Spannungsversorgung unterbrochen wird.	Festdrehen der Befestigungsschrauben.

Tabelle 1: Entwickelte Fehlerfälle mit Fehlermeldung der Maschine, allgemeiner Fehlerbeschreibung und dem Hinweis auf die Fehlerbehebung

<sup>8</sup> =MA+18-Y 5 ... Bezeichnung der Leitung, die vom Ventil G53.7 weggeht. Dient der eindeutigen Lokalisierung des Signals und ist zu lesen als Leitung zu Ventil Y 5, auf Modul 18 (Geräteblech) der Maschine (MA).

<sup>9</sup> Leitung zu Sensor B1, auf Modul 18 (Geräteblech) der Maschine (MA).

<sup>10</sup> =MA+30-ASI 2.31 ... Adresse 31, ASI-Slave 2, Signal an Modul 30 (Schaltschrank) der Maschine (MA).

<sup>11</sup> =MA+30.1-A1 ... Gateway A1, auf Modul 30.1 (Schaltschrank) der Maschine (MA).

<sup>12</sup> =MA+30.1-A1:ADR.29

Zur Absicherung der Fehlerfallauswahl fand, mittels Fragebogen, deren unabhängige Bewertung durch die drei Experten hinsichtlich schwierigkeitsbestimmender Fehlermerkmale statt (ordinal, 6-stufig skaliert, 0 = „trifft gar nicht zu“; 5 = „trifft voll zu“). Der Fragebogen bildete dabei die in Tabelle 2 genannten 13 Items ab. Einbezogen wurden neben den in Rücksprache mit den Experten definierten schwierigkeitsbestimmenden Merkmalen (siehe Anfang von Kap. 4.2) weitere theoriegestützte Merkmale wie der Routineanteil bei der Fehlerbehebung, die Praxisrelevanz des Fehlers, die Bedeutung von Erfahrung, der Anteil experimenteller Vorgehensweise, die Vertrautheit der Inhalte (Standardeinsatz vs. unbekannter Fehler), die Anzahl der Lösungsschritte, der Einbezug von vernetztem Wissen sowie die Bedeutung von Fachkompetenz (vgl. z.B. Schumann & Eberle 2011). Innerhalb der Bewertung der drei Fehlerfälle wurde jeder Fehlerfall von jedem Experten hinsichtlich der 13 schwierigkeitsbestimmenden Merkmale bewertet, sodass von jedem Experten in Summe 39 Bewertungsmerkmale vorlagen.

1	Die Diagnose geht über eine "Routine" hinaus.*	⓪ ① ② ③ ④ ⑤
2	Der Fehler hat eine hohe Relevanz für die Praxis.	⓪ ① ② ③ ④ ⑤
3	Für die Fehleranalyse sind weitere Unterlagen erforderlich.	⓪ ① ② ③ ④ ⑤
4	Das gezeigte Vorgehen entspringt vor allem der Erfahrung des Servicetechnikers.	⓪ ① ② ③ ④ ⑤
5	Die Behebung des Fehlers erfordert ein stark experimentelles Vorgehen.	⓪ ① ② ③ ④ ⑤
6	Die Fehlerermittlung erfordert komplexes Werkzeug.*	⓪ ① ② ③ ④ ⑤
7	Der Fehler hängt von (den) anderen Fehlern ab. Wenn ja, vom Fehler mit der Nr. _____	⓪ ① ② ③ ④ ⑤
8	Das Vorgehen des Servicetechnikers geht über einen Standardeinsatz hinaus.*	⓪ ① ② ③ ④ ⑤
9	Der Fehler erfordert eine hohe Anzahl an Lösungsschritten.	⓪ ① ② ③ ④ ⑤
10	Es ist vernetztes Wissen für die Behebung dieses Fehlers notwendig.	⓪ ① ② ③ ④ ⑤
11	Die Fehlerermittlung gelingt nur mit komplexeren Messinstrumenten/Hilfsmitteln (z.B. Multimeter, Laptop, etc.).	⓪ ① ② ③ ④ ⑤
12	Der Komplexitätsgrad des Fehlers ist hoch.*	⓪ ① ② ③ ④ ⑤
13	Die Behebung des Fehlers bedarf einer hohen Fachkompetenz.	⓪ ① ② ③ ④ ⑤

Tabelle 2: Beschreibungen der Items des Fragebogens zu den schwierigkeitsbestimmenden Merkmalen. Die vier mit „\*“ markierten Items sind bereits umgepolt und an die Formulierung der restlichen Items angepasst.

Ausgehend von der Fehlerfallbewertung durch die Experten werden nachstehend zunächst deskriptive Analysen berichtet. Bei der Überprüfung der Korrelation der 39 schwierigkeitsbestimmenden Merkmale je Servicetechniker ergeben sich, unter Berücksichtigung der 6-stufigen Ordinalskala, die in Tabelle 3 dargestellten bivariaten Korrelationen nach Spearman. Zu beobachten ist eine höhere Korrelation zwischen den 39 schwierigkeitsbestimmenden Merkmalen der beiden Servicetechniker des Außendienstes ( $r = .60^{**}$ ) im Vergleich zu den

Korrelationen zwischen den Bewertungen des Servicetechnikers im Innendienst und denen im Außendienst ( $r = .49^{**}$  bzw.  $r = .47^{**}$ ). Die Korrelationswerte deuten darauf hin, dass die Servicetechniker des Außendienstes die Fehlerfälle einheitlicher bewerten.

		ST1	ST2	ST3
1	ST1	1.00	.60**	.49**
2	ST2	.60**	1.00	.47**
3	ST3	.49**	.47**	1.00

Tabelle 3: Bivariate Korrelationen nach Spearman der Fehlerfallbewertung durch die drei Servicetechniker (drei Fehlerfälle, von jedem Servicetechniker jeder Fehler mit 13 Kriterien bewertet), \* =  $p < .05$ ; \*\* =  $p < .01$ ; n.s. = nicht signifikant

Neben der Korrelation der Experteneinschätzungen ist die „Beobachterübereinstimmung“<sup>13</sup> von Bedeutung (vgl. Bortz & Döring 2006, S. 274 ff.). Als zu bewertende Größe kann hier die Intra-Klassen-Korrelation<sup>14</sup> (ICC) herangezogen werden, die vorliegend mittels SPSS<sup>15</sup> berechnet wurde.<sup>16</sup> Entgegen dem „reinen“ Korrelationskoeffizienten (vgl. Tabelle 3) wird bei der ICC nicht nur die Richtung der Variablen überprüft (wenn eine größer, dann die andere größer), sondern diese werden auch bzgl. ihres mittleren Niveaus miteinander verglichen (siehe Bühl 2012, S. 429). Die Vorgehensweise bei der Berechnung der ICC hängt von der Auswahl der Bewerter (Experten) und der Anzahl der von ihnen bewerteten Merkmale ab. Im vorliegenden Fall wurden zwei Experten im Außendienst gewählt, die mit über 30 Jahren im Außendienst zu den drei erfahrensten des Unternehmens gehören.<sup>17</sup> Der Servicetechniker des Innendienstes hat einen soliden mittleren Erfahrungshintergrund.<sup>18</sup> Das vorliegende Befragungsdesign bedingt das „Two-way-mixed-model“ bei der Berechnung der ICC (Shrout & Fleiss 1979, S. 421), da die drei Experten bewusst ausgewählt wurden. Bei diesem Modell handelt es sich um das dritte von drei möglichen Modellen:

- Bei Fall 1 wird zwar jedes Merkmal geschätzt, aber die Merkmale werden auf eine zufällige Anzahl von Beurteilern zur Bewertung verteilt (One-way-random-effects).
- Bei Fall 2 wird jedes Merkmal von jedem Beurteiler bewertet und die Beurteiler wurden zufällig aus einer Grundgesamtheit ausgewählt (Two-way-random-effects).

<sup>13</sup> Auch als „Interrater-Reliabilität“ bezeichnet.

<sup>14</sup> Engl. „Intraclass-Correlation-Coefficient“

<sup>15</sup> Für die Berechnungen wurde SPSS Statistics in der Version 22.0 eingesetzt.

<sup>16</sup> In Anlehnung an Urban und Mayerl (2011, S. 275) sowie Bortz und Döring (2006, S. 181ff.) wird die vorliegende 6-stufige Ordinalskala als ausreichend eingestuft, um Intervallskalenniveau bei der ICC-Berechnung anzunehmen.

<sup>17</sup> D.h. mehr als 30 Jahre Berufserfahrung, dabei ST1 mit 37 Jahren Berufserfahrung im Außendienst, ST2 mit 31 Jahren Berufserfahrung im Außendienst. Der dritte ST im Außendienst mit über 30 Jahren Berufserfahrung (32 Jahre) konnte nicht für die Befragung gewonnen werden.

<sup>18</sup> Von  $N = 13$  ST im Innendienst, die an der Befragung zur Benutzerfreundlichkeit teilgenommen haben. Dabei streuen die Erfahrungswerte im Innendienst relativ stark ( $M = 7.93$  Jahre,  $SD = 8.06$  Jahre,  $Min = 0.1$  Jahre,  $Max = 30$  Jahre). Unter Ausschluss der erfahrensten ST (30, 20 und 10 Jahre Erfahrung) ergibt sich bei verbleibenden  $N = 10$  ST,  $M = 4.31$  Jahre,  $SD = 2.77$  Jahre,  $Min = 0.1$  Jahre,  $Max = 9$  Jahre).

- Bei Fall 3 wird jedes Merkmal von jedem Beurteiler bewertet, die Beurteiler wurden jedoch bewusst ausgewählt (Two-way-mixed-Model).

In SPSS muss zudem definiert werden, ob die Auswertung justiert (Konsistenz) oder unjustiert (absolute Übereinstimmung) erfolgen soll. Sind nur die relativen Abweichungen vom Mittelwert der Bewertungen der Experten von Bedeutung, nicht aber Mittelwertunterschiede zwischen den Urteilen der Bewerter, so stellt ein Mittelwertunterschied keine Beeinträchtigung dar und er darf aus der Fehlervarianz herausgerechnet werden (justierte Auswertung). Spielt hingegen der Mittelwertunterschied eine maßgebliche Rolle, wie es bei den vorliegenden schwierigkeitsbestimmenden Merkmalen der Fall ist, so muss das unjustierte Vorgehen gewählt werden, das den strengeren Prüfkriterien unterliegt.

Bei der Berechnung der ICC werden nun alle 39 Bewertungsmerkmale je Servicetechniker „spaltenweise gegenüber gestellt“. Folgend spielen zwei Varianzen eine wesentliche Rolle. Zum einen die Varianz (1) „zwischen den Ausschnitten“ und zum anderen die Varianz (2) „innerhalb der Ausschnitte“. Bei der (1) Varianz zwischen den Ausschnitten werden die bewerteten Merkmale der drei Servicetechniker immer zeilenweise addiert (Zeilensumme) und über die so zustande kommenden 39 Zeilensummen (Ausschnitte) hinweg die Varianz bestimmt (siehe im Detail Bortz & Döring 2006, S. 274ff.). Bei der (2) Varianz innerhalb der Ausschnitte werden alle Bewertungen der drei Servicetechniker einzeln in die Varianzberechnung einbezogen, d.h. es gehen vorliegend in Summe 117 Merkmale in die Berechnung ein (Bortz & Döring 2006, ebd.). Letztlich kann die ICC nur dann akzeptable Werte annehmen, wenn je Servicetechniker über die von ihm bewerteten 39 Merkmale eine angemessene Varianz vorliegt, die Servicetechniker im Vergleich jedoch jedes der 39 Merkmale möglichst gleich bewertet haben. Insbesondere die Varianz, die jeder Servicetechniker über die von ihm bewerteten 39 Merkmale vorweist, darf nicht unterschätzt werden. Es wäre bspw. denkbar, dass alle drei Servicetechniker jedes der 39 Merkmale gleich bzgl. Wert und Ausprägung bewerten (z.B. könnte jeder Rate jedes der 39 Merkmale mit 3 auf der 6-stufigen Ordinalskala bewerten). Die Rater-Übereinstimmung ist dann nur scheinbar perfekt, denn die ICC kann nicht berechnet werden, da die Rater für sich betrachtet keine Varianz in den von ihnen bewerteten Merkmalen zeigen.

Bei der Berechnung des ICC werden von SPSS zwei Werte ausgegeben. (1) Die Korrelation  $r_1$ , die als Reliabilität der Bewertungen eines beliebigen Beobachters zu interpretieren ist.<sup>19</sup> (2) Zudem die Korrelation  $r_k$ , d.h. die Reliabilität der zusammengefassten Bewertungen aller  $k$  Beobachter (Bortz & Döring 2006, S. 274).<sup>20</sup> Maßgeblich für beide Werte ist die Prüfung auf Signifikanz unter Vorgabe eines entsprechenden Konfidenzintervalls, wobei SPSS standardmäßig auf ein 95 % -Konfidenzintervall zurückgreift. Da die Einschätzung von Aufgabenmerkmalen durch unterschiedliche Personen (z.B. Experten, wie erfahrene Mitarbeiter oder Lehrer) erfahrungsgemäß stark divergieren können, wird das Vertrauensintervall von 95 % als angemessen betrachtet und so ein zu starkes Streuen der Unter- und Obergrenze von  $r_1$  und  $r_k$  verhindert. Zudem hat sich gezeigt, dass es sinnvoll scheint,

---

<sup>19</sup> SPSS-Ausgabe: Korrelation innerhalb der Klassen, einzelne Maße (Einzelwert), engl. single measure.

<sup>20</sup> SPSS-Ausgabe: Korrelation innerhalb der Klassen, durchschnittliche Maße (Mittelwert), engl. average measure.

ausschließlich die beiden Servicetechniker im Außendienst als Bewerter einzubeziehen, da sich deren ICC homogener darstellt (siehe Tabelle 4).

	<b>ST1, ST2 &amp; ST3</b>	<b>ST1 &amp; ST2</b>
ICC, $r_1$	$r_1 = .50$	$r_1 = .58$
ICC, $r_k$	$r_k = .75$	$r_k = .74$
Empirischer F-Wert ( $p \leq .05$ )	$F(38,76) = 4.066$	$F(38,38) = 3.781$
Theoretischer F-Wert <sup>21</sup>	$F = 1.56 (\alpha = .05)$	$F = 1.72 (\alpha = .05)$

Tabelle 4: ICC im Vergleich bei Einbezug aller drei ST bzw. ausschließlicher Berücksichtigung der beiden ST im Außendienst

Der Grund für die höhere ICC bei nur zwei Servicetechnikern des Außendienstes liegt daran, dass der Servicetechniker des Innendienstes (ST3) die Fehler im Mittel schwieriger bewertet, d.h. höhere Ausprägungen für die Fehlermerkmale ankreuzt. Dies bestätigt die Notwendigkeit des unjustierten Vorgehens, da sich mittels Herausrechnens der Mittelwertunterschiede aus der Fehlervarianz beim justierten Vorgehen die ICC ( $r_1$ ,  $r_k$ ) fälschlicher Weise verbessern würde. Das Absinken des empirischen F-Wertes bzw. das Ansteigen des theoretischen F-Wertes in Tabelle 4 erklärt sich aus der gesunkenen Zahl der Freiheitsgrade bei nur zwei Servicetechnikern, wobei das Ergebnis dennoch signifikant bleibt. Die ICC,  $r_1 = .58$  stellt die Reliabilität der Bewertung durch einen beliebigen Beobachter (Servicetechniker im Außendienst) dar, wobei 58 % der Varianz der schwierigkeitsbestimmenden Merkmale der Fehlerfälle durch die Experteneinschätzung erklärt werden können. Die durchschnittliche ICC,  $r_k = .74$  stellt die Reliabilität von  $k = 2$  beliebigen anderen Servicetechnikern im Außendienst dar. Das bedeutet, es ist davon auszugehen, dass die Durchschnittsbeobachtungen von zwei beliebigen anderen Servicetechnikern im Außendienst zu  $r_k = .74$  mit den Bewertungen der beiden vorliegenden Servicetechnikern korrelieren.

Die Bewertung der Güte der ICC hängt von der Wahl der Grenzen der Reliabilitätswerte ab, wobei die ICC,  $r_1$  das maßgeblich zu beurteilende Kriterium darstellt. In Anlehnung an Fleiss (1999, S. 7) darf die ICC,  $r_1 = .58$  als angemessen eingestuft werden, wobei für die Grenzen des ICC gilt:  $< .40$  ... poor (schlecht);  $.40$  bis  $.75$  ... fair to good (angemessen);  $> .75$  ... excellent (hervorragend).<sup>22</sup> Vor dem Hintergrund dieses Ergebnisses kann auf die Grundgesamtheit der Servicetechniker im Außendienst geschlossen werden, dass deren Bewertungen der

<sup>21</sup> Alle F-Werte nachstehend berechnet anhand Rechner für F-Verteilung der Uni Köln (siehe Internet: <http://eswf.uni-koeln.de/glossar/surfstat/fvert.htm>, 27.10.16).

<sup>22</sup> Zum Vergleich, Landis und Koch (1977, S. 165) geben als Grenzen für die Interrater-Reliabilität  $\kappa$  (Beobachterübereinstimmung) bei ordinal skalierten Daten folgende Grenzen an, die auch für die ICC und Annahme von Intervallskalenniveau gelten:  $\kappa < .00$  ... poor;  $.00$ -. $20$  ... slight;  $.21$ -. $40$  ... fair;  $.41$ -. $60$  ... moderate;  $.61$ -. $80$  substantial;  $.81$ -. $1.00$  almost perfect. Siehe dazu als Übersicht auch Gwet (2012, S. 121ff.). Bland und Altman (1986, 2003) verweisen zudem auf ein weiteres Verfahren für Intervallskalierte Daten, bei dem immer die Differenz der Beurteilungen der Bewerter gebildet wird, um dann von allen Differenzen den Mittelwert auszurechnen. Anschließend wird die Standardabweichung aller Differenzen vom berechneten Mittelwert gebildet. So lassen sich die „Limits of Agreement“ ermitteln, d.h. die Grenzen, die das 95 % - Konfidenzintervall ( $\pm 1,96$  SD) darstellen. Ob die Grenzen eingehalten oder überschritten werden hängt dann von der Definition der Toleranz ab.

schwierigkeitsbestimmenden Merkmale der Fehlerfälle angemessen ähnlich ausfallen würden, wenn auch keine exzellente Übereinstimmung vorliegt. Mit diesem Nachweis lassen sich die einzelnen Fehlerfälle im Weiteren auf ihre durchschnittliche Schwierigkeit überprüfen. Dabei gilt, dass sowohl triviale Fehler, als auch unlösbare Fehler aus dem Modul LEX auszuschließen sind. Die Einschätzungen des Servicetechnikers aus dem Innendienst werden dabei lediglich zu Kontrollzwecken mitgeführt (siehe Tabelle 5). Ideal wären Fehler mit einer mittleren Schwierigkeit, d.h. von 2 oder 3 auf der 6-stufigen Ordinalskala (0 bis 5). Für Fehlerfall 1 und 2 gelingt dies sehr gut. Fehlerfall 3 zeigt eher die Tendenz, schwieriger zu sein (Einschätzung von ST2 mit 4), kann vor dem Hintergrund der Bewertung von ST1 jedoch noch als akzeptabel angesehen werden, sodass kein Fehler ausgeschlossen werden muss. Für die Umsetzung des Moduls LEX werden diese im Sinne des videofallbasierten Lernens in Videosequenzen umgesetzt (siehe Kap. 4.3).

	<b>Fehlerfall 1</b>	<b>Fehlerfall 2</b>	<b>Fehlerfall 3</b>
Bewertungsmerkmale pro Fehler	13	13	13
Median von ST1 / ST2 / (ST3)	3 / 3 / (4)	3 / 2 / (3)	3 / 4 / (4)

Tabelle 5: Deskriptive Statistik zu den Schwierigkeitsmerkmalsbewertungen durch die drei Servicetechniker (Servicetechniker des Innendienstes nur zu Kontrollzwecken mitgeführt)

### 4.3 Theoriegestützte Videografie der Expertenvorgehensweise

Bei der Videografie der Expertenvorgehensweise wird einer der beiden vorgestellten Servicetechniker des Außendienstes bei der realen Bearbeitung der drei ausgewählten Fehlerfälle am Flachbettlaser L16A gefilmt, um diese Videosequenzen anschließend im Modul LEX einzubinden. Eine Videografie von erfahrenen Personen bei der Fehlersuche und -behebung in technischen Fehlersuchräumen bzw. -systemen muss bereits in der Planungsphase bestimmte Gegebenheiten berücksichtigen. Basierend auf dem überwiegend impliziten Erfahrungswissen von Experten ist es diesen, wie bereits in Kap. 1 angesprochen, sehr häufig nicht möglich, die selbst gezeigte Performanz im Fehlersuchprozess zu verbalisieren oder auf eine andere Art zu operationalisieren (Humpl 2004, S. 36).<sup>23</sup> Gerade im Fehlersuchprozess der Experten „verborgen“ liegen jedoch erfahrungsbasierte Merkmale, die diesen eine Fehlerfallbearbeitung und -behebung überhaupt erst ermöglichen und innerhalb eines Schulungskonzeptes für junge und unerfahrene Servicetechniker (Novizen)<sup>24</sup> operationalisiert und dadurch nutzbar gemacht werden sollen.

Theoriekonform unterscheiden Schaper und Sonntag (1997) in Anlehnung an Rasmussen (1986) zwei Formen von Fehlersuchstrategien, die gegeneinander abgegrenzt werden können,

<sup>23</sup> Dies gilt vor allem dann, wenn der Experte keinen unmittelbaren Kontakt zum technischen System hat und er dennoch sein Vorgehen bei einer Fehlersuche beschreiben soll.

<sup>24</sup> „Novizen-Experten-Paradigma“ von Dreyfus, Dreyfus und Athanasiou (1986) sowie Dreyfus und Dreyfus (1987) welches auch im berufsbildenden Bereich aufgegriffen wurde (z.B. Rauner 2002, 2004, 2007).

(1) „**Symptomatische Strategien**“<sup>25</sup> (vgl. Schaper & Sonntag 1997, S. 52) und (2) „**Topografische Strategien**“<sup>26</sup> (vgl. Schaper & Sonntag 1997, S. 51). Als weitere Form lassen sich „**Zufallsorientierte Strategien**“ benennen, die bspw. Probierstrategien (trial and error) einschließen oder die Orientierung am Prüfschrittaufwand, wie Schaper und Sonntag (1997, S. 53) unter Rekurs auf Wiedemann (1995) anmerken. Untersuchungen im Bereich der industriell-automatisierten Fertigung belegen, dass bei unbekanntem Störungen insbesondere topografische Strategien zum Einsatz kommen, bei Routinestörungen topografische und symptomatische Strategien sich ergänzend angewendet werden und immerhin 20 – 26 % beider Störungsformen durch eine zufallsorientierte Strategie angegangen werden (Schaper & Sonntag 1997, S. 53). Vor dem Hintergrund der komplexen Realanlage wurde von beiden langjährigen Experten im Außendienst des vorliegenden Unternehmens bestätigt, dass Erfahrungswissen ein Symptomatisches Vorgehen zwar begünstigt, eine erhebliche Anzahl der Servicetechniker des Unternehmens jedoch nicht auf eine solch langjährige Erfahrung zurückblicken kann. Mit einer sinkenden Erfahrung steigt automatisch die Notwendigkeit, topografische Strategien bei der Fehlersuche einzusetzen, während zufallsorientierte Strategien, aufgrund der unsicheren Erfolgchancen und der ggf. nicht vorhandenen Reproduzierbarkeit der Lösung, im vorliegenden Kontext generell vermieden werden. Aufgrund der komplexen Realanlagen liegt es zudem auf der Hand, dass selbst erfahrene Servicetechniker nicht ausschließlich mit symptomatischen Strategien arbeiten können, sondern auch darauf angewiesen sind, eine topografische Fehlersuche betreiben zu müssen,<sup>27</sup> d.h. signalgestützt, komponentenorientiert, strategisch, zielorientiert, etc. Das Modul LEX im ServiceLernLab muss daher auf dieses Vorgehen ein besonderes Augenmerk richten. Hierzu lassen sich 8 Entwicklungsschritte der Videografie der Fehlerfälle benennen:

- (1) Besprechung einer möglichen Umsetzung der vorab ausgewählten Fehlerfälle (vgl. Kap. 4.2) durch Videografieren, indem diese zusammen mit dem Experten an der realen Anlage (Praxisorientierter Ansatzpunkt, vgl. Kap. 2) in ihrer Umsetzung besprochen werden.
- (2) Exploratives Filmen der weitestgehend freien Vorgehensweise des Experten bei seiner Fehlersuche und -behebung, die dieser noch nicht kommentiert. Damit wird einerseits dem beschriebenen Phänomen<sup>28</sup> Rechnung getragen, dass die erfahrungsbasierte Fehlersuche eines Experten von diesem nur schwer verbalisiert oder auf anderem Wege

<sup>25</sup> Stark Algorithmus gesteuerte Fehlersuche wie bspw. Mustererkennung eines bereits bekannten Musters, entscheidungstabellengestützte Suche durch Verwendung externer Aufzeichnungen (z.B. Fehlerbäume) sowie hypothesengeleitete Suchen wobei ausgehend von einem funktionalen Modell von Fehlerhypothesen auf deren Auswirkung geschlossen wird (siehe zusammengefasst auch Hedrich 2010, S. 55).

<sup>26</sup> Einem eher heuristischen Vorgehen folgend, da zunächst keine bekannten Informationen zur Störung vorliegen. Ausgehend von einem mentalen Abbild der Maschine wird sich am strukturellen Aufbau der Anlage und entsprechenden Signalflüssen orientiert. Es werden so Pfade analysiert, an denen voranschreitend (einfachere) Prüfungen vollzogen werden, z.B. Komponentenfunktion vorhanden ja/nein (siehe zusammengefasst auch Hedrich 2010, S. 55).

<sup>27</sup> Die Einschätzung der Schwierigkeiten der drei Fehlerfälle durch die beiden ST des Außendienstes (mittlere bis gehobene Schwierigkeiten, vgl. Mediane in Tabelle 5) kann dabei als Indiz dafür gesehen werden, dass die Fehlerfälle für einen (unerfahrenen) Servicetechniker nicht einfach mit einer Symptomatischen Strategie behoben werden können.

<sup>28</sup> Vgl. Kap. 1 (S. 2) und eingangs des vorliegenden Kapitels

operationalisiert werden kann (vgl. Humpl, 2004, S. 36), andererseits beim „lauten Mitdenken“ ggf. Teiloperationen des Fehlersuchprozesses (durch Bündelung kognitiver Ressourcen) anders gewichtet werden als dies bei einem freien Vorgehen der Fall ist (vgl. Hedrich 2010, S. 62).

- (3) Analyse des vorliegenden Filmmaterials zusammen mit dem Experten zur Klärung der Frage, wo erfahrungsbasiertes Vorgehen in den Videosequenzen zu beobachten ist, wie dieses operationalisiert werden kann und welche erfahrungsbasierten Merkmale des Fehlersuchprozesses das finale Schulungsvideo abbilden muss? Ergänzend dazu erfolgt eine theoriegestützte Überprüfung des Filmmaterials durch vertiefendes Herausarbeiten von operationalisierbaren Merkmalen (Hedrich 2010, S. 163 ff.), die den erfahrenen Servicetechniker (Experten) von einem unerfahrenen (Novizen) bei der Fehlersuche an der vorliegenden Realanlage unterscheiden (vgl. Tabelle 6).<sup>29</sup> Diese erfahren bei der finalen Videografie des Expertenvorgehens ihre Berücksichtigung, was unter Punkt (5) erläutert wird.

Experte	Novize
<b>Information zum Fehler beschaffen</b> , d. h. es wird zunächst bspw. der Kunde befragt, wie er den Fehler wahrgenommen hat.	<b>Keine Informationsbeschaffung</b> den Fehler betreffend, d.h. es wird sofort mit der Fehlersuche begonnen, ohne die Vorgeschichte zu eruieren.
<b>Überblick verschaffen</b> , d.h. die Maschine wird in ihrer Gesamtheit wahrgenommen (z.B. um die Anlage gehen, einzelne Komponenten via Sichtprüfung überfliegen, etc.), wobei ein mentales Abbild der Maschine das Vorgehen unterstützt.	<b>Mit eingeschränkter Sicht arbeiten</b> , d.h. es wird bspw. nur ein Teil oder eine Komponente auf eher „gut Glück“ in den Fokus genommen, dieser dann aber nicht mehr zugunsten einer Überblicksperspektive aufgeben.
<b>Vom Leichten zum Schwierigen arbeiten</b> , d.h. es werden einfache Dinge (z.B. über Sichtkontrolle) zuerst kontrolliert bevor aufwendige Reparaturen vorgenommen werden (z.B. Zerlegen von Komponenten).	<b>Zu schnelles festlegen auf eine Vorgehensweise</b> , d.h. es wird nicht mehr reflektiert, ob nicht ggf. einfachere Prüfungen, die auch mit dem Fehler zu tun haben könnten, zuerst durchgeführt werden sollten.
<b>Zielorientiertes Vorgehen</b> , d.h. Fehlersuchräume eingrenzend vorgehen und dabei möglichst wenige Komponenten an der Maschine in den Blick nehmen. Innerhalb des Suchraumes strategisch nach dem Fehler suchen, z.B. durch vorwärts- bzw. rückwärtsgerichtetes Vorgehen oder, indem bspw. eine Messung zwischen zwei möglichst weit entfernten Messpunkten stattfindet	<b>Wahlloses Vorgehen</b> , d.h. Fehlersuchräume werden nicht klar gegeneinander abgegrenzt und es wird zwischen einzelnen Komponenten oder auch Signalarten an der Maschine gesprungen. Ein strategisches Vorgehen ist dabei kaum oder gar nicht erkennbar. Es werden willkürlich Messungen durchgeführt, ohne aus den (Mess-)Ergebnissen eine Erkenntnis zu ziehen. Die Folge ist das Vermischen

<sup>29</sup> Abgesehen von vorliegenden Erkenntnissen zum „Novizen-Experten-Paradigma“ nach Dreyfus et al. (1986) bzw. Dreyfus und Dreyfus (1987) oder im berufsbildenden Bereich nach Rauner (2002, 2004, 2007), halfen bereits existierende Forschungsergebnisse zur Diagnosekompetenz bei Elektronikern für Energie- und Gebäudetechnik im zweiten Ausbildungsjahr von Hedrich (2010) zur kontrastierenden Darstellung der Vorgehensweise von Novizen und Experten. Sekundär ist in diesem Zsh. das Vorliegen von zwei völlig unterschiedlichen technischen Systemen bei beiden Untersuchungen, da allein das Vorgehen bei der Fehlerfallbehebung relevant ist.

und dann die Entfernung zwischen den Messpunkten zielgerichtet verkleinert wird.	von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen bzw. die Falschinterpretation der eigenen Untersuchungen.
<b>Signalwege offenlegen und folgen</b> , d.h. innerhalb eines Fehlersuchraumes Signalarten (Hydraulik, Gasversorgung, Elektrizität und Kommunikation) gegeneinander abgrenzen und an diesen eine Fehlersuche betreiben, indem zielorientiert (siehe letzter Punkt) vorgegangen wird.	<b>Signale vermischen &amp; Signalwege un stetig folgen</b> , d.h. unterschiedliche Signalarten (Hydraulik, Gasversorgung, Elektrizität und Kommunikation) werden gedanklich nicht klar getrennt und es wird zwischen ihnen (wahllos) hin und her gesprungen, ohne zielgerichtetes Vorgehen erkennen zu lassen.
<b>Unterstützungsmaterial beschaffen</b> , d.h. bei Bedarf werden die an der Maschine befindlichen technischen Unterlagen einbezogen. Wenn diese nicht an der Maschine sind, wird erneut der Kunde befragt oder bspw. der Innendienst.	<b>Unterstützungsmaterial wird vernachlässigt oder übersehen</b> , d.h. die Möglichkeit, tiefgehende Informationen bzgl. eines Fehlers zu erhalten, wird nicht in Erwägung gezogen (da ggf. unbekannt) oder nicht als wichtig eingeschätzt.

Tabelle 6: Gegenüberstellung von (operationalisierbaren) Merkmalen der Fehlersuche des Experten an der komplexen Realanlage im Vergleich zum Vorgehen eines Novizen, das unter Einbezug vorliegender Forschungsergebnisse (vgl. Hedrich 2010) zusammen mit beiden ST des Außendienstes abgeleitet wurde

- (4) Entwicklung eines Drehbuchs, welches den Fehlersuchprozess eines jeden Fehlers minutiös in Teilsequenzen zerlegt, wobei jede Teilsequenz mit einer Frage eingeleitet wird, die später innerhalb der Schulung der angehenden Servicetechniker aufgegriffen wird.<sup>30</sup> So bspw. die Frage: „Wo kann mit der Fehlersuche begonnen werden?“, nachdem am Bedienbildschirm eine Fehlermeldung in der Strahlführungsbelüftung angezeigt wird. Das Drehbuch bildet die operationalisierten Merkmale einer erfahrungsbasierten Fehlersuche, die in Tabelle 6 ermittelt wurden.
- (5) Finales Videografieren und Fotografieren des Experten bei seiner Fehlersuche, wobei sich dieser am Drehbuch orientiert und nun durch seine Verbalisierungen, angelehnt an die Methode „Think Aloud“ (vgl. Kap. 2), dem Betrachter (Schulungsteilnehmer) die Möglichkeit gibt, an seiner erfahrungsbasierten Denkweise teilhaben zu lassen und die in Tabelle 6 dargestellten operationalisierbaren Merkmale der Fehlersuche zu beobachten. Zu berücksichtigen ist in diesem Zusammenhang der Unterschied zur reinen Methode „Think Aloud“, bei der innerhalb einer (explorativen) Fehlersuche für den Bearbeiter die Lösung noch nicht feststeht und dieser parallel zur Fehlerbehebung „laut mitdenken“ soll. Einerseits waren die Lösungen für die Fehlerfälle bereits vor der Videografie bekannt (vgl. Kap. 4.2), andererseits fand die Trennung der Fehlerfallbearbeitung durch den Experten und seine Verbalisierung des Vorgehens aus den bereits unter Punkt (2) in dieser Aufzählung genannten Gründen statt.
- (6) Aufbereiten des Video- und Bildmaterials, d.h. Schneiden des Filmmaterials, Einbinden von Texten (bspw. der einleitenden Frage je Videoteilsequenz), Einbinden von unterstützenden Bildern in das Videomaterial (vgl. Abbildung 3), Vorsehen einer Stopp-

<sup>30</sup> Im Drehbuch wird zudem konkretisiert welche Informationsquellen zur Fehlerfallbearbeitung zur Verfügung stehen, welches idealisierte Vorgehen gewählt werden kann, welche unterstützenden Medien es gibt, welche Lerninhalte der Fehler bietet, in welcher Form erfahrungsbasiertes Vorgehen zu beobachten ist, etc.

Funktion, sodass die einleitenden Fragen zu jeder Videoteilsequenz immer so lange angezeigt werden, bis der Betrachter die Wiedergabe des Video selbst bestätigt (vgl. dazu Kap. 5.1 CISCH), usw.

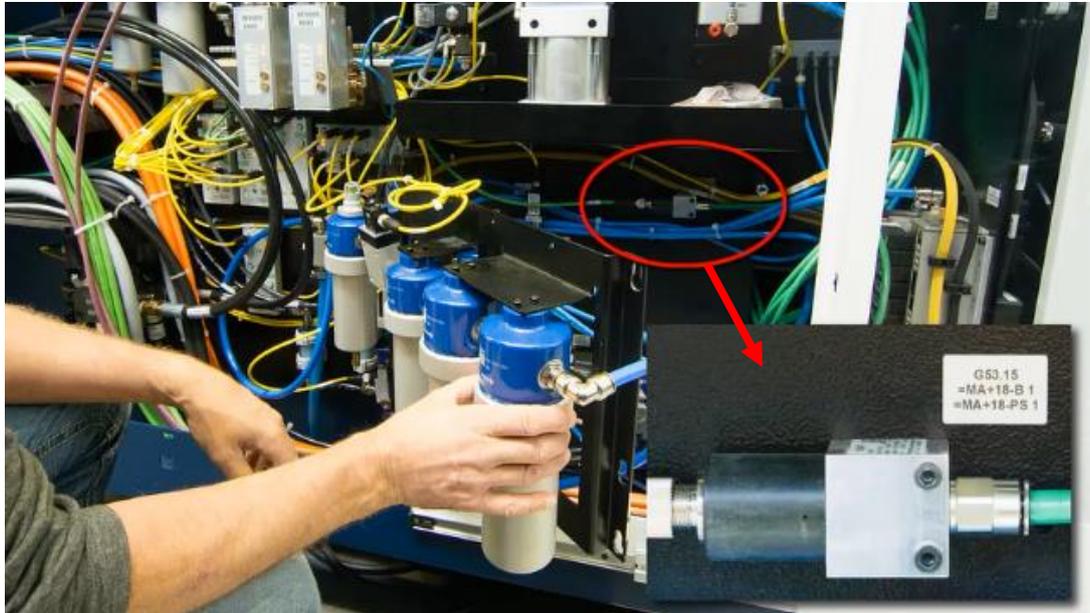


Abbildung 3: Ausschnitt aus dem Schulungsvideo (Experte bei der Fehlersuche). Bildmaterial (hier: vergrößerter Ausschnitt des Druckmessumformers G53.15) unterstützt dabei die Videografie der Fehlersuche durch den Experten

- (7) Einbinden des fertigen Videos zur Fehlersuche und -behebung bzgl. der drei ausgewählten Fehlerfälle (vgl. Kap. 4.2 bzw. Tabelle 4) in das computerbasierte interaktive Schulungsmodul (kurz: CISCH, vgl. Kap. 5.1).
- (8) Aufgreifen der Fragen, die eingangs jeder Teilsequenz der Videografie der Fehlerfälle gestellt werden, in einem didaktisch aufbereitenden Schulungsheft (siehe Kap. 5.2). Dieses begleitet unter Erarbeitung von Antwortmöglichkeiten für die gestellten Fragen (zusammen mit dem Schulungsleiter) durch den Fehlersuchprozess und führt ihn bis zur finalen Behebung/Lösung des Fehlers (Methode des Lernens aus/von Fehlern, vgl. Kap. 2).

## 5 Umsetzung von Modul LEX unter Einbindung des entwickelten Videomaterials

Innerhalb der Umsetzung des Modul LEX fand die Entwicklung eines „Computerbasierten interaktiven Schulungsmoduls“ (CISCH, Kap. 5.1) sowie von Schulungsunterlagen (vgl. Kap. 5.2) statt. Beide Elemente werden verzahnend innerhalb der Schulung des Modul LEX eingesetzt. Diese kann sowohl (a) örtlich gebunden als auch (b) örtlich ungebunden durchgeführt werden. Bei der Variante (a) vor Ort (z.B. im Schulungszentrum des Unternehmens) wird das CISCH mittels Computer bedient, wobei die notwendigen Dateien lokal auf

dem Computer abgelegt sind. Das Schulungsheft wird dabei in Papierform an die Teilnehmer ausgegeben. Bei der örtlich ungebunden Variante (b) kann das komplette Schulungsmodul LEX (CISCH und Schulungsheft) internetgestützt geöffnet werden. In dieser Variante werden Antworten der Schulungsteilnehmer direkt in das Online-Schulungsheft geschrieben und dieses kann anschließend abgespeichert werden. Eine Variante, die sich vor allem dann anbietet, wenn Servicetechniker relativ weit entfernt vom Firmenstammsitz und Schulungszentrum wohnen und arbeiten.

### 5.1 Computerbasiertes interaktives Schulungsmodul (CISCH)

Eine der obersten Prämissen beim CISCH war die Berücksichtigung einer flachen Bedienstruktur, d.h. es wird bis auf eine Ausnahme im Fehlerdiagnosemodul eine Verschachtelungstiefe von drei Ebenen nicht überschritten (siehe Abbildung 4). Die Verbindung der Ebenen erfolgt hierarchisch, d.h. aus einer Ebene gelangt man durch Zurückgehen wieder auf die hierarchisch übergeordnete Ebene (gestrichelte Pfeile).

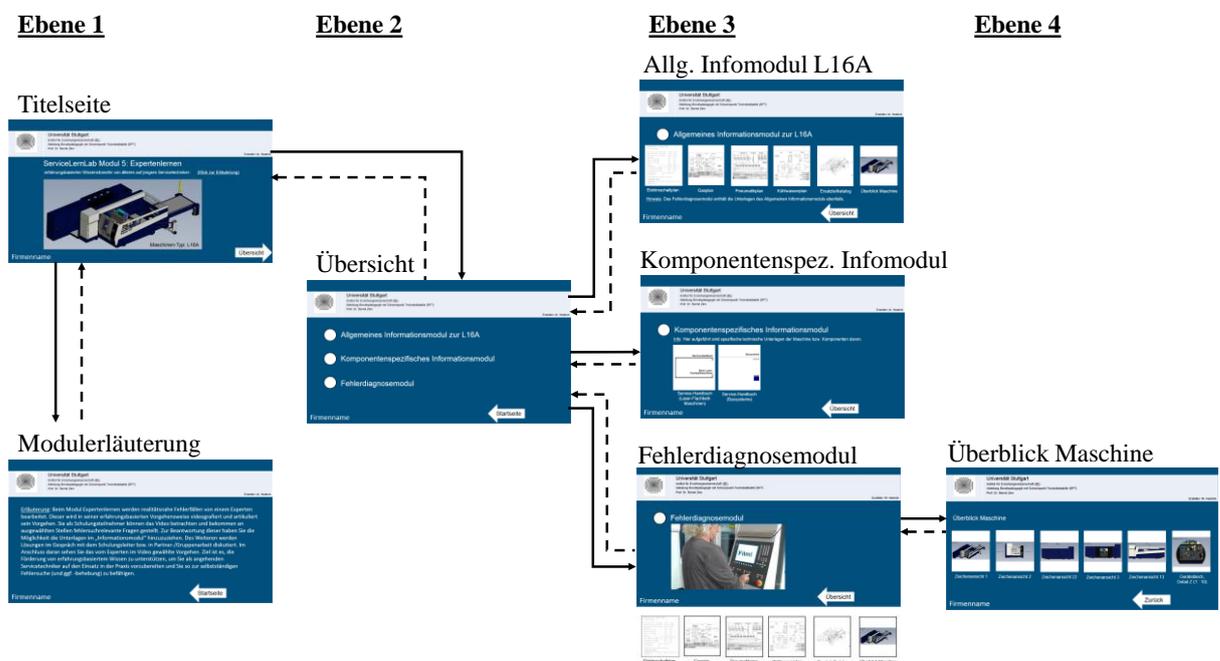


Abbildung 4: Hierarchischer Aufbau des Computerbasierten, interaktiven Schulungsmoduls „CISCH“, Ebenen nach rechts in der Tiefe zunehmend

Der Hauptbereich des CISCH wird durch die drei Elemente auf Ebene drei repräsentiert: (1) allgemeines Informationsmodul zur L16A<sup>31</sup>, (2) Komponentenspezifisches Informationsmodul<sup>32</sup> und dem (3) Fehlerdiagnosemodul, in welches auch die Videografierten Elemente eingebunden sind. Die in den Modulen von Ebene 3 unterstützenden Materialien sind digital hinterlegt und können durch Anklicken mit der linken Maustaste geöffnet werden. So sind

<sup>31</sup> Mit folgenden Unterlagen: Elektroschaltplan, Gasplan, Pneumatikplan, Kühlwasserplan, Ersatzteilkatalog und einen Überblick der Maschine (CAD-Auszüge der Maschine in 2D- und 3D-Darstellung).

<sup>32</sup> Enthält das Servicehandbuch der Laser-Flachbett-Maschine sowie das der Bussysteme

bspw. im allgemeinen Informationsmodul alle technischen Unterlagen der Maschine einsehbar, wie Elektroschaltplan, Gasplan, etc. Bei der örtlich gebundenen Variante (siehe eingangs von Kap. 5) werden die unterstützenden Unterlagen in der kostenfreien „Adobe Acrobat Reader DC“ geöffnet, bei der örtlich ungebundenen Variante öffnen sich die Unterlagen direkt im Internetbrowser durch Öffnen eines neuen Reiters („TAB“).

Die videografierte, erfahrungsbasierte Fehlersuche des Experten stellt den bedeutendsten Teil des CISCH dar und befindet sich ebenfalls in Ebene 3. Das Video kann mittels Anklicken mit der linken Maustaste geöffnet und nachverfolgt werden. Dabei werden die drei entwickelten Fehlerfälle (vgl. Kap. 4.2) nacheinander präsentiert. Der Experte führt eine Fehlerdiagnose mit anschließender Fehlerbehebung durch und kommentiert sein Vorgehen in Anlehnung an die Methode „Think Aloud“. Die Programmierung wurde so vorgenommen, dass vor jeder Videosequenz, die ein erfahrungsbasiertes bzw. operationalisierbares Vorgehen enthält, ein Stopp erfolgt und dem Schulungsteilnehmer (Novizen) eine Frage gestellt wird. Betrachtet der Schulungsteilnehmer im Video bspw. die Fehlermeldung zu Beginn von Fehlerfall 1<sup>33</sup> am Diagnosebildschirm der Maschine, die auch der Experte sieht (siehe Abbildung 5), so wird im vorliegenden Fall die Frage „Wo kann mit der Fehlersuche begonnen werden?“ eingeblendet.

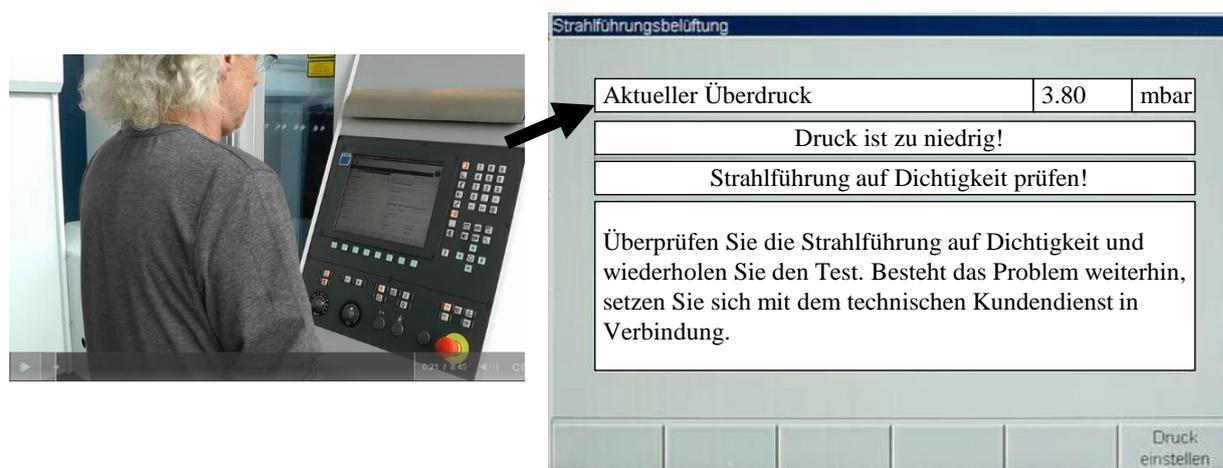


Abbildung 5: Fehlersmeldung am Bildschirm der Maschine

Diese Frage kann nun bspw. innerhalb der Schulung diskutiert sowie unter Einbezug der im CISCH hinterlegten (technischen) Unterlagen eine mögliche Lösung für die Frage in im Schulungsheft (vgl. Kap. 5.2) vermerkt werden. Damit der Schulungsteilnehmer hierfür das „Fehlerdiagnosemodul“ (vgl. Abbildung 4) nicht zwingend verlassen muss, sind die technischen Unterlagen des allgemeinen Informationsmoduls auch über Schaltflächen unter dem Video anwählbar und können parallel zur Videobetrachtung eingesehen werden. Im Anschluss an eine Teilsequenz des Videos kann dieses durch Betätigen einer eingeblendeten Taste wieder gestartet werden.<sup>34</sup> Das so entstehende Wechselspiel zwischen den vorangestellten

<sup>33</sup> Vgl. zu den Fehlerfällen Tabelle 1.

<sup>34</sup> Der Schulungsteilnehmer (Novize) besitzt immer auch die Möglichkeit das Video selbst zu stoppen oder ggf. bestimmte Sequenzen erneut zu betrachten.

Abwägungen der Novizen bzgl. eines möglichen Vorgehens bei der Fehlersuche, der Erarbeitung einer möglichen Lösung und dem anschließenden Nachvollziehen der erfahrungsbasierten Vorgehensweise des Experten im Video wird über alle drei Fehlerfälle konstant beibehalten. Auf diese Weise wird der Novize immer wieder angeregt, sich gedanklich in die Fehlersuche hineinzusetzen und nicht nur teilnahmslos das videografierte Expertenvorgehen zu betrachten.

## 5.2 Schulungsheft zum Modul LEX

Die Schulungsunterlagen zum Modul LEX sind ergänzend zum Fehlerdiagnosemodul im CISCH zu sehen. Sie führen zunächst in den Fehlerfall ein und instruieren den Schulungsteilnehmer, parallel dazu erste Bedienschritte im CISCH (vgl. Kap. 5.1) vorzunehmen, um dessen Aufbau nachvollziehen zu können. So gilt es eingangs von Fehlerfall 1 bspw. nicht nur im Video zu erkennen, dass ein fehlerhafter Druck von 3.80 mbar vorliegt, sondern der Schulungsteilnehmer muss zunächst über die technischen Unterlagen (hier dem Gasplan) den Solldruck bestimmen und diesen notieren. Ergänzend hat der Schulungsleiter die entsprechende Musterlösung (siehe Abbildung 6).

### Frage 5:

Am Bedienpult erscheint die Fehlermeldung, der Druck sei zu niedrig. Als Druck werden 3,8 mbar angezeigt. Wie finden Sie heraus, wie hoch der Druck normalerweise sein sollte?

In den Unterlagen der Anlage (Gasplan!)

ist ersichtlich, wie hoch der Druck sein sollte.



**Expertenergänzung:** Die Unterlagen zu der Anlage sollten direkt an der Maschine zu finden sein. Ansonsten müssen Kunde oder der Innendienst nach den Plänen gefragt werden.

### Frage 6:

Wie hoch müsste der Druck laut den technischen Unterlagen tatsächlich sein? **HINWEIS:** Verwenden Sie zur Beantwortung der Frage das „Allgemeine Informationsmodul zur L16 A“ aus dem Schulungsmodul.

Laut Gasplan (S. 2, rechts oben) sollte der Druck in der Strahlrohrführung 4,25 mbar betragen.



**Expertenergänzung:** Im Gasplan auf Seite 2

findet sich die Strahlrohrbelüftung. Hier ist auch zu finden, welche Elemente auf der Gasseite relevant für die Strahlrohrbelüftung sind.



**Aufgabe:**  
Betrachten Sie sich das Schulungsvideo (Sequenz 1, 00:28).

Abbildung 6: Auszug der Musterlösung mit Expertenergänzungen

Je nach Aufgabe kann dieser einerseits die rot gedruckte „(technische) Musterlösung“ entnommen werden, andererseits wird grün ergänzt, welche Strategien ein Experte parallel zum Ermitteln der technischen Lösung anwendet oder anwenden könnte. So wird bei Frage 6 (siehe Abbildung 6) der Hinweis darauf gegeben, dass ein Experte im Gasplan erkennt, dass diesem nicht nur der gesuchte Sollruck von 4,25 mbar zu entnehmen ist, sondern der Plan quasi in aufbereiteter Form bereits eine Übersicht über den Aufbau der Strahlrohrbelüftung mit den darin befindlichen Elementen gibt. Auf diese Art und Weise sind die Merkmale einer Expertenvorgehensweise nach Kap. 4.3 (darin Tabelle 6) verschriftlicht und präsent. Die didaktische Aufbereitung des Schulungsheftes wird durch angemessenen Einbezug von Texten, farblichen Hervorhebungen oder auch Abbildungen Rechnung getragen. Um eine einseitige Bearbeitung der Fehlerfälle zu vermeiden, werden im Schulungsheft zudem wechselnde Sozialformen vorgeschlagen (vgl. Abbildung 6).

## 6 Bewertung der Benutzerfreundlichkeit des Konzept LEX

Nach Fertigstellung des Modul LEX im ServiceLernLab fand dessen Bewertung durch Servicetechniker des kooperierenden Unternehmens statt.

### 6.1 Befragungsdesign

Die Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit (Usability) des Modul LEX fand durch einen Onlinebefragung weiterer Servicetechniker (Außen- & Innendienst) des kooperierenden Unternehmens statt. Erhoben wurden drei Bereiche: (1) Persönliche Angaben, (2) Bewertung der Gebrauchstauglichkeit des CISCH und (3) Bewertung der Gebrauchstauglichkeit der Schulungsunterlagen.<sup>35</sup> Die Fragen wurden, mit wenigen Ausnahmen, bei den persönlichen Angaben (siehe Tabelle 7) in einem geschlossenen Antwortformat präsentiert (ordinal skaliert, 5-stufig, Single Choice, Antwortmöglichkeit für die Probanden von 0 bis 4<sup>36</sup>, siehe Tabelle 8 und Tabelle 9). Die vorliegend gewählten Items zur Gebrauchstauglichkeit sind angelehnt an den Fragebogen „Isonorm 9241/10“<sup>37</sup> der EN ISO 9241-110 und wurden bereits in dieser Form eingesetzt (im Detail Zinn, Guo & Sari 2016). Zur besseren Verständlichkeit wurde den Servicetechnikern ein digitales Manual zugeschickt, welches den Umfang sowie den (geplanten) Einsatz von LEX in Kurzform erläutert und die drei Bereiche der Onlinebefragung vorstellt.

---

<sup>35</sup> Fragebogen zu Punkt (2) und (3) abgeleitet aus bereits vorhandenen Fragebögen im Bereich der Benutzer- bzw. Bedienfreundlichkeit einer virtuellen Schulung (vgl. Zinn, Guo & Sari 2016).

<sup>36</sup> Bei der Auswertung: 0 = trifft gar nicht zu; 1 = trifft bedingt zu, 2 = trifft eher zu, 3 = trifft zu, 4 = trifft voll zu

<sup>37</sup> Dieser enthält bspw. Merkmale der Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität, Fehlertoleranz, Individualisierbarkeit und Lernförderlichkeit. Im Detail Fragen zur Wahrnehmung des Umfang des Moduls durch die Servicetechniker, zur Funktionalität oder bspw. auch zur Benutzerfreundlichkeit.

1	Wie viele Jahre arbeiten Sie schon im Unternehmen?
2	In welchem Bereich arbeiten Sie momentan?
3	Seit wie vielen Jahren arbeiten Sie schon in Ihrem momentanen Bereich?

Tabelle 7: Erhebung persönlicher Merkmale der Servicetechniker

CISCH1	Das computerbasierte, interaktive Schulungsmodul (CISCH) bietet einen guten Überblick über sein Funktionsangebot.	① ② ③ ④
CISCH2	Das CISCH enthält nicht zu viele schwer verständliche Begriffe.*	① ② ③ ④
CISCH3	Das CISCH enthält alle notwendigen Informationen darüber, welche Eingaben möglich sind.	① ② ③ ④
CISCH4	Das CISCH zwingt nicht zur starren Einhaltung von Bearbeitungsschritten.*	① ② ③ ④
CISCH5	Der Wechsel zwischen einzelnen Menüs oder Masken funktioniert im CISCH ohne Erschwernisse.	① ② ③ ④
CISCH6	Gewünschte Informationen lassen sich mit dem CISCH leicht am Bildschirm darstellen.	① ② ③ ④
CISCH7	Die Bedienung des CISCH führt nicht immer wieder zu unnötigen Unterbrechungen bei der Arbeit.*	① ② ③ ④
CISCH8	Die Gestaltung des CISCH ist einheitlich und ermöglicht eine leichte Orientierung.	① ② ③ ④
CISCH9	Die Bedienung des CISCH ist nach einem durchgängigen Prinzip möglich.	① ② ③ ④
CISCH10	Die Bildschirmdarstellung lässt sich an individuelle Bedürfnisse anpassen.	① ② ③ ④
CISCH11	Das CISCH erfordert nicht viel Zeit beim Erlernen der Bedienung.*	① ② ③ ④
CISCH12	Das CISCH lässt sich bedienen, ohne dass man sich viele Bedienungsdetails merken muss.	① ② ③ ④
CISCH13	Das CISCH ist auch gut ohne fremde Hilfe bedienbar.	① ② ③ ④
CISCH14	Das computerbasierte interaktive Schulungsmodul (CISCH) eignet sich gut, um Erfahrungswissen bei unerfahrenen (und jungen) Servicetechnikern zu fördern.	① ② ③ ④

Tabelle 8: Items des Onlinefragebogens zum CISCH. Die vier mit „\*“ markierten Items sind bereits umgepolt und an die Formulierung der restlichen Items angepasst. Zur Legende: CISCH1 ... Frage 1 zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit des CISCH

S1	Das Schulungsheft ist übersichtlich gestaltet.	① ② ③ ④
S2	Das Schulungsheft ist gut verständlich formuliert.*	① ② ③ ④
S3	Das Schulungsheft enthält keine überflüssigen Angaben.*	① ② ③ ④
S4	Das Schulungsheft ist ansprechend gestaltet.	① ② ③ ④
S5	Die Angaben im Schulungsheft sind nicht zu umfangreich.*	① ② ③ ④
S6	Das Schulungsheft ist eine gute Ergänzung zum computerbasierten, interaktiven Schulungsmodul (CISCH), um Erfahrungswissen bei unerfahrenen (und jungen) Servicetechnikern zu fördern.	① ② ③ ④

Tabelle 9: Items des Onlinefragebogens zu den Schulungsunterlagen. Die drei mit „\*“ markierten Items sind bereits umgepolt und an die Formulierung der restlichen Items angepasst. Zur Legende: S1 ... Frage 1 zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit der Schulungsunter

## 6.2 Präsentation und Diskussion der Ergebnisse

Von insgesamt  $n = 44$  befragten Servicetechnikern<sup>38</sup> konnten nach Eliminierung der „Missings“<sup>39</sup> noch  $n = 28$  Servicetechniker<sup>40</sup> ermittelt werden, die eine umfassende Bewertung aller Merkmale innerhalb der drei Bewertungsbereiche vorgenommen haben. Auch wenn die Rückmeldequote zuerst gering erscheint, so kann vor dem Hintergrund der hohen Belastung der Servicetechniker die Quote als zufriedenstellend betrachtet werden. Bei der Analyse des Alters der verbleibenden Servicetechniker, ermittelt über den Personencode der Befragung, zeigt sich ein Anteil von über 50% an Personen, mit max. 35 Jahren (siehe Abbildung 7).

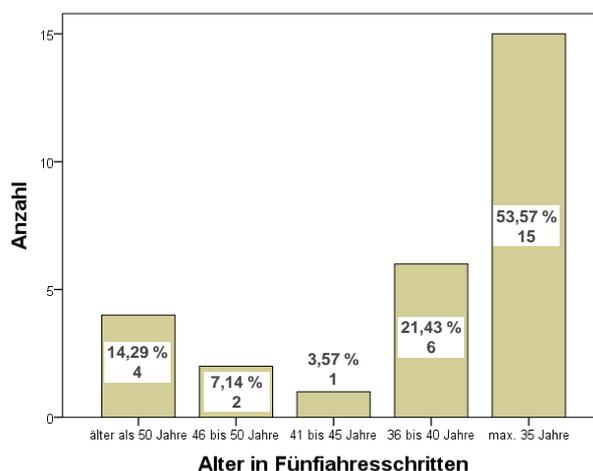


Abbildung 7: Alter der Servicetechniker (N = 28)

<sup>38</sup> 28 Außendienst; 14 Innendienst, 2 keine Angabe (insgesamt arbeiten in dem Unternehmen 69 Servicetechniker, 50 im Außendienst und 19 im Innendienst).

<sup>39</sup> Befragte Servicetechniker, die nicht bei allen Fragen in allen drei Bereichen (Persönliche Angaben, CISCH & Schulungsheft) Bewertungen vorgenommen haben, z.B. weil die Onlinebewertung abgebrochen wurde oder weil mehrere Fragen übersprungen wurden, sind bei der Auswertung nicht berücksichtigt worden.

<sup>40</sup> 22 Außendienst, 6 Innendienst

Bei der Auswertung der Arbeitszeit der Servicetechniker im Unternehmen wurde diese zur besseren Übersichtlichkeit zunächst in sieben Zeitbereiche eingeteilt (letzter Bereich mit „mehr als 30 Jahre“ einseitig offen). Bei der Gegenüberstellung der Arbeitszeit im Unternehmen (vgl. Abbildung 8) bzw. innerhalb des Servicebereichs (vgl. Abbildung 9) zeigt sich jeweils, dass der Großteil der 28 Servicetechniker seit maximal zehn Jahren im Unternehmen bzw. im Servicebereich arbeitet. Abgesehen von den absoluten Häufigkeiten bleibt die relative Verteilung auch dann erhalten, wenn die Servicetechniker des Innendienstes (N = 6) nicht einbezogen werden.

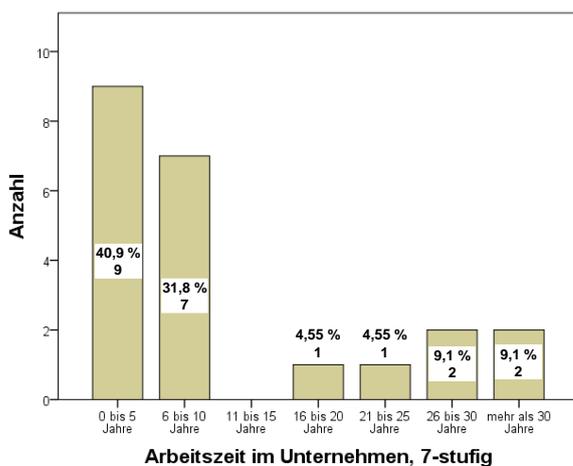


Abbildung 8: Arbeitszeit im Unternehmen

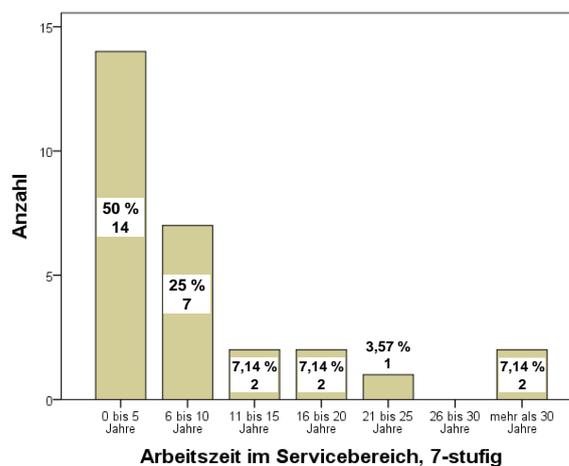


Abbildung 9: Arbeitszeit im Servicebereich

Werden ausgehend von dieser Datenlage die Ergebnisse der Gebrauchstauglichkeit des Modul LEX in den Blick genommen, so zeigen sich in Summe nahezu durchweg positive Bewertungen der Servicetechniker, sowohl für das CISCH (siehe Tabelle 10) als auch für die Schulungsunterlagen (siehe Tabelle 11). Präsentiert werden dabei jeweils die absoluten Häufigkeiten der Merkmalsausprägungen des CISCH und der Schulungsunterlagen sowie der Median und der Modus für jedes Merkmal. Lediglich für CISCH4 (Zeile in Tabelle 10 markiert) fallen Median und Modus eher moderat aus. In der noch nicht einheitlich gepolten Formulierung lautete die Merkmalsbeschreibung für CISCH4 „Das CISCH zwingt zur starren Einhaltung von Bearbeitungsschritten“. Es darf angenommen werden, dass hierbei von den Servicetechnikern weniger der negative Aspekt einer unflexiblen Handhabung verstanden wurde, als vielmehr, dass die Bearbeitung der Fehlerfälle einer klaren Linie folgt, was beim Erwerb von strategiebehaftetem und operationalisierbaren Erfahrungswissen jedoch unablässig ist.

	Merkmalsausprägungen					Median	Modus
	0 = trifft gar nicht zu	1 = trifft bedingt zu	2 = trifft eher zu	3 = trifft zu	4 = trifft voll zu		
CISCH1	0	0	3	9	16	<b>4,00</b>	<b>4</b>
CISCH2	0	0	1	2	25	<b>4,00</b>	<b>4</b>
CISCH3	0	3	2	6	17	<b>4,00</b>	<b>4</b>
<b>CISCH4</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>2,50</b>	<b>1</b>
CISCH5	1	1	6	3	17	<b>4,00</b>	<b>4</b>
CISCH6	0	1	1	7	19	<b>4,00</b>	<b>4</b>
CISCH7	0	2	4	10	12	<b>3,00</b>	<b>4</b>
CISCH8	0	1	3	7	17	<b>4,00</b>	<b>4</b>
CISCH9	0	2	0	5	21	<b>4,00</b>	<b>4</b>
CISCH10	0	1	4	9	14	<b>3,50</b>	<b>4</b>
CISCH11	1	2	1	3	21	<b>4,00</b>	<b>4</b>
CISCH12	0	2	1	5	19	<b>4,00</b>	<b>4</b>
CISCH13	0	1	2	5	20	<b>4,00</b>	<b>4</b>
CISCH14	1	0	2	7	17	<b>4,00</b>	<b>4</b>

Tabelle 10: Absolute Häufigkeiten der Bewertungen des CISCH von Modul LEX sowie Mediane der Merkmale des Onlinefragebogens

	Merkmalsausprägungen					Median	Modus
	0 = trifft gar nicht zu	1 = trifft bedingt zu	2 = trifft eher zu	3 = trifft zu	4 = trifft voll zu		
S1	0	0	4	16	8	<b>3,00</b>	<b>3</b>
S2	1	0	4	12	11	<b>3,00</b>	<b>3</b>
S3	1	0	3	15	9	<b>3,00</b>	<b>3</b>
S4	0	3	4	5	16	<b>4,00</b>	<b>4</b>
S5	0	4	4	4	16	<b>4,00</b>	<b>4</b>
S6	1	1	2	7	17	<b>4,00</b>	<b>4</b>

Tabelle 11: Absolute Häufigkeiten der Bewertungen der Schulungsunterlagen von Modul LEX sowie Mediane der Merkmale des Onlinefragebogens

Bei der durchweg positiven Bewertungen der Gebrauchstauglichkeit von Modul LEX kann davon ausgegangen werden, dass die im Vorfeld getroffenen (theoretischen) Überlegungen (vgl. vor allem Kap. 4.2 und 4.3) sowie die Vorgaben bei der Entwicklung des CISCH (vgl. Kap. 5.1) und der Schulungsunterlagen (vgl. Kap. 5.2) förderlich für den Entwicklungsprozess waren. Das Ergebnis bestätigt sich auch, wenn zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit von CISCH und Schulungsunterlagen nur die Altersgruppe „max. 35 Jahre“ (N = 15) herangezogen wird.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Vor dem Hintergrund des hohen Anteils an „jungen Servicetechnikern“ im Unternehmen (vgl. Abbildung 7, S. 273) und der Kenntnis um eine generell hohe Fluktuation, vor allem bei Servicetechnikern im Außenbereich (vgl. Zinn et al. 2015, S. 118), bestätigt sich in der vorliegenden Untersuchung erneut die zentrale Bedeutung eines permanenten Transfers des Erfahrungswissens von älteren (erfahrenen) auf jüngere (unerfahrene) Servicetechniker. Dies kann zur substanziellen Milderung eines Kompetenzverlusts durch Ausscheiden von älteren (erfahrenen) Mitarbeitern beitragen (vgl. Zinn et al. 2015).

Durch die primär theoriegeleitete Entwicklung der Fehlerfälle im Modul LEX und unter Einbezug der Betrachtung zu schwierigkeitsbestimmenden Fehlerfallmerkmalen mit den Experten ist es gelungen, Fehlerfälle mittlerer Schwierigkeit zu entwickeln (vgl. Kap. 4.2). Die Reliabilität befindet sich mit ICC,  $r_1 = .58$  auf einem angemessenen Niveau und die Bewertung der schwierigkeitsbestimmenden Merkmale lässt sich dahingehend übertragen, dass die Einschätzung von anderen Servicetechnikern im Außendienst angemessen ähnlich ausfallen würden. Beim Servicetechniker im Innendienst gelingt dies nicht. Dessen Bewertungen der Fehlerfälle weicht deutlich ab und ist ein möglicher Hinweis darauf, dass bei einer derartigen Bewertung eine mentale Bindung zwischen dem Experten und dem technischen System vorhanden sein muss, wie sie bei Servicetechnikern im Außendienst durch die tägliche Arbeit am realen technischen System unterstellt werden kann.

Bei der Umsetzung der Fehlerfälle im Sinne des videofallbasierten Lernens innerhalb des CISCH hat sich gezeigt, dass sich die theoretischen Vorüberlegungen bei der Ausarbeitung der Unterschiede zwischen Experten- und Novizenvorgehen (vgl. Tabelle 6) adäquat dafür eignen, das Expertenvorgehen akzentuiert darzustellen. Die Verbalisierungen durch den Experten, unter Anlehnung an die Methode „Think Aloud“, unterstützen den Novizen bei der kognitiven Auseinandersetzung mit der erfahrungsbasierten Vorgehensweise des Experten. Durch die wechselseitige Einbindung von CISCH und Schulungsunterlagen entsteht damit ein didaktisch aufbereiteter Rahmen, innerhalb dessen sich eine Schulung zum Transfer von Erfahrungswissen umsetzen lässt. Bestätigt wird dies vor allem auf der Basis der durchweg positiv bewerteten Gebrauchstauglichkeit des Modul LEX durch die Servicetechniker ( $N = 28$ ) des kooperierenden Unternehmens.

Die Struktur des entwickelten Moduls scheint grundsätzlich auch übertragbar auf andere Maschinen und Fehlerfälle. Da bislang noch keine Wirkungseffekte zum Lernen mit dem Modul LEX vorliegen, wäre es interessant, beispielsweise in einer klassischen Experimental- und Kontrollgruppenstudie den tatsächlichen Transfer von Erfahrungswissen auch im Vergleich zu alternativen traditionellen Unterweisungen oder im Rahmen von virtuellen Settings näher zu analysieren.

## Literaturverzeichnis

Baethge, M., Solga, H. & Wieck, M. (2007). *Berufsbildung im Umbruch. Signale eines überfälligen Aufbruchs ; [Studie] (Netzwerk - Bildung, 1. Aufl.)*. Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung.

Beaton, A. E. & Allen, N. L. (1992). Chapter 6: Interpreting Scales Through Scale Anchoring. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 17 (2), 191–204.

Bendorf, M. (2002). *Bedingungen und Mechanismen des Wissenstransfers. Lehr- und Lern-Arrangements für die Kundenberatung in Banken (DUV Wirtschaftswissenschaft, 1. Aufl.)*. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl.

Bland, J. M. & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet (London, England)*, 1 (8476), 307–310.

Bland, J. M. & Altman, D. G. (2003). Applying the right statistics: analyses of measurement studies. *Ultrasound in obstetrics & gynecology: the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 22 (1), 85–93.

Bloom, B. S. (1972). *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich (Betz Studienbuch)*. Weinheim: Beltz.

Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H. & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives. Handbook I: The Cognitive Domain*. New York: David McKay Co Inc.

Böhle, F. (2005). Erfahrungswissen hilft bei der Bewältigung des Unplanbaren. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 34 (5), 9–13. Verfügbar unter <https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/bwp/show/id/1042>.

Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Mit 87 Tabellen (Springer-Lehrbuch Bachelor, Master, 4., überarb. Aufl.)*. Berlin: Springer.

Bühl, A. (2012). *SPSS 20. Einführung in die moderne Datenanalyse (Always learning, 13., aktual. Aufl.)*. München: Pearson.

Collins, A. M., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1989). Cognitive Apprenticeship: teaching the craft of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Hrsg.), *Knowing, learning, and instruction. Essays in honor of Robert Glaser (S. 453–494)*. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.

CTGV. (1990). Anchored Instruction and Its Relationship to Situated Cognition. *Educational Researcher*, Vol. 19 (No. 6), 2–10. Verfügbar unter [http://ocw.metu.edu.tr/pluginfile.php/9109/mod\\_resource/content/1/1177136.pdf](http://ocw.metu.edu.tr/pluginfile.php/9109/mod_resource/content/1/1177136.pdf).

CTGV. (1993). Anchored Instruction and Situated Cognition Revisited. *Educational Technology*, 33 (3), 52–70.

Digel, S. (2010). Interaktionsprozesse beim fallbasierten Lernen – Eine Betrachtung sozialer, struktureller und kognitiver Dimensionen von Fallarbeit in Gruppen. In J. Schrader, R.

- Hohmann & S. Hartz (Hrsg.), *Mediengestützte Fallarbeit. Konzepte, Erfahrungen und Befunde zur Kompetenzentwicklung von Erwachsenenbildnern (EB-Buch, Bd. 31, S. 263–284)*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Digel, S., Goeze, A. & Schrader, J. (2012). *Aus Videofällen lernen. Einführung in die Praxis für Lehrkräfte, Trainer und Berater (EB spezial, Bd. 12)*. Bielefeld: W. Bertelsmann.
- Digel, S. & Schrader, J. (Hrsg.). (2013). *Diagnostizieren und Handeln von Lehrkräften. Lernen aus Videofällen in Hochschule und Erwachsenenbildung (EB-Buch, Bd. 35, 1. Aufl., neue Ausg.)*. Bielefeld: Bertelsmann, W.
- Dörner, D. (1981). *Über die Schwierigkeiten menschlichen Umgangs mit Komplexität. Psychologische Rundschau, XXXII (3), 163–179.*
- Dreyfus, H. L. & Dreyfus, S. E. (1987). *Künstliche Intelligenz. Von den Grenzen der Denkmaschine und dem Wert der Intuition (Rororo, 8144 : rororo-Computer, Dt. Erstausg.)*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Dreyfus, H. L., Dreyfus, S. E. & Athanasiou, T. (1986). *Mind over machine. The power of human intuition and expertise in the era of the computer*. New York: Free Press.
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1980). *Verbal reports as data. Psychological Review, 87 (3), 215–251.*
- Fleiss, J. L. (1999). *The design and analysis of clinical experiments (Wiley classics library, Wiley classics library ed.)*. New York: Wiley.
- Gruber, H., Mandl, H. & Renkl, A. (Januar 1999). *Was lernen wir in Schule und Hochschule: Träges Wissen? (Forschungsbericht 101)*. München: LMU München.
- Gschwendtner, T., Geißel, B. & Nickolaus, R. (2007). *Förderung und Entwicklung der Fehleranalysefähigkeit in der Grundstufe der elektrotechnischen Ausbildung. bwpat (13), 1–18. Verfügbar unter [http://www.bwpat.de/ausgabe13/gschwendtner\\_etal\\_bwpat13.shtml](http://www.bwpat.de/ausgabe13/gschwendtner_etal_bwpat13.shtml)*
- Gwet, K. L. (2012). *Handbook of inter-rater reliability. The definitive guide to measuring the extent of agreement among raters (3rd ed.)*. Gaithersburg, MD: Advanced Analytics, LLC.
- Hartig, J. (2007). *Skalierung und Definition von Kompetenzniveaus. In E. Klieme & B. Beck (Hrsg.), Sprachliche Kompetenzen. Konzepte und Messung ; DESI-Studie (Deutsch-Englisch-Schülerleistungen-International) (Beltz Pädagogik, S. 83–99)*. Weinheim: Beltz. Verfügbar unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0111-opus-31435>
- Hasselhorn, M. (1992). *Metakognition und Lernen. In G. Nold (Hrsg.), Lernbedingungen und Lernstrategien. Welche Rolle spielen kognitive Verstehensstrukturen? (Tübinger Beiträge zur Linguistik, Bd. 366, S. 35–63)*. Tübingen: G. Narr. Verfügbar unter [http://www.pedocs.de/volltexte/2012/2001/pdf/Hasselhorn\\_Marcus\\_Metakognition\\_und\\_Lernen\\_D\\_A.pdf](http://www.pedocs.de/volltexte/2012/2001/pdf/Hasselhorn_Marcus_Metakognition_und_Lernen_D_A.pdf).
- Hedrich, M. (2010). *Qualitative Studie zur Diagnosekompetenz bei Elektronikern für Energie- und Gebäudetechnik im zweiten Ausbildungsjahr, Ludwigsburg: Masterarbeit.*

- Humpl, B. (2004). *Transfer von Erfahrungen. Ein Beitrag zur Leistungssteigerung in projektorientierten Organisationen* (Wirtschaftswissenschaft, 1. Aufl.). Wiesbaden: Deutscher Univ.-Verl.
- Klimmer, M., Schreiber, P. & Unumatz, R. (2010). *Vermarktung von Serviceleistungen in der Industriegüterbranche* (Fakultät für Wirtschaftsingenieurwesen, Hrsg.). Mannheim: Hochsch. Mannheim.
- Krems, J. (1994). *Wissensbasierte Urteilsbildung. Diagnostisches Problemlösen durch Experten und Expertensysteme* (1. Aufl.). Bern: Verlag Hans Huber.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33 (1), 159–174.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated learning. Legitimate peripheral participation* (Learning in doing). Cambridge [England]: Cambridge University Press.
- Link, N. & Geissel, B. (2015). Konstruktvalidität konstruktiver Problemlösefähigkeit bei Elektronikern für Automatisierungstechnik. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW)*, 111 (2), 208 bis 221.
- Mähler, C. & Hasselhorn, M. (2001). Lern- und Gedächtnistraining bei Kindern. In K. J. Klauer (Hrsg.), *Handbuch kognitives Training* (2., überarb. und erg. Aufl., S. 407–429). Göttingen: Hogrefe.
- Morrison, D. L., Lewis, G. & Lemap, A. (1997). Predictors of Fault-Finding Skill. *Australian Psychologist*, 32 (3), 146–152.
- Nickolaus, R. (2011). Die Erfassung fachlicher Kompetenzen und ihre Entwicklungen in der beruflichen Bildung: Forschungsstand und Perspektiven. In O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.), *Stationen Empirischer Bildungsforschung* (S. 331–351). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Nüesch, C. & Metzger, C. (2001). Lernkompetenzen und ihr Zusammenhang mit motivationalen Überzeugungen und Lernleistungen in der kaufmännischen Berufsausbildung. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW)*, 106 (1), 36–51.
- Oser, F., Hascher, T. & Spychiger, M. (1999). Lernen aus Fehlern Zur Psychologie des „negativen“ Wissens. In W. Althof (Hrsg.), *Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern. Beiträge und Nachträge zu einem interdisziplinären Symposium aus Anlaß des 60. Geburtstags von Fritz Oser* (S. 11–41). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Pfeiffer, S. (2012). Wissenschaftliches Wissen und Erfahrungswissen, ihre Bedeutung in innovativen Unternehmen und was das mit (beruflicher) Bildung zu tun hat. In E. Kuda, G. Spöttl, J. Strauss & B. Kassebaum (Hrsg.), *Akademisierung der Arbeitswelt? Zur Zukunft der beruflichen Bildung* (S. 203–219). Hamburg: VSA Verlag.
- Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction. An approach to cognitive engineering* (North-Holland series in system science and engineering, Bd. 12). New York: North-Holland.

- Rauner, F. (2002). Berufliche Kompetenzentwicklung - vom Novizen zum Experten. In P. Dehnbostel, U. Elsholz, J. Meister & J. Meyer-Henk (Hrsg.), *Vernetzte Kompetenzentwicklung. Alternative Positionen zur Weiterbildung* (S. 111 bis 132). Berlin: Edition Sigma. Verfügbar unter [http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/2002\\_Rauner\\_Novize\\_scan.pdf](http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/2002_Rauner_Novize_scan.pdf).
- Rauner, F. (2004). *Praktisches Wissen und berufliche Handlungskompetenz* (Institut für Technik und Bildung, Universität Bremen, Hrsg.) (ITB-Forschungsberichte Nr. 14). Bremen: ITB, Abteilung: Arbeitsprozesse und berufliche Bildung. Verfügbar unter [https://www.itb.uni-bremen.de/ccm/cms-service/stream/asset/fb\\_14\\_04.pdf?asset\\_id=2636015](https://www.itb.uni-bremen.de/ccm/cms-service/stream/asset/fb_14_04.pdf?asset_id=2636015).
- Rauner, F. (2007). *Praktisches Wissen und berufliche Handlungskompetenz*. Europäische Zeitschrift für Berufsbildung (40), 57 bis 72. Verfügbar unter [http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/40\\_de\\_rauner.pdf](http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/40_de_rauner.pdf).
- Schaper, N. & Sonntag, K. (Hrsg.). (1997). *Störungsmanagement und Diagnosekompetenz. Leistungskritisches Denken und Handeln in komplexen technischen Systemen* (Mensch, Technik, Organisation, Bd. 13). Zürich: Vdf, Hochschulverl. an der ETH Zürich.
- Schumann, S. & Eberle, F. (2011). Bedeutung und Verwendung schwierigkeitsbestimmender Aufgabenmerkmale für die Erfassung ökonomischer und beruflicher Kompetenzen. In U. Faßhauer, B. Fürstenau & E. Wuttke (Hrsg.), *Grundlagenforschung zum Dualen System und Kompetenzentwicklung in der Lehrerbildung* (Schriftenreihe der Sektion Berufs- und Wirtschaftspädagogik der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft (DGfE), S. 77–89). Opladen: Budrich.
- Shrout, P. E. & Fleiss, J. L. (1979). Intraclass correlations. Uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin*, 86 (2), 420–428.
- Spiro, R. J., Coulson, R. L., Feltovich, P. J. & Anderson, D. K. (1988). Cognitive flexibility theory: Advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. In *Program of the Tenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*. 17-19 August 1988, Montreal, Quebec, Canada (S. 375–383). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates. Verfügbar unter [https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/18011/ctrstreadtechrepv01988i00441\\_opt.pdf?sequence=1](https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/18011/ctrstreadtechrepv01988i00441_opt.pdf?sequence=1).
- Spiro, R. J., Feltovich, P. J., Coulson, R. L., Jacobson, M., Durgunoglu, A., Ravlin, S. et al. (April / 1992). *Knowledge acquisition for application: Cognitive flexibility and transfer of training in ill-structured domains*. Illinois: United States Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences. Verfügbar unter <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA250147>.
- Spiro, R. J., Vispoel, W. P., Schmitz, J. G., Samarapungavan, A. & Boerger, A. E. (1987). Knowledge acquisition for application: Cognitive flexibility and transfer in complex content domains. In B. K. Britton & S. M. Glynn (Hrsg.), *Executive control processes in reading* (Psychology of reading and reading instruction, S. 177–200). Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Association. Verfügbar unter [https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/17527/ctrstreadtechrepv01987i00409\\_opt.pdf?sequence=1](https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/17527/ctrstreadtechrepv01987i00409_opt.pdf?sequence=1).

Spöttl, G., Becker, M. & Musekamp, F. (2011). Anforderungen an Kfz-Mechatroniker und Implikationen für die Kompetenzerfassung. In R. Nickolaus (Hrsg.), *Lehr-Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung (Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik : Beiheft, Bd. 25, Bd. 25, S. 37–53)*. Stuttgart: Steiner.

Urban, D. & Mayerl, J. (2011). *Regressionsanalyse. Theorie, Technik und Anwendung ; [neu: jetzt auch mit logistischer Regression] (Studienskripten zur Soziologie, 4., überarb. und erw. Aufl.)*. Wiesbaden: VS-Verl.

Walker, F., Link, N. & Nickolaus, R. (2015). Berufsfachliche Kompetenzstrukturen bei Elektronikern für Automatisierungstechnik am Ende der Ausbildung. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW)* (2, Band 111), 222 bis 241.

Wiedemann, J. (1995). Ermittlung von Qualifizierungsbedarf. Am Beispiel der Störungsdiagnose in der flexiblen Fertigung (*Internationale Hochschulschriften, Bd. 184*). Münster: Waxmann.

Zinn, B., Guo, Q. & Sari, D. (2016). Entwicklung und Evaluation der virtuellen Lern- und Arbeitsumgebung VILA. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 4 (1), 89–117.

Zinn, B., Güzel, E., Walker, F., Nickolaus, R., Sari, D. & Hedrich, M. (2015). ServiceLernLab – Ein Lern- und Transferkonzept für (angehende) Servicetechniker im Maschinen- und Anlagenbau. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3 (2), 116–149.

Zinn, B., Nickolaus, R., Duffke, G., Güzel, E., Sawazki, J. & Würmlin, J. (2016). Belastungen von Servicetechnikern im Maschinen- und Anlagenbau im Bezugfeld lebensphasenorientierten Kompetenzmanagements. In F. Frerichs (Hrsg.), *Altern in der Erwerbsarbeit. Perspektiven der Laufbahngestaltung (Vechtaer Beiträge zur Gerontologie, S. 163–182)*. Wiesbaden: Springer VS.

## **Autoren**

Dipl.-Ing. (FH), StR Matthias Hedrich, M.Sc.

Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft, Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik

Azenbergstraße 12, 70174 Stuttgart

hedrich@ife.uni-stuttgart.de

Prof. Dr. Bernd Zinn

Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft, Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik

Azenbergstraße 12, 70174 Stuttgart

zinn@ife.uni-stuttgart.de

---

Zitieren dieses Beitrages:

Hedrich, M. & Zinn, B. (2016): Entwicklung und formative Evaluation eines Konzepts zum Transfer von Erfahrungswissen bei Servicetechniker mittels videofallbasiertem Lernen. Journal of Technical Education (JOTED), Jg. 4 (Heft 2), S. 253-284.