



Aufbau mentaler Modelle von komplexen technischen Systemen mittels aktiver Visualisierung

Entwicklung einer Visualisierung zur Unterstützung des Systemverständnisses für den Arbeitsbereich der Kundeninformation am Bahnhof, mit Fokus auf der Beschaffenheit der Elemente für die Eignung des Aufbaus mentaler Modelle

Masterarbeit
2016

Autorin
Betreuende Person
Praxispartner

Karin Hostettler
Prof. Dr. Katrin Fischer
SBB AG, Infrastruktur Betrieb, Frau Pia Zwahlen

Zusammenfassung

In komplexen Mensch-Maschine-Systemen werden Funktionen automatisiert, was bei der Nutzung durch den Menschen aufgrund Komplexität und mangelndem Systemverständnis zu Problemen führen kann. So auch bei der SBB die Informationsspezialisten der Kundeninformation am Bahnhof. Daher wird zur Unterstützung des Systemverständnisses eine aktive Visualisierung entwickelt und die Wirkung getestet. Folgende Hypothesen werden untersucht: Das Lernen mit der Visualisierung generiert einen Wissenszuwachs, wobei die Visualisierung mit hoher Elaboriertheit einen grösseren Wissenszuwachs generiert als die mit niedriger Elaboriertheit. Die Wirkungsmessung (n=8) erfolgte im Pre-Posttest-Design mit zwei Ausprägungen: niedrige/hohe Elaboriertheit. Fünf Indikatoren massen Qualität und Umfang des abgerufenen Wissens, das eine intervenierende Variable für ein mentales Modell darstellte. Die Auswertung erfolgte durch Quantifizieren der qualitativen Daten mit Prozentvergleich. Ein Wissenszuwachs durch die Visualisierung fand statt, wobei der Unterschied zwischen den Ausprägungen wider Erwarten gering war. Die aktive Visualisierung ist eine geeignete Methode zur Unterstützung des Systemverständnisses. (1198 inkl. Leerzeichen)

Schlüsselwörter: aktive Visualisierung, komplexe technische Systeme, mentale Modelle

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Master-Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und nur mit den angegebenen Quellen, Hilfsmitteln und Hilfeleistungen erstellt habe und dass Zitate kenntlich gemacht sind.

15.12.2016

Karin Hostettler

Abstract

In complex man-machine systems, certain automated functions can cause problems due to their complexity and to workers misunderstanding the system. The customer information specialists at the SBB train stations also have this problem. As a result, an active visualization was developed and its effect tested in order to train the employees to have a better system understanding. The following hypotheses were examined: Learning with the visualization generates an increase in knowledge and the one with more elaboration generates an even greater knowledge growth than the one with less elaboration. Suitability (n=8) was measured using a pre-post-test design in 2 forms: less/more elaboration. Five indicators measure quality and scope of retrieved knowledge, which is used as an intervening variable for a mental model. This qualitative data was quantified using a percentage comparison. People treated with visualization could increase their knowledge, although the difference between the 2 forms was surprisingly small. The developed active visualization is a suitable method to have a better system understanding.
(1117 incl. space)

Keywords: active visualization, complex technical systems, mental models

Abkürzungsverzeichnis allgemein

Abkürzung	Begriff
AV	Abhängige Variable
Be 1, Be 2	Befragter 1, Befragter 2
T	Messzeitpunkt, Wissen zum Zeitpunkt T
UV	Unabhängige Variable
V1, V2	Visualisierungsform 1, Visualisierungsform 2
VP, VPn	Versuchsperson, Versuchspersonen
<i>M</i>	(arithmetischer) Mittelwert
<i>SD</i>	Standardabweichung (n-1)
Δ	Delta, die Differenz

Abkürzungsverzeichnis SBB spezifisch

Abkürzung	Begriff	Beschreibung
AGSB	Ausgabesteuerung Bahnhof	Server zur Steuerung der akustischen und optischen Ausgaben am Bahnhof.
Backbone	CUS Backbone	Das System zur Aufbereitung und Verbreitung von Daten für die Kundeninformation. Synonym für CUS-Zentral.
BLM	Betriebslagemonitor	Endgerät zur zugsunabhängigen Information bei Ereignissen. Wird mittels MMI-CUS bewirtschaftet.
BZ	Betriebszentrale	Verantwortliche Stelle für die Disposition und Überwachung des Zugverkehrs sowie der Kundeninformation in einer Region.
CUS	Customer System	Kundeninformationsplattform der SBB mit Quellsystemen, zentralen und dezentralen Komponenten.

Abkürzung	Begriff	Beschreibung
CUS-z	CUS-Zentral	Das System zur Aufbereitung und Verbreitung von Daten für die Kundeninformation. Auch «CUS Backbone» genannt.
ILTIS	Integriertes Leit- und Informationssystem	Leittechnik-System zum Steuern und Überwachung des Zugverkehrs.
InfoSpez (IS)	Informationsspezialistin, Informationsspezialist	Informiert die Reisenden über den Zugverkehr, Anschlüsse, Gruppenreservierungen, Formationen und lenkt die Reisenden. Intern auch IS genannt.
KI	Kundeninformation	Kundeninformation.
KIB	Kundeninformation am Bahnhof	System der SBB Infrastruktur bestehend aus der Ausgabesteuerung Bahnhof (AGSB), Audioserver und Displayserver, das die akustische und optische Kundeninformation am Bahnhof sicherstellt. KIB bezieht Echtzeitinformationen vom CUS-Backbone.
MMI	Man Machine Interface	Benutzungsschnittstelle, über welche die Mitarbeitenden ein System bedienen.
MMI-CUS	MMI-CUS	Benutzungsschnittstelle bzw. die Software zur Bewirtschaftung von CUS Zentral.
MMI-KIB	MMI-KIB	Benutzungsschnittstelle bzw. die Software zur Bewirtschaftung der optischen und akustischen Kundeninformation am Bahnhof.
RCS-D	Rail Control System Disposition	Dispositionssystem der SBB. Liefert Prognosen über Fahrzeiten, Produktionspläne und Dispomassnahmen.
ZVL	Zugsverkehrsleiter, Zugsverkehrsleiterinnen	Überwachen, disponieren und lenken die Züge in ihren zugeteilten Bedienbereichen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ziel, Mehrwert und Aufbau der Untersuchung	2
1.2	Praxispartner und Einsatzgebiet der Visualisierung	2
1.2.1	Praxispartner: SBB Infrastruktur Betrieb	3
1.2.2	Zielpublikum der Visualisierung: InfoSpez	3
1.2.3	Technisches System: KIB in CUS	3
2	Theoretische Grundlagen	5
2.1	Komplexe (technische) Systeme	5
2.1.1	Merkmale komplexer Systeme	5
2.1.2	Komplexe technische Systeme im Kontext dieser Arbeit	6
2.2	Mentale Modelle	7
2.2.1	Mentale Modelle als Form der Wissensrepräsentation	7
2.2.2	Ausgewählte theoretische Ansätze und Untersuchungen zu mentalen Modellen	8
2.2.3	Abgrenzung mentaler Modelle zu operativen Abbildsystemen, Schemata und kognitiver Landkarte	10
2.2.4	Aufbau und Abruf mentaler Modelle im Rahmen eines Informationsverarbeitungsmodells	10
2.2.5	Mentale Modelle im Kontext dieser Arbeit	11
2.3	Visualisierung	13
2.3.1	Begriff und Bedeutung von Visualisierung	13
2.3.2	Elaboriertheit als Merkmal von Elementen einer Visualisierung	14
2.3.3	Lernen durch bildliche Darstellung	14
2.3.4	Mapping-Techniken als Repräsentationsformate, die bildliche Darstellung unterstützen	15
2.3.5	Visualisierung im Kontext dieser Arbeit	16
3	Fragestellungen und Hypothesen	17
3.1	Generelle Forschungsfrage	17
3.2	Spezifische Fragestellungen und Hypothesen	17
4	Methodik	19
4.1	Stichprobe	19
4.2	Untersuchungsdesign und Ablauf der Untersuchung	19
4.3	Datenerhebung und –auswertung erster Teil: Exploration des Anwendungsgebietes	20
4.3.1	Halbstandardisiertes Leitfadeninterview	20
4.3.2	Methodenkritik	22
4.4	Entwicklung der Visualisierung zweiter Teil: aktive Visualisierung als Puzzle	22
4.4.1	Kriterien und Vorgehensweise	22
4.4.2	Verwendete Materialien und Erstellungsprogramme	24

4.5	Datenerhebung und -auswertung dritter Teil: Wirkungsmessung auf Eignung und Akzeptanz	26
4.5.1	Pre-Posttest-Design mit einer Intervention in zwei Ausprägungen	26
4.5.2	Methodenkritik.....	31
4.5.3	Quantitatives Interview mit qualitativem Einstieg	32
4.5.4	Methodenkritik.....	34
5	Ergebnisse	35
5.1	Erster Teil: Exploration des Anwendungsgebietes	35
5.1.1	Stichprobenbeschreibung.....	35
5.1.2	Typische Aufgaben/Bedienfälle und Handlungen.....	35
5.1.3	Komplexität der Systemzusammenhänge	37
5.2	Dritter Teil: Wirkungsmessung auf Eignung und Akzeptanz	42
5.2.1	Stichprobenbeschreibung.....	42
5.2.2	Eignung der Visualisierung für einen Wissenszuwachs (objektiv).....	42
5.2.3	Eignung der Visualisierung für einen Wissenszuwachs und Akzeptanz (subjektiv).....	46
6	Diskussion	52
6.1	Erster Teil: Exploration des Anwendungsgebietes	52
6.2	Zweiter Teil: Entwicklung der Visualisierung.....	52
6.3	Dritter Teil: Wirkungsmessung auf Eignung und Akzeptanz	53
6.4	Zusammenfassung und Ausblick	56
7	Literaturverzeichnis	58
	Anhang.....	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die komplexe Systemlandschaft der SBB zu den Planungs- Dispositions- und Informationssystemen (Stand 2010).....	4
Abbildung 2: Aufbau und Abruf mentaler Modelle im Rahmen eines Informationsverarbeitungsmodells..	11
Abbildung 3: Grafische Darstellung der wesentlichen Phasen der Untersuchung sowie der verwendeten Methoden.	19
Abbildung 4: Vorhandene Visualisierungen von Systemlandschaften bei der SBB.	23
Abbildung 5: Entwickelte Visualisierung, hier die Form niedrige Elaboriertheit, d.h. ohne Abbildungen... ..	25
Abbildung 6: Grafische Darstellung der in der Untersuchung verwendeten Variablen.....	27
Abbildung 7: Die grafische Umsetzung der Systemkomponenten.....	29
Abbildung 8: Grafische Darstellung der Erhebung und der Messungen im Pre-Posttest.	29
Abbildung 9: Beispiel einer Auswertung mit den fünf Indikatoren <i>Systemkomponenten, thematische Gruppierungen, Beschreibungen der Systemkomponenten, Beschreibungen des Daten-/ Informationsflusses, Wenn-Dann-Aussagen</i>	31
Abbildung 10: Absoluter Wissenszuwachs (Umfang des abgerufenen Wissens) im Post- verglichen zum Pretest.....	45
Abbildung 11: Relativer Wissenszuwachs (Qualität des abgerufenen Wissens) im Post- verglichen zum Pretest.....	45
Abbildung 12: Zustimmung zu Aussagen zum Thema Wissenszuwachs.	46
Abbildung 13: Zustimmung zu Aussagen für die Eignung für ein verbessertes Kennen des Systems.....	47
Abbildung 14: Zustimmung zu Aussagen zur Akzeptanz der Art und Umsetzung der Visualisierung.	47
Abbildung 15: Abbildungen eines Pre- und Posttests zur Darstellung der festgestellten Speicherung eines visualisierungsähnlichen Bildes nach Verwendung der aktiven Visualisierung.	54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einordnung der Visualisierung nach Präsentationsmedium, Repräsentationsmodus und sensorischer Modalität.	24
Tabelle 2: Die einzelnen Elemente der Visualisierung mit Beschreibung und bildlicher Darstellung.	26
Tabelle 3: Überblick über die verwendeten Indikatoren für den Umfang und die Qualität des abgerufenen Wissens.	28
Tabelle 4: Stichprobenbeschreibung der Exploration des Anwendungsgebietes.	35
Tabelle 5: Informations-/Datenfluss einer der drei gewählten wichtigsten/typischsten Hauptaufgaben eines InfoSpez: <i>Überwachung der Systeme</i>	36
Tabelle 6: Informations-/Datenfluss einer der drei gewählten wichtigsten/typischsten Hauptaufgaben eines InfoSpez: <i>Verspätungen mit Gründen ergänzen</i>	36
Tabelle 7: Informations-/Datenfluss einer der drei gewählten wichtigsten/typischsten Hauptaufgaben eines InfoSpez: <i>Kundenlenkung bei Zugsauflauf</i>	37

Tabelle 8: Ergebnisse zum Merkmal Informationsmenge/Komplexität der Aussagekarte (A01): <i>Eine Vielzahl voneinander abhängigen Komponenten erzeugt eine grosse Informationsmenge.</i>	38
Tabelle 9: Ergebnisse zum Merkmal Vernetztheit der Aussagekarte (A02): <i>Ein Eingriff in einem Teil des Systems hat Auswirkungen auf andere Teile und wirkt nicht nur isoliert.</i>	38
Tabelle 10: Ergebnisse zum Merkmal Vernetztheit der Aussagekarte (A03): <i>Oft ist bei Eingriffen nicht bekannt, welche Komponenten beteiligt sind und wie sie miteinander vernetzt sind.</i>	38
Tabelle 11: Ergebnisse zum Merkmal Dynamik der Aussagekarte (A04): <i>Das System verändert sich, auch ohne dass ein Eingriff vorgenommen wird.....</i>	39
Tabelle 12: Ergebnisse zum Merkmal Informationsmenge/Komplexität der Aussagekarte (A05): <i>Da sich das System auch ohne zutun ständig verändert, muss versucht werden zu verstehen, wohin sich das Ganze entwickeln wird (Entwicklungstendenz).....</i>	39
Tabelle 13: Ergebnisse zum Merkmal Intransparenz der Aussagekarte (A06): <i>Das System ist oft nicht durchschaubar, Komponente und Verknüpfungen zwischen einzelnen Elementen bleiben vage und unbekannt.</i>	39
Tabelle 14: Ergebnisse zum Merkmal Intransparenz der Aussagekarte (A07): <i>Entscheide müssen gefällt werden, obwohl viele Informationen nur teilweise bekannt sind und diese oft auch noch unscharf oder unklar sind.....</i>	40
Tabelle 15: Gewählte Merkmale komplexer technischer Systeme, die sich am stärksten auf die Arbeit als InfoSpez auswirken.	40
Tabelle 16: Stichprobenbeschreibung der Wirkungsmessung auf Eignung und Akzeptanz.	42
Tabelle 17: Ergebnisse der einzelnen Indikatoren pro VP (Deltawert, d.h. Posttest minus Pretest) und der Gesamtwert jeder VP sowohl für den Umfang, als auch für die Qualität des Wissens. <i>Visualisierungsform niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung.</i>	43
Tabelle 18: Ergebnisse der einzelnen Indikatoren pro VP (Deltawert, d.h. Posttest minus Pretest) und der Gesamtwert jeder VP sowohl für den Umfang, als auch für die Qualität des Wissens. <i>Visualisierungsform hohe Elaboriertheit/mit Abbildung.</i>	43
Tabelle 19: Eine Zusammenstellung der beiden UV mit den Deltas (Posttest minus Pretest) der gemessenen AV.	44

1 Einleitung

Arbeitsaufgaben – Menschen – technische Systeme: In einem modernen Arbeitssystem erfüllen mehrere Menschen im Zusammenwirken mit mehr oder weniger komplexen technischen Systemen vorgegebene Aufgabestellungen (Manzey, 2012). In diesem Arbeitssystem werden zunehmend Funktionen automatisiert, um so Menschen bei der Erfüllung ihrer Aufgaben zu unterstützen. Bei der Nutzung dieser komplexen automatisierten Systeme durch den Menschen können aufgrund der Komplexität und mangelndem Systemverständnis Probleme auftreten. Diese Probleme treten unter anderem auf, wenn die Nutzenden aufgrund mangelndem Wissen oder aufgrund der Komplexität kein korrektes mentales Modell der Funktionsweise der Automation besitzen oder aufbauen können. Für die Nutzenden ist es dann kaum möglich die Informationen richtig zu interpretieren und daraus Vorhersagen über die weiteren Prozesse und Handlungsschritte abzuleiten (Manzey, 2012).

Die Betriebszentralen (BZ) der Schweizerischen Bundesbahnen SBB, in denen der operative Betrieb des Zugverkehrs gesteuert wird, sind solch moderne Arbeitssysteme. Es gibt verschiedene Rollen, die in und mit diesen komplexen Systemen arbeiten, wie auch die der Informationsspezialistinnen und Informationsspezialisten (InfoSpez) der Kundeninformation am Bahnhof (KIB). Die Hauptaufgabe der InfoSpez besteht in der Information der Reisenden über Zugverkehr, Anschlüsse, Gruppenreservierungen und Formationen und in der Lenkung der Reisenden. Die bereits beschriebenen Probleme, die in modernen Arbeitssystemen entstehen können, verschärfen sich bei den InfoSpez, da deren Ausbildung eher kurz ist und wenig prioritär gehandhabt wird. Zudem arbeiten viele der InfoSpez vor allem als Zugverkehrsleitende (ZVL), als Folge davon üben sie Tätigkeiten der Kundeninformation eher selten aus. *Es stellt sich die primäre Frage, wie die InfoSpez unterstützt werden können, um zu einem besseren Systemverständnis zu gelangen.* Ein Weg, um das mangelnde Systemverständnis oder die mangelnde Transparenz des automatisierten Systems zu verringern, ist das Training der Nutzenden (Manzey, 2012). Demzufolge muss eine Methode gefunden werden, die die InfoSpez ausüben können, um so ein verbessertes Systemverständnis zu erlangen. Zur Unterstützung des Systemverständnisses der InfoSpez wird in dieser Arbeit die Methodik der Visualisierung gewählt.

Der Hauptfokus dieser Untersuchung liegt in der Entwicklung einer Visualisierung für die InfoSpez, damit diese ein (verbessertes) mentales Modell der technischen Systeme und deren Zusammenhänge aufbauen können. Dazu stellt sich die generellen Forschungsfrage, *wie die Visualisierung eines komplexen technischen Systems gestaltet sein muss, damit Nutzende funktionelle mentale Modelle aufbauen und abrufen können, die zu einem verbesserten Systemverständnis führen.*

Die Methodik der Visualisierung wird mittels einer Mapping-Technik umgesetzt, dies mit der Methode der aktiven Visualisierung. Genauer gesagt wird zur Unterstützung des Systemverständnisses der InfoSpez eine aktive Visualisierung entwickelt, ein Visualisierungs-Puzzle zu den Systemkomponenten und -zusammenhängen. Mit diesem Visualisierungs-Puzzle können die InfoSpez selbständig üben, indem sie es zusammensetzen und mit einer Expertenlösung kontrollieren. Die Wirkung der aktiven Visualisierung wird anschliessend geprüft. Dies einerseits auf Eignung für den Aufbau mentaler Modelle für ein verbessertes Systemverständnis, andererseits auf Akzeptanz der Art und Umsetzung der Visualisierung bei der Zielgruppe der Infospez.

1.1 Ziel, Mehrwert und Aufbau der Untersuchung

Das **Ziel** der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung einer Visualisierung eines komplexen technischen Systems zur Unterstützung der InfoSpez, damit diese ein (verbessertes) mentales Modell der technischen Systeme und deren Zusammenhänge aufbauen können. Dazu wird vorgängig das Anwendungsgebiet der Visualisierung exploriert und nachgelagert die Wirkung der entwickelten Visualisierung geprüft.

Der **Mehrwert** für den Praxispartner liegt darin, dass durch die Ergänzung und Unterstützung des Aufbaus mentaler Modelle die Lernprozesse verbessert werden können. Des Weiteren erlauben funktionierende mentale Modelle über die Arbeit mit dem technischen System eine erhöhte Sicherheit bei der Ausführung von Arbeitshandlungen (Manzey, 2012), womit generell die Professionalität der Berufsgruppen unterstützt werden kann. Aus wissenschaftlicher Sicht wird ein Erkenntnisgewinn über die Eignung einer Visualisierung für den Aufbau mentaler Modelle bei der Arbeit mit komplexen technischen Systemen angestrebt. Hierfür wird ein Fokus auf die Beschaffenheit der Merkmale der Visualisierung gelegt. Die Merkmale der Visualisierung, die sogenannten Systemkomponenten, werden in einer Ausprägung der Visualisierung nur in Textform (niedrige Elaboriertheit) dargestellt und in einer anderen Ausprägung wird diese Darstellung noch mit Bildern ergänzt (hohe Elaboriertheit).

Die vorliegende Masterarbeit ist folgendermassen aufgebaut: Als Abschluss dieses einleitenden Teils in **Kapitel 1** folgt noch die Einbettung der Visualisierung in die Themen Praxispartner und Einsatzgebiet. In einem nächsten Schritt, im **Kapitel 2**, werden die für die vorliegende Arbeit relevanten theoretischen Grundlagen aufgezeigt, dies zu den drei Themengebieten *komplexe technische Systeme*, *mentale Modelle* und *Visualisierung* und in den Kontext der vorliegenden Arbeit gestellt. Das **Kapitel 3** dient der *Ableitung der Fragestellungen* und der *Darstellung der Hypothesen*. Im nachfolgenden **Kapitel 4** wird die Methodik beschrieben. Dazu wird in einem ersten Schritt das grundsätzliche Vorgehen der Untersuchung aufgezeigt, unter anderem deren Gliederung in die drei Teile *Exploration des Anwendungsgebietes der Visualisierung*, *Entwicklung der Visualisierung* und *Wirkungsmessung der Visualisierung auf Eignung und Akzeptanz*. Daran anschliessend wird spezifischer auf die Datenerhebung und -auswertung der einzelnen Teile der Untersuchung eingegangen, sowie das Vorgehen bei der Entwicklung der Visualisierung dargestellt. Das **Kapitel 5** widmet sich den Ergebnissen, dies zuerst zum ersten Teil, der Exploration des Anwendungsgebietes, gefolgt vom dritten Teil, der Wirkungsmessung der Visualisierung. In der anschliessenden Diskussion im **Kapitel 6** werden die Ergebnisse kurz zusammengefasst, um dann diskutiert und interpretiert zu werden. Ein Ausblick mit der Darlegung, wo das Entwicklungspotential der Visualisierung gesehen wird und welche weiteren Untersuchungen sich anbieten, bildet den Abschluss des Kapitels. Das **Literaturverzeichnis** und der **Anhang** sind am Schluss dieser Arbeit aufgelistet und dargestellt.

1.2 Praxispartner und Einsatzgebiet der Visualisierung

Eine Visualisierung soll entwickelt werden, damit die InfoSpez ein (verbessertes) mentales Modell der technischen Systeme und deren Zusammenhänge aufbauen können. Da stellen sich Fragen zum weiteren und näheren Umfeld des Einsatzgebietes der Visualisierung, die nachfolgend erläutert werden. Die Informationen zum Praxispartner SBB Infrastruktur Betrieb stammen von der offiziellen Website der SBB (SBB, 2016).

1.2.1 Praxispartner: SBB Infrastruktur Betrieb

Die SBB sind die grösste Reise- und Transportfirma der Schweiz und gleichzeitig auch eine der grössten Arbeitgeberinnen in der Schweiz. Sie befördern jährlich 441 Millionen Fahrgäste und betreiben ein Streckennetz von 3030 Kilometern Länge. Die SBB sind als Konzern organisiert und aufgeteilt in die vier Divisionen Personenverkehr, Güterverkehr (SBB Cargo), Immobilien und Infrastruktur.

Die Infrastruktur beschäftigt rund 10 000 Mitarbeitende die dafür sorgen, dass Reisende und Güter sicher und pünktlich ihr Ziel erreichen. Dazu werden drei Netze betrieben und Unterhalten: das Schienennetz, das Bahnstromnetz und das Telekommunikationsnetz für den Bahnbetrieb.

Die Infrastruktur ist in sieben Geschäftsbereiche gegliedert, einer davon ist der Betrieb. Der Betrieb sorgt mit vier BZ für eine professionelle Verkehrssteuerung auf dem Schweizer Normalspurnetz und hat den Auftrag die Züge der Kunden pünktlich, sicher und wirtschaftlich ans Ziel zu leiten (SBB, 2016).

1.2.2 Zielpublikum der Visualisierung: InfoSpez

In den vier BZ wird der Bahnbetrieb gesteuert. Um diese Aufgaben zu bewältigen arbeiten Personen in unterschiedlichen Rollen in der BZ, wie die für diese Arbeit relevanten Rolle der InfoSpez für die Kundeninformation am Bahnhof (KIB). Die meisten InfoSpez arbeiten auch als Zugverkehrsleitende (ZVL). Die InfoSpez überwachen und aktualisieren zeitgerecht die optischen und akustischen Kundeninformationssysteme. Sie sind verantwortlich für die Information der Reisenden auf den zugeteilten Bahnhöfen im Regel- und Störfall und sie informieren über den Zugverkehr, Anschlüsse, Gruppenreservierungen, Formationsänderungen und lenken die Reisenden auf alternative Reisemöglichkeiten. Des Weiteren holen InfoSpez anhand der Systeme laufend relevante Informationen ein, verschaffen sich einen Überblick und vergleichen die Verkehrsabwicklung mit dem Sollfahrplan (SBB, 2014a).

Die für diese Arbeit nicht zentrale Rolle der ZVL wird hier nur kurz beschrieben. Die ZVL überwachen, disponieren und lenken die Züge in ihren zugeteilten Bedienbereichen unter Einhaltung der Vorschriften und im Rahmen der Dispositionsvorgaben (SBB, 2014a).

1.2.3 Technisches System: KIB in CUS

Die SBB betreiben mehrere Kundeninformationssysteme, die jeweils miteinander gekoppelt sind. Das zentrale Integrationssystem dafür ist das Customer System (CUS), genauer das CUS zentral (CUS 5, oder auch Backbone genannt). Dieses System CUS (zentral) bezieht aus allen betriebsrelevanten *Quellsystemen* (Fahrplan, Formation, Prognose, Leittechnik) Informationen. CUS zentral bereitet deren Informationen auf und stellt diese den *Ausgabe- bzw. Abnehmersystemen* (KIB, Leitsysteme, Mobile Systeme sowie interne und externe Personalinfosysteme, etc.) zur Verfügung. Diese von CUS aufbereiteten Informationen beinhalten alle Informationen über alle Verkehrsmittel und zusätzliche Betriebslageinformationen (SBB, 2014b).

Wie komplex die Systemlandschaft der SBB zu den Planungs-, Dispositions- und Informationssystemen ist zeigt die Abbildung 1. Sie soll eine Übersicht ermöglichen und ist nicht zum Lesen der einzelnen Komponenten und Beschreibungen gedacht.

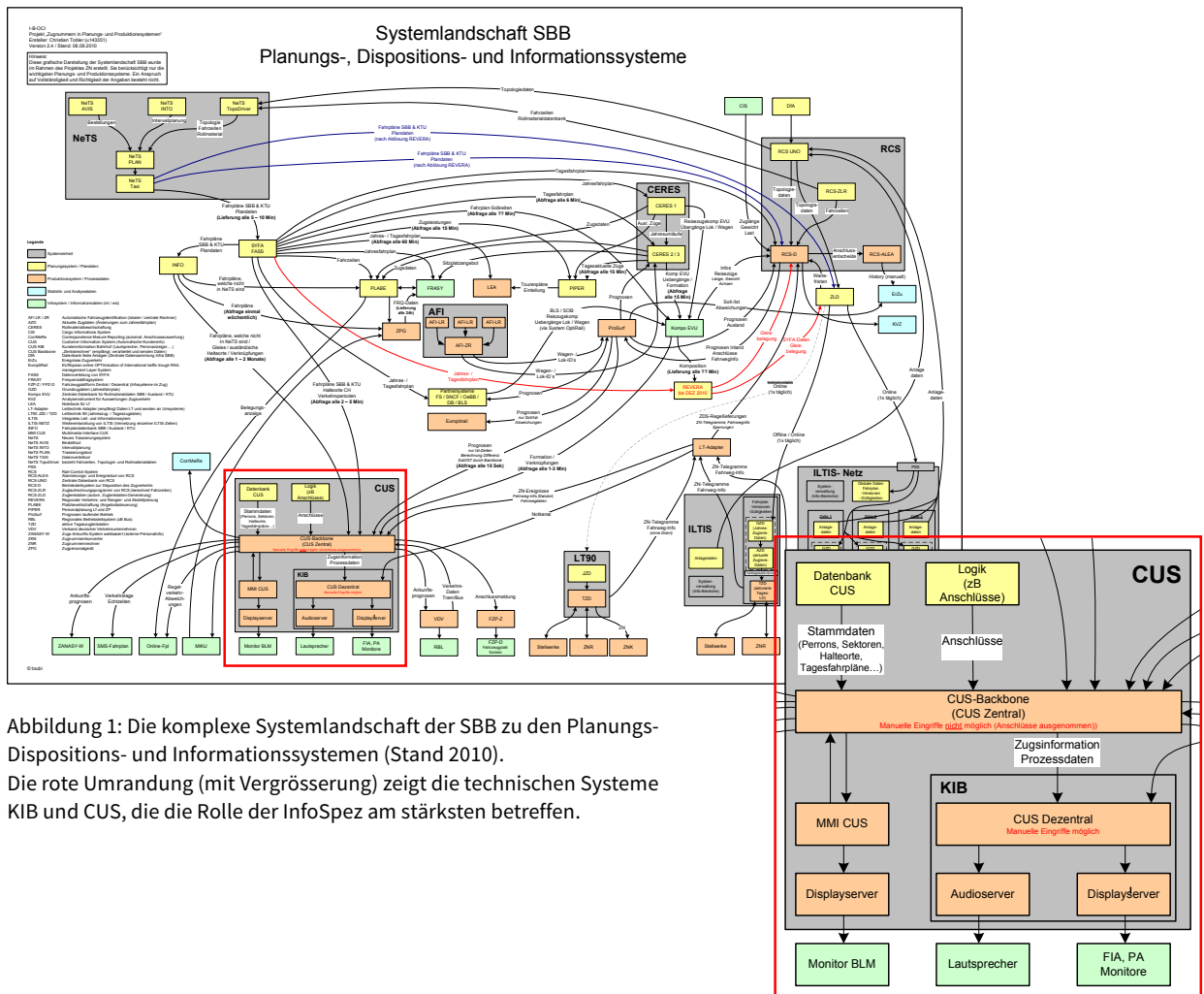


Abbildung 1: Die komplexe Systemlandschaft der SBB zu den Planungs-Dispositions- und Informationssystemen (Stand 2010). Die rote Umrandung (mit Vergrößerung) zeigt die technischen Systeme KIB und CUS, die die Rolle der InfoSpez am stärksten betreffen.

Die Visualisierung erfolgt für die Rolle der InfoSpez. Die InfoSpez arbeiten hauptsächlich an den beiden Benutzungsschnittstellen MMI-KIB und MMI-CUS. An diesen Benutzerschnittstellen bedienen sie einerseits das System KIB, bestehend aus der Ausgabesteuerung Bahnhof (AGSB), Audioserver und Displayserver, das die akustische und optische Kundeninformation am Bahnhof sicherstellt. Das System KIB ist hauptsächlich ein Abnehmersystem des CUS, kann aber in bestimmten Fällen auch als Quellsystem von CUS agieren. Andererseits bedienen die InfoSpez das System CUS, die Kundeninformationsplattform der SBB mit Quellsystemen, Abnehmersystemen, zentralen und dezentralen Komponenten. Die InfoSpez bewirtschaften über das MMI-CUS den Betriebslagemonitor (Ereignisinformation) und den Anschlussrechner (Anschlusspaare) (SBB, 2014b/c).

Die technischen Systeme KIB und CUS betreffen die Rolle der InfoSpez am stärksten. Wie die Abbildung 1 und die Texte in diesem Abschnitt zeigen, hängen jedoch viele andere Systeme und Komponenten zusammen und machen das Ganze zu einer komplexen technischen Systemlandschaft, indem die InfoSpez ihre Aufgaben auszuführen haben. Das folgende Kapitel legt die theoretischen Grundlagen dieser Untersuchung dar, so auch diejenigen der komplexen (technischen) Systeme.

2 Theoretische Grundlagen

Die vorliegende Untersuchung bewegt sich im Themengebiet komplexer technischer Systeme. Deshalb werden zuerst die Merkmale komplexer technischer Systeme herausgearbeitet und dargestellt. In einem nächsten Schritt werden die für diese Arbeit relevanten theoretischen Grundlagen mentaler Modelle dargelegt. Den Abschluss der theoretischen Grundlagen bildet die Visualisierung mit der Darlegung der Relevanz für den Aufbau mentaler Modelle. Bei jedem der drei bearbeiteten Themenblöcke wird zum Schluss das Thema in den Kontext der vorliegenden Arbeit gestellt.

2.1 Komplexe (technische) Systeme

Nachfolgend wird genauer darauf eingegangen, welches die Merkmale von komplexen Systemen sind und wie diese Merkmale zusammenhängen.

2.1.1 Merkmale komplexer Systeme

Dörner (2010) beschreibt die Bewältigung von Problemen in *komplexen, vernetzten, intransparenten und dynamischen* Situationen. Die Systeme, in denen sich das Handeln abspielt, bestehen aus sehr vielen Variablen, die untereinander vernetzt sind. Sie beeinflussen sich also gegenseitig, woraus sich dann die Komplexität ergibt. *Komplexität (Informationsmenge), Intransparenz, Dynamik, Vernetztheit*, diese Merkmale von komplexen Situationen (Dörner, 2010) werden nun beschrieben. Den Abschluss bildet das Strukturwissen mit dem Realitätsmodell

Komplexität (Informationsmenge)

Komplexität ist die Existenz von vielen, voneinander abhängigen Merkmalen. Die Komplexität ist umso höher, je mehr Merkmale vorhanden sind und je mehr diese voneinander abhängig sind. Die Vielzahl an voneinander abhängigen Merkmalen erzeugt eine *grosse Informationsmenge*. Ob Komplexität überhaupt messbar ist, wird unterschiedlich gesehen. Ulrich und Probst (1995) beispielsweise messen Komplexität mit den Dimensionen Veränderlichkeit/Dynamik und niedriger, respektive hoher Vielfalt/Vielzahl. Die beiden Autoren gehen auf die Zusammenhänge zwischen Kompliziertheit und Komplexität ein. Dabei sehen sie die Dynamik als das Wesentliche der Komplexität an, genauer die Veränderlichkeit der Elemente in Zeit und Wirkung. Dörner (2010) hingegen sieht Komplexität als nicht messbar an, da es eine subjektive Grösse ist. Subjektiv deshalb, weil durch die Erfahrung der einzelnen Person viele einzelne Merkmale zusammengefasst werden und so die Komplexität reduziert wird.

Vernetztheit

Ein Eingriff in einen Teil des Systems wirkt sich immer auf viele andere Teile des Systems aus. Dies bedeutet, dass die Beeinflussung einer Variablen Neben- und Fernwirkung hat und somit nicht nur isoliert wirkt (Dörner, 2010).

Dynamik

Komplexe Situationen sind dynamische Gebilde. Dies bedeutet, dass sich die Situation nicht nur bei einem Eingriff verändert, sondern dass sich die Situation weiterentwickelt, auch ohne direkten Eingriff. Es ist also ein aktiver Zustand, der auch Zeitdruck erzeugen kann, da sich das System auch ohne aktives Zutun weiterentwickeln kann und man somit zu einem Eingriff gezwungen werden kann. Diese Eigendynamik von Systemen erfordert auch die Erfassung ihrer Entwicklungstendenz, es muss versucht werden zu verstehen, wohin sich das Ganze bewegen wird (Dörner, 2010).

Intransparenz

Viele Merkmale der Situation sind gar nicht oder nicht mittelbar zugänglich. Es ist nicht alles sichtbar, was man eigentlich sehen will. Es müssen Entscheidungen über ein System gefällt werden, dessen augenblickliche Merkmale nur teilweise bekannt sind und diese oft auch noch unscharf oder unklar. Dieser Umgang mit unvollständigen und falschen Informationen ist eine Herausforderung beim Arbeiten mit komplexen Systemen (Dörner, 2010).

Strukturwissen und Realitätsmodell

Das Strukturwissen ist das Wissen über die Art und Weise, wie die Variablen des Systems zusammenhängen, wie sie sich beeinflussen (Dörner, 2010). Beispielweise das Wissen darüber, wenn x steigt, dann sinkt (oder steigt) y . Dieses Wissen ist nötig, damit nicht nur der jetzige Zustand des Systems bestimmt werden kann, sondern auch Entwicklungstendenzen gemacht werden können. Zudem kann mit dem Strukturwissen eingeschätzt werden, wie sich die Situation in Abhängigkeit von bestimmten Eingriffen voraussichtlich verändern wird. Die Gesamtmenge dieser Annahmen im Kopf eines Akteurs nennt Dörner (2010) *Realitätsmodell*. Dieses Modell kann explizit, das heißt in bewusster, abfragbarer Weise oder auch implizit, dass der Akteur selbst nicht weiß, dass er eine Annahme über einen bestimmten Zusammenhang trifft, vorhanden sein. Ein Realitätsmodell eines Akteurs über ein komplexes System ist meist unvollständig und kann auch fehlerhaft sein. Wird davon ausgegangen, dass das Realitätsmodell die Basis bildet, um den Zustand eines komplexen Systems bestimmen zu können und Wirkungen von Handlungen in diesem System abschätzen zu können, ist die Qualität des Realitätsmodells für den erfolgreichen Umgang mit komplexen Systemen von entscheidender Bedeutung.

Das Realitätsmodell, wie es Dörner (2010) beschreibt, hat Ähnlichkeit zum Konzept der mentalen Modelle. Was mentale Modelle sind und welche Bedeutung sie in Umgang mit komplexen Systemen haben wird im Kapitel 2.2 beschrieben.

2.1.2 Komplexe technische Systeme im Kontext dieser Arbeit

Die InfoSpez arbeiten mit diversen technischen Systemen. In diesen technischen Systemen laufen viele Prozesse automatisiert ab, der InfoSpez überwacht die Systeme und greift im Störfall oder bei Ereignissen ein (siehe auch Kapitel 1.2.2/3). Man kann von einem modernen Arbeitssystem sprechen, das sich dadurch auszeichnet, dass es sich um ein komplexes Mensch-Maschine-System handelt, in dem mehrere Menschen im Zusammenwirken mit technischen Systemen vorgegebene Aufgabestellungen erfüllen (Manzey, 2012). In diesem Arbeitssystem werden zunehmend Funktionen automatisiert, um so Menschen bei der Erfüllung ihrer Aufgaben zu unterstützen. Bei der Nutzung solcher komplexer automatisierter Systeme durch den Menschen können Probleme auftreten. Diese Probleme treten auf, wenn Nutzende, also in diesem Fall die InfoSpez, aufgrund mangelnden Wissens oder aufgrund der Komplexität kein korrektes mentales Modell der Funktionsweise der Automation besitzen oder aufbauen können. Für die Nutzenden ist es dann kaum möglich die Informationen richtig zu interpretieren und daraus Vorhersagen über die weiteren Prozesse und Handlungsschritte abzuleiten (Manzey, 2012).

Dieses Kapitel zeigt am Schluss auf, dass das Arbeiten in komplexen technischen Systemen mit dem Aufbau und der Nutzung mentaler Modelle einhergeht. Näheres zum theoretischen Hintergrund mentaler Modellen folgt nun im nachfolgenden Kapitel 2.2.

2.2 Mentale Modelle

Wie verstehen die Menschen die Welt? Wie nutzen Menschen ihr Wissen, um sich die Welt subjektiv verstehbar zu machen? Der Begriff *mentales Modell* wird auch im Alltag häufig verwendet für jede Art mentaler Repräsentation. Eine erste Annäherung an den Begriff liefert eine Formulierung von Dutke (1994): Gemäss ihm sind mentale Modelle hypothetische Konstrukte, mit denen Leistungen menschlicher Informationsverarbeitung beschrieben und erklärt werden sollen.

Als Einstieg in das Thema mentale Modelle ist eine Klärung der wichtigsten *Begrifflichkeiten in Zusammenhang mit mentalen Modellen* wie Kognition, Wissen und Repräsentation – nicht zuletzt Repräsentation in Form mentaler Modelle – hilfreich. Als nächster Schritt werden *ausgewählte theoretische Ansätze* dargelegt und es werden einige für diese Arbeit relevante *Untersuchungen zu mentalen Modellen* vorgestellt. Darauf folgt eine *Abgrenzung mentaler Modelle* von anderen Begriffen und der *Aufbau und Abruf mentaler Modelle im Rahmen eines Informationsverarbeitungsmodells* wird vorgestellt. Den Schluss dieses umfangreichen Kapitels bildet eine *Zusammenfassung der Funktionen und Merkmale mentaler Modelle*, die dieser Arbeit zugrunde liegen.

2.2.1 Mentale Modelle als Form der Wissensrepräsentation

Kognition und Wissen

Kognitionen sind Vorgänge, durch die der Mensch Kenntnis von seiner Umwelt erlangt, wie beispielsweise durch Wahrnehmung, Vorstellung, Denken, Urteilen und Sprache (Edelmann & Wittmann, 2012). Durch diese kognitiven Prozesse werden kognitive Strukturen, sogenannte Wissensstrukturen, aufgebaut. Durch Kognition wird Wissen erworben (Edelmann et al., 2012). Wissen ist mit Kognitionen verbunden und ist durch Informationsprozesse gekennzeichnet, die die Aufnahme von Informationen, deren Verarbeitung, Speicherung im Gedächtnis, Wiederauffindung und Nutzung betreffen (Seel, 1991).

Wissensrepräsentation

Um zu erklären, wie die verschiedenen Arten von Informationen encodiert und verarbeitet werden, wird in der kognitiven Psychologie von sogenannten Wissensrepräsentationen gesprochen. Gemäss Anderson (2013) scheint es zwischen der Informationsform Text und Bild einen Unterschied dahingehend zu geben, dass Menschen ein besseres Gedächtnis für Bilder haben. Für visuelle Informationen in einem Bild scheint unser Gedächtnis in vielen Situationen eine weit höhere Kapazität zu haben als für verbale Informationen. Dies unabhängig davon, ob die verbalen Informationen auditiv durch Sprache oder visuell durch Text dargeboten werden (Anderson, 2013).

Propositionale versus analoge Repräsentation

Bild und Sprache sind beim Menschen die wichtigsten externalen Präsentationen, d.h. man kann eine Entität sehen oder etwas über sie hören (Edelmann et al., 2012). Internal kann die Entität *analog* oder *aussagenartig (propositional)* repräsentiert sein, d.h. Menschen speichern ein relativ anschauliches Vorstellungsbild oder eine relativ abstrakte Bedeutung (Edelmann et al., 2012). Es scheint, dass die Informationsverarbeitung nicht unbedingt an die Sinnesmodalität gebunden ist, d.h. die Verarbeitung eines visuellen Reizes erzeugt nicht zwingend ein mentales Vorstellungsbild.

Bei der *analogen (bildhaften) Repräsentation* besteht zwischen der äusseren Erscheinung, also der externalen Präsentation und der internen Repräsentation eine bestimmte Ähnlichkeit. Der Begriff Analogie ist im Sinne von Annäherung, Ähnlichkeit oder Erklärung durch Vergleich zu verstehen (Edelmann et al., 2012). Bei der *propositionalen (sprachlich-symbolischen) Repräsentation* werden die Bedeutungsstrukturen in Form von Propositionen dargestellt, d.h. weitgehend abstrakt, anschauliche Komponenten fehlen. Eine Proposition ist die kleinste Wissenseinheit, die eine selbständige, d.h. von anderen Wissenseinheiten unabhängige Aussage bilden kann (Anderson, 2013).

Mentale Modelle als Form der Wissensrepräsentation

Wie bereits eingangs erwähnt, spricht die Kognitionspsychologie von Wissensrepräsentation, um zu erklären, wie Wissen im Gedächtnis gespeichert wird, wie die verschiedenen Arten von Informationen encodiert und verarbeitet werden. Mentale Modelle sind eine Form der Wissensrepräsentation und können definiert werden als *geistige Repräsentationen von Situationen, realen oder imaginären*. Entwickelt werden sie aufgrund von Erfahrungen und anderen erlernten Informationen und werden dann als Werkzeuge für Verstehen und schlussfolgerndes Denken genutzt, wie beispielsweise Antizipieren von Ereignissen (Weidenmann, 2008).

2.2.2 Ausgewählte theoretische Ansätze und Untersuchungen zu mentalen Modellen

Knauff (2016) verwendet den Begriff mentales Modell einerseits für *subjektive Funktionsmodelle für technische und physikalische Prozesse im Langzeitgedächtnis*. Mentale Modelle bilden Attribute von Objekten und Relationen zwischen Objekten ab. Die für eine gegebene Aufgabenstellung notwendigen Informationen werden dabei repräsentiert, während irrelevante Informationen oft nicht beachtet werden. Dabei spielt die Bildung von Analogien eine Rolle, wobei die Analogiebildung aber auch zu Fehlern führen kann. Mentale Modelle in diesem Sinne spielen für das modellzentrierte Lernen in pädagogischen Kontexten und für die kognitive Softwareergonomie eine wichtige Rolle. Andererseits steht mentales Modell bei Knauff (2016) für *integrierte Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis beim Denken*. Sie repräsentieren die Sachverhalte, die in einem Text oder einem Denkproblem beschrieben werden und spielen insbesondere beim deduktiven Denken eine wichtige Rolle.

Prominente Vertreter des Konzeptes mentaler Modelle im ersten Sinne sind **Gentner und Stevens** (1983) mit ihren Arbeiten zu Repräsentation von Alltagswissen. Hier spielt die Bildung von Analogien eine große Rolle. Ein Vertreter des Konzeptes mentaler Modelle im zweiten Sinne ist **Johnson-Laird** (1983) mit seinen Arbeiten im Bereich des Textverstehens und des Denkens. Mentale Modelle in diesem Sinne sind integrierte Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis (Knauff, 2016).

Johnson-Laird: struktureller Aspekt mentaler Modelle. Der kognitionspsychologische Ansatz über mentale Modelle von Johnson-Laird (1983) setzt sich mit Repräsentationstheorien (struktureller Ansatz) auseinander (Martschinke, 2001), indem er versucht mentale Modelle theoretisch zu fassen. Johnson-Laird (1983) gibt folgende Charakterisierung mentaler Modelle:

... that mental models play a central and unifying role in representing objects, states of affairs, sequences of events, the way the world is, and the social and psychological actions of daily life. They enable individuals to make inferences and predictions, to understand phenomena, to decide what action to take and to control its execution, and above all to experience events by proxy; they allow language to be used to create representations comparable to those deriving from direct acquaintance with the world; and they relate words to the world by way of conception and perception. (S. 397)

Demzufolge befähigen nach Johnson-Laird (1983) mentale Modelle Individuen zu einer grossen Leistungsbreite, insbesondere die Funktionalität für Schlussfolgerungen, Vorhersagen, Verstehen, Handlungsentscheidungen und -kontrollen sind zu erwähnen. Johnson-Laird (1983) geht davon aus, dass mentale Modelle analoge Modelle sind, die als mentales Vorstellungsbild entstehen (Martschinke, 2001).

De Kleer und Brown: prozessualer Aspekt mentaler Modelle. De Kleer und Brown (1993) wenden sich besonders dem prozessualen Aspekt der Modelbildung zu. In ihrem Ansatz geht es in erster Linie um Lernen, indem sie sich mit der Art der Generierung und Anwendung mentaler Modelle durch den lernenden Modellbildner beschäftigen (Martschinke, 2001). Gemäss den Autoren erfolgt die Konstruktion eines

mentalen Modells über die strukturellen und qualitativen Eigenschaften zu den funktionalen Zusammenhängen eines Systems. Kleer et al. (1983) benutzen grafische Darstellungen mit Knoten, Ecken und Verbindungen, um die Konstruktion mentaler Modelle und externer Modelle darzustellen.

Dutke: Mensch-Maschine-Interaktion und mentale Modelle. Dutke (1994) behandelt die mentalen Modelle in Bezug auf die Mensch-Maschine-Interaktion. Er beschreibt die Architektur technischer, informationsverarbeitender Systeme als immer komplexer und ihre Funktionalität als immer mächtiger werdend im Verlaufe der Zeit. Angesichts dieser Entwicklung ist die Schwierigkeit, wie Benutzer solche Systeme verstehen und zu nutzen lernen, allgegenwärtig. Dutke (1994) nennt bei seiner Annäherung an mentale Modelle zwei Verallgemeinerungen: Erstens sind mentale Modelle Ausdruck des Verstehens eines Ausschnittes der realen Welt, womit sie aber gleichzeitig auch Grundlage zur Planung und Steuerung von Handlungen sind. So weisen die individuellen mentalen Modelle ihren eigenen Schwerpunkt auf, manche sind stärker *verstehensorientiert*, andere eher *handlungsorientiert*. Zweitens kann es unterschiedliche Urheber dieser verschiedenen mentalen Modelle geben. Menschen organisieren sich auch unabhängig von äusseren Vorgaben Alltagswissen in Form gedanklicher Modelle, um das Verstehen oder Behalten bestimmter Sachverhalte zu erleichtern. Dutke (1994) spricht also über *Eigenschaften* von mentalen Modellen und über die *Art der äusseren Vorgaben*, die die Entwicklung eines mentalen Modells in Gang setzen und lenken.

Kluwe: komplexe Systeme und mentale Modelle. Kluwe (1997) setzt sich mit der Informationsverarbeitung, Wissen und mentalen Modellen beim Umgang mit komplexen Systemen auseinander. Die interne Repräsentation des komplexen Systems und der jeweiligen Aufgabe des Operateurs zur Steuerung des technischen Systems (Steuerungsaufgabe), ist entscheidend für die Bewältigung der Anforderungen durch den Operateur. Zentraler Bestandteil der internen Abbildung ist das technische System selbst, d.h. unter anderem dessen Struktur und Verhalten, aber auch Eingriffsmöglichkeiten und mögliche Zustandskonfigurationen. Kluwe (1997) spricht von einem mentalen Modell als kohärente Wissenskonfiguration bezüglich eines Sachverhalts. Dabei ist es nicht notwendig, eine vollständige, zutreffende interne Abbildung zu entwickeln. Mentale Modelle stellen eher vereinfachende interne Modelle des komplexen technischen Systems dar. Mentale Modelle sind funktional in dem Sinne, dass sie den Umgang mit dem komplexen System und das Verständnis des Systems, d.h. seiner Zustände und seines Verhaltens, leiten. Dabei ist das mentale Modell komplexer Systeme aufgrund begrenzter Verarbeitungskapazität des Menschen vereinfacht. Umso wichtiger ist es, den Aufbau mentaler Modelle für ein bestimmtes komplexes System nicht einfach geschehen zu lassen (Kluwe, 1997). Vielmehr muss der Prozess der Wissensvermittlung durch Training, Instruktion oder Übung so angelegt sein, dass ein funktionierendes Mentales Modell gebildet werden kann.

Heuer: Mentale Modelle komplexer Prozesse. Heuer (2002) untersucht die Einflüsse von Präsentation und semantischer Unterstützung auf die Güte des Steuerungs- und Systemwissens. Im Rahmen seiner Arbeit entwickelt und bewertet er ein computerbasiertes Trainings- und Unterstützungssystem, dessen Ziel die möglichst vielseitige Vermittlung von Wissen über einen komplexen Prozess ist. Er untersucht unter anderem den Einfluss der Präsentation für den Weg zum mentalen Modell, indem er drei unterschiedliche Abstraktionsgrade der Systemdarstellung verwendet: als Topologie (abstrakte Darstellung der Elemente aus der Umwelt), als Strukturdiagramm und als EEID-basierte Oberfläche (Enhanced Ecological Interface Design). Es konnte festgestellt werden, dass die verschiedenen eingesetzten Benutzungsoberflächen die Versuchsteilnehmenden zwar stark beeinflussen, jedoch zeigen die Ergebnisse nicht in allen Aspekten ein einheitliches Bild. Die Ableitung eines funktionellen (mentalen) Modells im

Sinne von de Kleer et al. (1983) aus einem topologischen Modell ist offenbar nicht weniger effektiv, als die direkte Vorgabe der funktionellen Struktur der Simulation als Strukturdiagramm.

Martschinke: Der Aufbau mentaler Modelle durch bildliche Darstellung. Martschinke (2001) untersucht in ihrer experimentellen Studie die Bedeutung der Merkmalsdimensionen Elaboriertheit und Strukturiertheit von bildlichen Darstellungen im Grundschulunterricht. Der Ansatz der mentalen Modelle wird benutzt, um den Weg von der externen Repräsentation in Form von Bildern zur internen Repräsentation zu erklären. Sie verbindet das Konzept der mentalen Modelle mit dem Informationsverarbeitungsprozess (siehe Kapitel 2.2.4). Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass Bilder mit hohem Strukturierungsanteil und hohem Elaboriertheitsgrad hilfreich beim Verstehen und Behalten anspruchsvollen biologischen Wissens sind, weil insbesondere die hohe Elaboriertheit Verknüpfungen mit dem Vorwissen unterstützt.

2.2.3 Abgrenzung mentaler Modelle zu operativen Abbildsystemen, Schemata und kognitiver Landkarte

Operatives Abbildsystem. (OAS) Hacker und Sachse (2014) definieren OAS als relativ beständige tätigkeitsregulierende psychische Repräsentationen. Das OAS umfasst Ausführungsbedingungen, Massnahmen und Ziele als antizipierte Sollzustände. Diese leiten die Umsetzung von Wissen in konkrete Handlungen (Fröhlich, 2010). Das OAS konzentriert sich auf eine Funktion des mentalen Modells, die der Tätigkeits- respektive Handlungssteuerung. Es ist nach dem Verständnis von Dutke (1994) der Funktion nach demzufolge eher handlungsorientiert und nicht verstehensorientiert.

Schema/Schemata. Die Repräsentation einer Kategorie anhand ihrer Zugehörigkeit zu einer Art von Objekten, ihrer üblichen Bestandteile und ihrer typischen Eigenschaften (Anderson, 2013). Es ist eine kognitive Struktur, mit der Informationen geordnet werden.

Kognitive Landkarte. Mentale Repräsentation dazu, wo sich Objekte und Plätze in der Umgebung befinden (Anderson, 2013). Die kognitive Landkarte bezieht sich demnach nur auf die örtlichen und räumlichen Aspekte einer mentalen Repräsentation.

2.2.4 Aufbau und Abruf mentaler Modelle im Rahmen eines Informationsverarbeitungsmodells

Der Prozess der Informationsverarbeitung beginnt mit der Präsentation eines externen Modells, z.B. durch eine Visualisierung. Die Aufnahme der extern präsentierten Information erfolgt modalitätsspezifisch, im Fall der Visualisierung vor allem durch das visuelle sensorische Register. Weitere Sinnesmodalitäten sind das Hören (auditiv), Riechen, Schmecken, Tasten, Temperatur- und Lageempfindung (Brünken, Seufert & Jänen, 2008).

Martschinke (2001) setzt den Informationsverarbeitungsprozess mit den mentalen Modellen in Bezug. Sie zeigt die drei Zustandsformen der Modellbildung, die beim Lernen durchlaufen werden: *das externe Modell*, *das (innere) mentale Modell*, in dem das vom Benutzer angeeignete Wissen intern repräsentiert wird und *das Arbeitsmodell*, in dem das mentale Modell aktiviert und als Vorstellung vor dem inneren Auge sichtbar gemacht werden kann (siehe Abbildung 2).

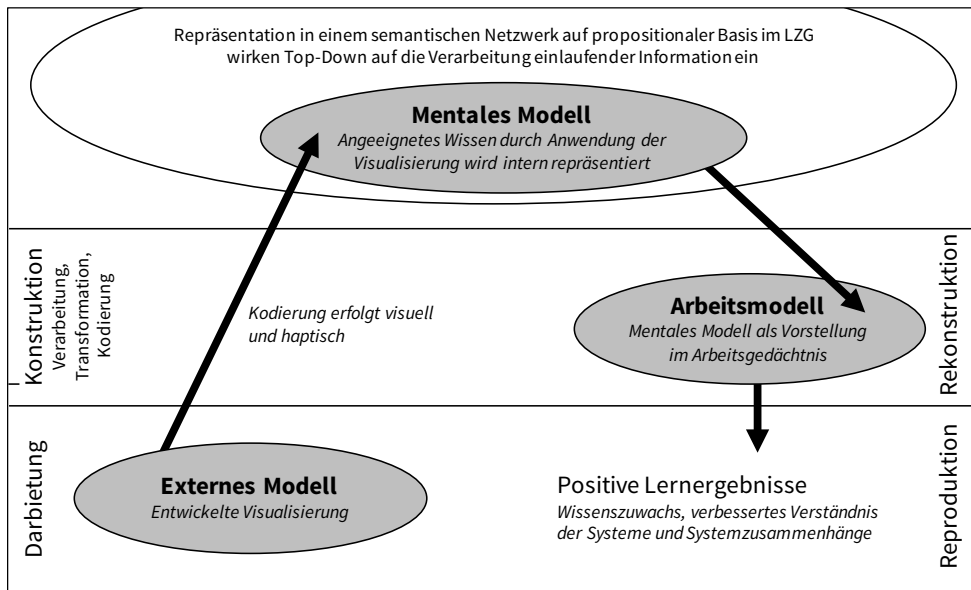


Abbildung 2: Aufbau und Abruf mentaler Modelle im Rahmen eines Informationsverarbeitungsmodells (in Anlehnung an Martschinke, 2001). Adaption zur vorliegenden Arbeit mit der entwickelten Visualisierung in *kursiver* Schrift.

Die externen Codes werden als transformierte interne Codes (Bild- und Wortmarken) im mentalen Modell abgebildet. Diese Annahmen folgen dem theoretischen Ansatz Johnson-Lairds (1983). Martschinke (2001) geht davon aus, dass die Elemente und Relationen des externen Modells analog und als Ganzheit abgebildet und gespeichert werden, da sich der Lerner bei der Konstruktion des mentalen Modells aufgrund der im externen Modells innewohnenden Elemente und Relationen «ein Bild macht». Sie geht demnach von einem vermuteten Zusammenhang zwischen externen und internen Modellen aus. Diese internen mentalen Modelle können als Ganzheit rekonstruiert und als Arbeitsmodell vor dem inneren Auge sichtbar gemacht werden. Zudem können auch mentale Operationen an diesem Arbeitsmodell vorgenommen werden.

2.2.5 Mentale Modelle im Kontext dieser Arbeit

In dieser Arbeit wird die Zusammenstellung der Merkmale und Funktionen mentaler Modelle von Dutke (1994) verwendet, die in vielen Punkten dem Konzept von Johnson-Laird (1983) entspricht. Dies vor allem darum, weil Dutke (1994) die Merkmale und Funktionen mentaler Modelle pointiert herausgearbeitet hat. Seine Darstellung basiert nicht auf einer einzigen Theorie, sondern auf einer Vielzahl unterschiedlicher Ansätze, wie auch den von Johnson-Laird (1983). Und obwohl die geschilderten Zusammenhänge in ihrer Gesamtheit nicht empirisch belegt sind, sondern zumeist nur in isolierten Aspekten (Dutke 1994), stützt sich die vorliegende Arbeit auf diese Merkmale und Funktionen mentaler Modelle.

Zusammenfassung: Merkmale und Funktionen mentaler Modelle

(nach Dutke, 1994, S. 76)

- *Mentale Modelle sind hypothetisch.*
Mentale Modelle sind hypothetische Konstrukte, mit denen Leistungen menschlicher Informationsverarbeitung beschrieben und erklärt werden sollen. Eigenschaften und Funktionen mentaler Modelle können nur indirekt erschlossen werden.

- *Mentale Modelle bilden Gegebenheiten der Umwelt in sowohl reduzierender als auch elaborierender Weise ab.*
Es werden nicht alle Merkmale eines Originals in einem inneren Modell abgebildet, die Menge der Merkmale und Relationen wird verkürzt. Welche Merkmale abgebildet werden hängt vom Vorwissen der Person ab und von der Funktion des mentalen Modells bzw. von den Intentionen des Modellierers. Das mentale Modell kann jedoch auch zusätzliche Merkmale enthalten. Diese stammen aus dem bereits gespeicherten Wissen, das in die Konstruktion eines inneren Modells mit eingeht.
- *Mentale Modelle dienen unterschiedlichen Funktionen.*
Die beiden wichtigsten Funktionen sind einerseits das Verstehen von Sachverhalten der Umwelt zu ermöglichen und andererseits eine Grundlage zur Planung und Steuerung von Handlungen bereitzustellen.
- *Nützliche mentale Modelle sind schwer zu verändern.*
Ist ein mentales Modell gebildet worden, das einer bestimmten Funktion gerecht wird, ist es nur schwer zu verändern, selbst wenn es eine Gegebenheit der Umwelt objektiv falsch oder unzureichend abbildet.
- *Mentale Modelle zum Verstehen neuer Sachverhalte basieren häufig auf Analogien.*
Eine Analogie ist ein Spezialfall eines Modells, bei der nur Relationen zwischen Elementen eines Basisbereichs (bereits gespeichertes Wissen) auf die Elemente eines neuen Zielbereichs übertragen werden.
- *Ein mentales Modell zum Verstehen eines neuen Sachverhalts ist eine Instantiierung eines oder mehrerer Schemata.*
Bei der Konstruktion eines mentalen Modells zum Verstehen eines neuen Sachverhalts werden die Leerstellen eines Schemas durch die Gegebenheiten einer spezifischen Situation ausgefüllt. Die Ableitung neuer Folgerungen wird dadurch erleichtert oder ermöglicht, dass die abstrakten Relationen durch Beispiele vertrauter, vorstellbarer Sachverhalte repräsentiert sind.
- *In einem mentale Modell können Sachverhalte der Umwelt dynamisch simuliert werden.*
Gedankliches Probehandeln oder Durchspielen von Ereignisfolgen kann das mentale Modell so verändern, dass neue Modellzustände vorher nicht bekannte Zusammenhänge und Folgerungen repräsentieren.
- *Mentale Modelle sind anschaulich.*
Anschaulichkeit bedeutet nicht zwangsläufig «Bildhaftigkeit», obwohl dies in vielen Fällen zutreffen mag.
- *Theorien mentaler Modelle sind keine Repräsentationstheorien im engeren Sinne.*
Mentale Modelle sind zumindest teilweise analoge Repräsentationen, ihre Wissensbasis kann propositional oder anderweitig symbolisch repräsentiert sein. Es muss nicht zwangsläufig angenommen werden, dass mentale Modelle eine eigenständige und gegenüber analogen Repräsentationen abgrenzbare Repräsentationsform darstellen.

In dieser Arbeit werden drei Begriffe im Kontext mit mentalen Modellen synonym verwendet: funktionierend, funktionell und korrekt.

2.3 Visualisierung

In diesem Kapitel wird zuerst auf den *Begriff der Visualisierung* eingegangen, gefolgt von der Beschreibung der *Elaboriertheit als ein Merkmal von Visualisierungen*. Es folgen die Themen *Lernen durch bildliche Darstellung* und *Mapping-Techniken, als Repräsentationsformate, die bildliche Darstellung unterstützen*. Zum Abschluss wird die *Visualisierung in den Kontext dieser Arbeit* gestellt.

2.3.1 Begriff und Bedeutung von Visualisierung

Der Begriff der Visualisierung ist nicht eindeutig definiert. Ware (2013) beschreibt zwei Bedeutungen von Visualisierung in der Einführung seines Buches *Information visualization: perception for design*. Einerseits meint darin der Begriff Visualisierung das Konstruieren eines mentalen visuellen Bildes, andererseits eine grafische Repräsentation von Daten oder Konzepten. Scheiter (2016) setzt Visualisierung mit visueller Repräsentation gleich. Damit wird die bildhaft-analoge Darstellung von Informationen bezeichnet, z.B. in Form von Videos, Zeichnungen, Diagrammen oder Fotografien. Während bei der verbalen Repräsentation die Bedeutung des Wortes bzw. des Lautes dem zu repräsentierten Objekt willkürlich zugeordnet ist, beruht bei der visuellen Repräsentation die Bedeutung auf ihrer (physikalischen oder strukturellen) Ähnlichkeit zum dargestellten Objekt.

Die Visualisierung kann in *Präsentationsmedium, Repräsentationsmodus* und *sensorische Modalität* eingeordnet werden (nach Leutner, Opfermann & Schmeck, 2014). **Präsentationsmedium:** Eine Visualisierung kann beispielsweise auf einem Blatt Papier oder auf dem Computer gezeigt werden. In diesem Fall spricht man vom Präsentationsmedium, also die Art des Gerätes, mit dem die Information vermittelt wird. **Repräsentationsmodus:** Die Art und Weise, wie Informationen dargeboten werden (in Form von Bildern oder Texten). Eine Visualisierung kann sowohl verbal (sprachlich), als auch piktoral (bildlich) repräsentiert, also dargeboten werden. **Sensorische Modalität:** Es interessiert des Weiteren, mit welchen Sinnen die Informationen aus der Visualisierung aufgenommen werden. Im Falle der Visualisierung wird meist die visuelle Sinnesmodalität verwendet. Es können aber auch auditive und haptische Kanäle benutzt werden.

Ein Aspekt der Visualisierung, die wissenschaftliche Visualisierung, gewinnt zunehmend an Bedeutung, weil heutzutage durch starke Rechner- und Netzwerkstrukturen immer grössere Mengen von Daten und Informationen zur Verfügung stehen und diese Menge sich nur durch Visualisierung beherrschen lässt (Schuhmann & Müller, 2000). Die Autoren definieren Visualisierung *als eine rechnergestützte, visuelle Präsentation von Daten, Informationen und Wissen*. Die visuelle Präsentation erfolgt in einer für den Menschen adäquaten und für die jeweilige Anwendung sinnvollen Form.

Ein weiteres Beispiel für die zunehmende Bedeutung der wissenschaftlichen Visualisierung liefert Krempel (2005). Er befasst sich mit der Visualisierung von komplexen sozialen Strukturen, indem er mathematische Befunde zu Eigenschaften von Systemen und ihren Elementen in eine einfach zu lesende grafische Informationsdarstellung übersetzt und integriert.

Robertson (1991) gibt keine Definition von Visualisierung, er befasst sich mit deren Ziel. Gemäss ihm liegt der Visualisierung die Idee zugrunde, dass eine Person durch die Betrachtung der Visualisierung ein mentales Model entwickeln kann, bei dem die visuellen Attribute einer Darstellung den Eigenschaften der Datenmenge in einer definierten Form entsprechen. Visuelle Attribute bezeichnen die einzelnen Elemente, aus denen eine grafische Darstellung zusammengesetzt ist. Der Erfolg der Visualisierung, d.h. das Übermitteln und Verstehen von Informationen, hängt demnach auch davon ab, inwieweit der Betrachter die visuellen Attribute mit den Informationen aus der realen Welt, aus denen sie konstruiert sind, in Verbindung bringen kann.

Roberts und Panëels (2007, 2010) geben in ihren Arbeiten einen Überblick über Studien zum Thema haptische Visualisierung. Sie stellen fest, dass ein wachsendes Interesse an Visualisierung, die nicht durch die visuelle Sinnesmodalität aufgenommen wird, vorhanden ist. Unter den verschiedenen Sinnesmodalitäten ist Haptik eine wichtige Modalität, die zur Darstellung von Informationen verwendet werden kann. Wenn beispielsweise eine *haptische Visualisierung* einen Raum darstellt, dann erlaubt das Modell dem Benutzer zu fühlen, dass ein Schreibtisch fest ist, dass ein Gummiband elastisch ist und dass der hölzerne Schreibtisch rau ist (Roberts et al., 2007). Einfachere haptische Visualisierungen werden auch im Schulunterricht verwendet, indem beispielsweise die Lernenden am Computer die einzelnen Kantone der Schweiz durch ziehen mit der Maus an den richtigen Ort platzieren können. Des Weiteren streichen die Autoren heraus, dass die geläufige Definition von Visualisierung *eine visuelle Form oder grafische Darstellung ist* und die andere Bedeutung von Visualisierung *ein mentales Bild formen*, verloren geht. Gemäss den Autoren ist Visualisierung umfassender zu verstehen, als nur die Beschreibung eines Prozesses. Mit Visualisierung wird etwas (Daten), das nicht sichtbar oder wahrnehmbar ist, in etwas umwandelt (mit einer Grafik einem Sound oder einer haptischen Empfindung), das sicht- und wahrnehmbar ist (Roberts et al., 2007).

2.3.2 Elaboriertheit als Merkmal von Elementen einer Visualisierung

Gemäss Anderson (2013) führt eine elaborativere Verarbeitung von Informationen zu einer besseren Gedächtnisleistung, sowohl beim Behalten als auch beim Abruf von Informationen. Eine elaborative Verarbeitung besteht aus einer *Anreicherung des zu behaltenden Materials mit zusätzlichen Informationen* (Anderson, 2013). Diese Erkenntnis kann für die Merkmale von Bildmaterialien, wie z.B. bei einer Visualisierung, genutzt werden. Zum Beschreiben der Bildmerkmale wird, wie bei Martschinke (2001), von Elaboriertheit und nicht von Elaboration gesprochen, um deutlich zu machen, dass es bei der Verwendung des Begriffs vorrangig um Bildmerkmale und nicht um die kognitive Verarbeitung geht. Martschinke (2001) fasst verschiedenen theoretischen Ansätzen zu Elaboration und Elaboriertheit zusammen und arbeitet einige relevante Punkte heraus, die für das Merkmal entscheidend zu sein scheinen, wie z.B. dass *Verbindungen* von neu einflussender Information mit dem *Vorwissen geknüpft* werden können oder dass mit zunehmender Elaboriertheit die Erinnerungsleistung positiv gefördert werden kann. Setzt man diese Punkte auf die Gestaltung von Bildmaterial um, sollte das Bildmaterial inhaltsgleich und konkret veranschaulicht zum Vorwissen dargestellt sein und aus dem Erfahrungsbereich des Lernalters stammen. Zudem doppelt kodiert, d.h. die gleiche Information in Text und Bild.

2.3.3 Lernen durch bildliche Darstellung

Es gibt ein Lernen mit Texten und ein Lernen mit Bildern. Beim Lernen mit Texten können diese mündlich oder schriftlich präsentiert werden. Der Fokus soll, da es in dieser Arbeit um eine Visualisierung geht, auf das Lernen mit Bildern gelegt werden. Es kann zwischen verschiedenen Bildarten unterschieden werden, die jeweils unterschiedliche Funktionen wahrnehmen können (Schnotz, 2011). **Realistische Bilder:** Strichzeichnungen, naturalistische Gemälde, Fotos, aber auch Cartoons, Piktogramme und Landkarten. Eine Ähnlichkeit kann selbst dann angenommen werden, wenn der dargestellte Sachverhalt in der realen Welt gar nicht existiert. **Analogie-Bilder:** Bild eines Sachverhalts, der in einer Analogierelation zu dem eigentlich gemeinten Sachverhalt steht. Beispielsweise wird im Schulunterricht zur Erklärung des Stromkreises der Wasserkreislauf als Analogie verwendet. **Logische Bilder:** Grafisches Gebilde, das einen Sachverhalt aufgrund einer abstrakten Analogierelation mittels qualitativer und quantitativer Merkmale darstellt. Strukturdiagramme, Kreisdiagramme, Strukturdiagramme oder Balkendiagramme sind Beispiele für logische Bilder. Gemäss Leutner et al. (2014) eignen sich logische Bilder besonders gut zur Darstellung von Beziehungen zwischen Begriffen. Hierbei ist für den Lernerfolg wichtig, dass Symbole und Elemente

verwendet werden, die den Lernenden bekannt sind und somit eindeutig interpretiert werden können, oder dass die Bedeutung der Symbole und Elemente verdeutlicht wird, z.B. durch Ergänzungen und Legenden.

Bilder können **kognitive, motivationale und dekorative Funktionen** wahrnehmen (Schnotz, 2011). Das heisst, sie können einen Sachverhalt konkretisieren, interpretieren oder organisieren. Des Weiteren können sie eine Transformationsfunktion wahrnehmen, indem sie gewissermassen den Lerninhalt im Gedächtnis verankern helfen. Dann können Bilder auch motivieren, indem sie Interesse wecken und damit eine höhere Motivation zur kognitiven Verarbeitung schaffen und nicht zuletzt können Bilder auch eine Dekorationsfunktion einnehmen, damit das Material ästhetisch ansprechend wirkt.

Bei der Gestaltung von Bildern zum Zweck des Lernens ist es relevant, die Bildinformation so darzustellen, dass die Wahrnehmung und das konzeptuelle Wissen optimal zusammenspielen (Schnotz, 2011). Bei der **Gestaltung von realistischen Bildern** sind nebst den elementaren Wahrnehmungsanforderungen bezüglich der Erkennbarkeit, Diskriminierbarkeit und Identifizierbarkeit von grafischen Elementen spezifische Kriterien zu beachten. Unter anderem ist dies die Anknüpfung an die Vorerfahrung der Personen. Logische Bilder sollten so gestaltet sein, dass die von der Person wahrgenommene grafische Struktur möglichst gut mit der Struktur des darzustellenden Sachverhalts übereinstimmt, damit eine adäquate Interpretation ohne Reorganisation möglich ist (Schnotz, 2011).

Nückles und Wittwer (2014) beschäftigen sich spezifisch mit Lernen durch Visualisieren. Sie unterscheiden zwischen bereichsunabhängigen Visualisierungstechniken, wie z.B. Concept Maps (siehe Kapitel 2.3.4) und bereichsspezifischen Visualisierungstechniken, wie z.B. Venn-Diagramme in der Mathematik. Die beiden Autoren stellen zwei kognitive Funktionen von Visualisierungen dar: Eine Funktion ist die *Förderung einer tieferen Verarbeitung von Lerninhalten*. Dazu sind Prozesse der *Organisation*, wie beispielsweise das Herstellen von Zusammenhängen zwischen Konzepten durch Concept-Maps, sowie der *Elaboration*, wie das Verknüpfen des Neuen mit dem Vorwissen, erforderlich. Die andere Funktion ist die *Anregung von metakognitiven Prozessen*, indem Lernende beispielsweise versuchen, sich einen Zusammenhang durch das Verwenden oder Ausführen einer Visualisierung zu veranschaulichen.

2.3.4 Mapping-Techniken als Repräsentationsformate, die bildliche Darstellung unterstützen

In Psychologie und Pädagogik wurde mit den Mapping-Techniken eine Gruppe von Visualisierungswerkzeugen weiterentwickelt, die durch die grafische Darstellung von Wissensstrukturen das Wissensmanagement von Lern- und Kooperationsprozessen unterstützen können (Mandl & Fischer, 2000). Das Grundprinzip der Mapping-Techniken besteht darin, dass Begriffe als Knoten in einem Netz aufgefasst werden, die Relationen zwischen diesen Begriffen als Verbindungen zwischen diesen Knoten. Zusätzlich können die Relationen nach Art der Verbindung zwischen den Knoten benannt werden, wie beispielsweise «ist Teil von». Concept-Maps unterscheiden sich von Mind-Maps dadurch, dass die Beziehungen zwischen den Begriffen explizit benannt werden (Nückles et al., 2014). Somit helfen Mapping-Techniken, komplexe Sachverhalte und Strategien zu veranschaulichen. Die Mapping-Techniken lassen sich drei Anwendungs- und Forschungsfeldern zuordnen: als Lehr- und Lernstrategie, zur Unterstützung von Kooperationsprozessen beim gemeinsamen Lernen und zur Wissensdiagnose und -modellierung (Mandl et al., 2000). Zum letztgenannten Anwendungsfeld kann eine Gruppe von Verfahren, die als Strukturlegetechniken bezeichnet werden, gezählt werden. Die Strukturlegetechniken erfordern eine Rekonstruktion von begrifflichem Zusammenhangswissen in Form von grafischen Begriffsnetzwerken. Aus diesen Begriffsnetzwerken werden Hinweise auf strukturelle Merkmale und inhaltliche Korrektheit der individuellen Wissensrepräsentation abgeleitet, sowie auch deren Veränderung durch Lernprozesse (Eckert, 2000).

2.3.5 Visualisierung im Kontext dieser Arbeit

Wie vorgängig angesprochen können mit einer Visualisierung Informationen sowohl in Form von Bildern (piktoral, bildlich) als auch in Form von Texten (verbal, sprachlich) dargeboten werden. In der vorliegenden Arbeit wird mit einer Visualisierung gearbeitet, die eine Art Strukturdiagramm darstellt. Gemäss Schnotz (2011) stellt die Visualisierung somit ein logisches Bild dar. Bild ist hier somit nicht im alltäglichen Gebrauch verwendet, sondern als **Begriff für ein grafisches Gebilde**, das einen Sachverhalt aufgrund abstrakten Analogierelation mittels qualitativer und quantitativer Merkmale darstellt, wie beispielsweise ein Strukturdiagramm (Schnotz, 2011).

Die Darlegungen von Roberts et al. (2007), dass durch Visualisierung ein mentales Bild geformt wird und diejenigen von Robertson (1991), dass das Ziel einer Visualisierung die Entwicklung eines mentalen Modells ist, können für diese Arbeit verwendet werden. Demzufolge sollen die visuellen Attribute (Elemente) der Visualisierung so gestaltet werden, dass durch die Betrachtung der Visualisierung oder durch das aktive Erstellen einer Visualisierung ein mentales Modell entwickelt oder zumindest der Aufbau eines bestehenden Modells unterstützt werden kann. Dies kann einerseits durch die **grundsätzliche Form** der Visualisierung geschehen, andererseits auch durch die **spezifische Gestaltung der Elemente und Relationen**. In der vorliegenden Arbeit wird für die grundsätzliche Form der Visualisierung eine Mapping-Technik verwendet. Mapping-Techniken sind Repräsentationsformate, die bildliche Darstellung unterstützen. Die Visualisierung ist eine bildliche Darstellung und kann durch die Darstellung in Form einer Mapping-Technik bei Lern- und Kooperationsprozessen unterstützen (Mandl et al., 2001). Zur spezifischen Gestaltung der Elemente und Relationen der Visualisierung stellt sich die Frage, wie diese gestaltet sein müssen, um den kognitiven Prozess des Aufbaus mentaler Modelle zu fördern? Basierend auf der elaborativen Informationsverarbeitung, d.h. die Anreicherung des zu behaltenden Materials mit zusätzlichen Informationen, wird auf das Darstellungsmerkmal der Elaboriertheit geschlossen. Dies bedeutet grundsätzlich, dass die Elemente und Relationen inhaltsgleich und konkret veranschaulicht zum Vorwissen dargestellt sein sollen und aus dem Erfahrungsbereich der Lernenden stammen, dies unabhängig vom Grad der Elaboriertheit. Eine hohe Elaboriertheit der Visualisierungselemente soll durch eine doppelte Kodierung erreicht werden, d.h. die gleiche Information in Text und Bild, dies im Gegensatz zu einer niedrigen Elaboriertheit der Merkmale, wo die Information nur in Form von Text dargeboten wird. Das Thema Elaboriertheit wird im Kapitel 4.5.1 noch ausführlicher behandelt.

3 Fragestellungen und Hypothesen

In diesem Kapitel werden die Ausgangslage und das Ziel der Arbeit zusammengefasst, um daraus die *generelle Forschungsfrage* abzuleiten. In einem nächsten Schritt werden die *spezifischen Fragestellungen* abgeleitet und die *Hypothesen* dargestellt.

3.1 Generelle Forschungsfrage

Die InfoSpez arbeiten in einem komplexen Mensch-Maschine-System, in dem zunehmend Funktionen automatisiert werden, um so Menschen bei der Erfüllung ihrer Aufgaben zu unterstützen. Bei der Nutzung können aufgrund der Komplexität und eines mangelnden Systemverständnisses Probleme auftreten, wenn die Nutzenden kein korrektes mentales Modell der Funktionsweise der Automation besitzen oder aufbauen können. Die Nutzenden sind dann kaum in der Lage, Informationen richtig zu interpretieren und daraus Vorhersagen über die weiteren Prozesse und Handlungsschritte abzuleiten (Manzey, 2012). Ein Weg, um das mangelnde Systemverständnis oder die mangelnde Transparenz des automatisierten Systems zu verringern, ist das Training der Nutzenden, in diesem Fall der InfoSpez (Manzey, 2012). Die Unterstützung des Systemverständnisses soll mithilfe einer zu entwickelnden Visualisierung erreicht werden.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung einer Visualisierung eines komplexen technischen Systems zur Unterstützung der InfoSpez, damit diese ein (verbessertes) mentales Modell der technischen Systeme und deren Zusammenhänge aufbauen können. Durch die Anwendung, das Training mit der entwickelten Visualisierung, soll der Aufbau mentaler Modelle unterstützt werden und dadurch den Nutzenden des technischen Systems eine Hilfe bei der Ausübung ihrer Aufgaben sein. Somit lässt sich die folgende generelle Forschungsfrage ableiten:

Generelle Forschungsfrage

Wie muss die Visualisierung eines komplexen technischen Systems gestaltet sein, damit Nutzende funktionelle mentale Modelle aufbauen und abrufen können, die zu einem verbesserten Systemverständnis führen?

3.2 Spezifische Fragestellungen und Hypothesen

In einem *ersten Teil der Arbeit* werden diejenigen Aspekte erhoben, die für die Nutzenden die Komplexität der Systemzusammenhänge ausmachen. Zudem werden typischen Bedienfälle mit den konkreten Handlungen eines InfoSpez erhoben. Die Fragen explorieren das Anwendungsgebiet, in dem die spätere Visualisierung zum Einsatz kommen soll. Dies führt zu den ersten zwei spezifischen Fragestellungen:

- **Fragestellung 1**
Welche Bedienfälle tätigen InfoSpez und wie sehen die konkreten Handlungen dazu aus?
- **Fragestellung 2**
Welches sind die Aspekte, die für Nutzende (InfoSpez) die Komplexität der Systemzusammenhänge ausmachen?

Die Erkenntnisse aus den ersten beiden Fragestellungen bilden zusammen mit der Theorie die Basis für den *zweiten Teil der Arbeit*, die Entwicklung der Visualisierung. Auf diese Entwicklung wird im Methodenteil eingegangen (siehe Kapitel 4.4).

In einem *dritten und letzten Teil der Arbeit* soll die Wirkung der entwickelten Visualisierung gemessen werden. Dazu interessiert zuerst die Frage, inwieweit die erarbeitete Visualisierung geeignet ist, den Aufbau mentaler Modelle zu unterstützen. Wie in der Theorie aufgezeigt wurde, führt eine elaborativere Verarbeitung von Informationen zu einer besseren Gedächtnisleistung, sowohl beim Behalten als auch beim Abruf von Informationen (Anderson, 2013). Basierend auf der elaborativen Informationsverarbeitung, d.h. der Anreicherung des zu behaltenden Materials mit zusätzlichen Informationen, wird auf das Darstellungsmerkmal Elaboriertheit geschlossen. Martschinke (2001) streicht einige relevante Punkte heraus, die für das Merkmal entscheidend zu sein scheinen, wie z.B. dass Verbindungen von neu einflussender Information mit dem Vorwissen geknüpft werden können oder dass mit zunehmender Elaboriertheit die Erinnerungsleistung positiv gefördert werden kann. Hier interessiert die Frage, ob beide Visualisierungsformen einen Wissenszuwachs generieren können. Des Weiteren soll eine hohe Elaboriertheit der Visualisierungselemente durch eine doppelte Kodierung erreicht werden, d.h. die gleiche Information in Text und Bild, dies im Gegensatz zu einer niedrigen Elaboriertheit der Merkmale, wo die Information nur in Form von Text dargeboten wird. Hier interessiert die Frage, ob die Beschaffenheit einer der zwei Darstellungsformen geeigneter ist, kognitive Prozesse auszulösen, was sich in einem grösseren Wissenszuwachs zeigen würde. Dies führt zu den drei Fragestellungen der Dimension Eignung.

- **Fragestellung 3**

Kann durch das Lernen mit der Visualisierungsform 1 (niedrige Elaboriertheit) ein Wissenszuwachs generiert werden?

Hypothese: Das Lernen mit der Visualisierungsform 1 (V1) generiert einen Wissenszuwachs.

Statistische Hypothesen. Alternativhypothese: Wissen $T_{2.V1} > T_{1.V1}$, Nullhypothese: Wissen $T_{2.V1} = T_{1.V1}$

- **Fragestellung 4:**

Kann durch das Lernen mit der Visualisierungsform 2 (hohe Elaboriertheit) ein Wissenszuwachs generiert werden?

Hypothese: Das Lernen mit der Visualisierungsform 2 (V2) generiert einen Wissenszuwachs.

Statistische Hypothesen. Alternativhypothese: Wissen $T_{2.V2} > T_{1.V2}$, Nullhypothese: Wissen $T_{2.V2} = T_{1.V2}$

- **Fragestellung 5:**

Welche Darstellungsform der Visualisierung eignet sich besser, um einen grösseren Wissenszuwachs zu erzeugen?

Hypothese: Visualisierungsform 2 (V2, hohe Elaboriertheit) generiert einen höheren Wissenszuwachs als Visualisierungsform 1 (V1, niedrige Elaboriertheit).

Statistische Hypothesen. Alternativhypothese $\Delta V2 > \Delta V1$, Nullhypothese $\Delta V2 = \Delta V1$

Mit der Akzeptanz befasst sich der zweite Bereich der Wirkungsmessung. Die Visualisierung wird ausserhalb dieser Erhebung nur dann zum Einsatz kommen, wenn die gestalterische Umsetzung und die Methodik vom Zielpublikum akzeptiert werden. Zusätzlich wird diese Möglichkeit genutzt, um die subjektive Einschätzung der Eignung der Visualisierungsform zu erheben. Dies führt zu folgender Fragestellung zu den Dimensionen Akzeptanz und Eignung:

- **Fragestellung 6:**

Wie ist die subjektive Einschätzung der Probanden bezüglich Visualisierung in den Dimensionen Akzeptanz und Eignung?

4 Methodik

In diesem Kapitel wird zuerst die Stichprobe beschrieben bevor dann auf das Untersuchungsdesign dieser Forschungsarbeit eingegangen sowie das Vorgehen beschrieben wird. Im Weiteren werden die Methoden der Datenerhebung und -auswertung näher erläutert, dies in der Reihenfolge der Untersuchungsabfolge: die Exploration des Anwendungsgebietes (ersten Teil), gefolgt von der Wirkungsmessung der Visualisierung auf Eignung und Akzeptanz (dritter Teil). Die eigentliche Entwicklung der Visualisierung wird hier im Methodenteil dazwischengeschoben (zweiter Teil). Dies aufgrund der Nachvollziehbarkeit, obwohl die Entwicklung keine Methode darstellt, sondern als Intervention in der Wirkungsmessung eingesetzt wird.

4.1 Stichprobe

Die Stichprobe bestand aus InfoSpez der SBB, die für die Kundeninformation am Bahnhof verantwortlich sind (siehe auch Kapitel 1.2.2). Der Praxispartner wollte ein Instrument für InfoSpez schaffen, die noch über wenig Berufserfahrung verfügen. Diese Kriterien erfüllen die ZVL Professional. Sie arbeiten sowohl als ZVL als auch als InfoSpez und weisen zwischen einem bis maximal drei Jahren Berufserfahrung auf. Aus vier möglichen BZ wurde durch den Praxispartner die BZ Ost am Flughafen Zürich bestimmt. Um die InfoSpez möglichst wenig mit der Untersuchung zu belasten, wurde in Absprache mit dem Praxispartner die Anzahl Versuchspersonen auf insgesamt zehn InfoSpez festgelegt. Zwei InfoSpez wurden für die Exploration des Anwendungsgebietes der Visualisierung bestimmt, acht für die Wirkungsmessung. Eine Hypothesenprüfung mit einer Stichprobe von nur acht Personen (N=8) führt zu Interpretationsgrenzen bei den Ergebnissen. Aufgrund von eingeschränkten Ressourcen war eine grössere Anzahl Versuchspersonen trotzdem nicht möglich.

4.2 Untersuchungsdesign und Ablauf der Untersuchung

Die Herangehensweise dieser Untersuchung erfolgte nach der theoretischen Einarbeitung ins Themengebiet explorativ mittels qualitativer Methode. Die Erkenntnisse daraus bildeten die Basis für den zweiten Teil der Untersuchung, der Entwicklung der Visualisierung. Die Wirkungsmessung der Visualisierung erfolgte im dritten Teil der Untersuchung mittels quantitativer Methode, ergänzt mit einem qualitativen Teil. Die Erhebungen fanden im Zeitraum von März 2016 bis August 2016 statt, die gesamte Arbeit dauerte bis Dezember 2016. Nach der grafischen Darstellung des Untersuchungsdesigns (siehe Abbildung 3) wird in einem Überblick der Ablauf der Untersuchung beschrieben.

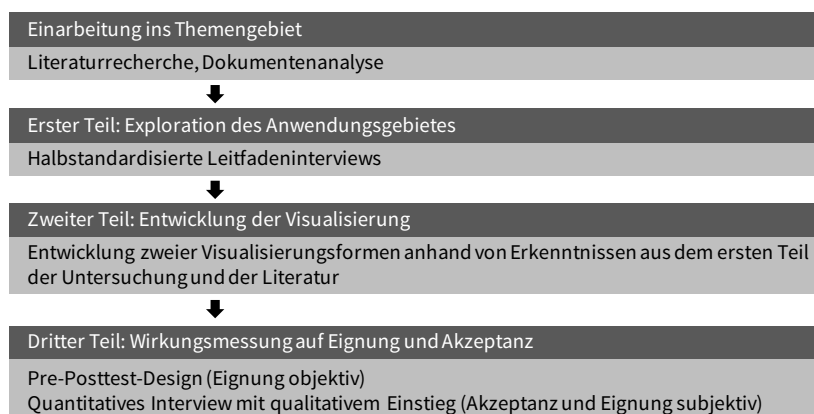


Abbildung 3: Grafische Darstellung der wesentlichen Phasen der Untersuchung sowie der verwendeten Methoden.

Als erstes erfolgte eine Literaturrecherche und eine Dokumentenanalyse zu den Themen Visualisierung, mentale Modelle, komplexe (technische) Systeme und zur Kundeninformation am Bahnhof bei der SBB. Auf Basis dieser Dokumente wurde im **ersten Teil** der Untersuchung ein Leitfaden entwickelt, um das künftige Anwendungsgebiet der Visualisierung zu explorieren. Nach einem Pretest des Leitfadens und den nachfolgenden Anpassungen wurden zwei Interviews mit InfoSpez durchgeführt und ausgewertet. Der **zweite Teil** der Untersuchung diente der Entwicklung und Umsetzung der Visualisierung. Da der Praxispartner daran interessiert war, das entwickelte Instrument nach Beendigung dieser Arbeit auch einzusetzen, war die Entwicklung an gewisse Restriktionen gebunden. Es musste eine Form gefunden werden, die erstens am Arbeitsplatz der InfoSpez einsetzbar und portabel war. Zweitens musste sie spielerisch umgesetzt sein und die InfoSpez ansprechen. Dies alles verbunden mit den Erkenntnissen des ersten Teils der Untersuchung. Und nicht zuletzt sollte die Visualisierung eine Wirkung erzeugen, eine Wirkung bezüglich Eignung für den Aufbau mentaler Modelle, um Systemzusammenhänge besser verstehen zu können. In enger fachlicher Zusammenarbeit mit Experten der Kundeninformation wurde die aktive Visualisierung entwickelt und in Form eines Puzzles umgesetzt (näheres siehe Kapitel 4.4). Für den **dritten Teil** der Untersuchung, der Wirkungsmessung, wurde ein Pre-Posttest-Design gewählt. Die gesamte Erhebung erfolgte direkt am Arbeitsplatz der InfoSpez während ihrer Arbeitszeit. Diesem Wunsch des Praxispartners konnte entsprochen werden, da die zu entwickelnde Visualisierung für die Anwendung am Arbeitsplatz gedacht war. Die Untersuchungsdurchführung beinhaltete eine Einführung der VPn ins Thema mit anschließendem Pre- und Posttest. Zwischen den beiden Tests wurde eine Intervention mit der Visualisierung durchgeführt. Den Abschluss bildete ein quantitatives Interview mit einem qualitativen Einstieg. Die Ergebnisse wurden ausgewertet und die verwendeten Visualisierungen nach Abschluss dieser Arbeit dem Praxispartner zur Verfügung gestellt.

4.3 Datenerhebung und –auswertung erster Teil: Exploration des Anwendungsgebietes

Nachfolgend werden für den ersten Teil der Untersuchung, der Exploration des Anwendungsgebietes der zu entwickelnden Visualisierung, die verschiedenen Instrumente der Datenerhebung, die Operationalisierung und die Datenauswertung beschrieben.

4.3.1 Halbstandardisiertes Leitfadeninterview

Das Leitfadeninterview (Schreier, 2013) eignete sich sehr gut für die explorative Herangehensweise und ist somit auch geeignet, um das Arbeitsfeld der InfoSpez zu erkunden. Die Entwicklung des Leitfadens (siehe Anhang A) erfolgte entlang der ersten beiden Fragestellungen und den Erkenntnissen aus der Literatur. Der Leitfaden beinhaltete drei Themengebiete. Im ersten Themengebiet wurden Informationen zur Person erfragt. Das zweite Themengebiet orientierte sich an der Fragestellung 1: *Welche Bedienfälle tätigen InfoSpez und wie sehen die konkreten Handlungen dazu aus?* Die Fragestellung 2 – *Welches sind die Aspekte, die für Nutzende (InfoSpez) die Komplexität der Systemzusammenhänge ausmachen?* – war massgebend für das dritte Themengebiet des Leitfadens.

Die zwei Interviews wurden im März 2016 am Arbeitsplatz der InfoSpez in der BZ Ost durchgeführt und dauerten zwischen 90 und 120 Minuten. Die Interviews wurden von einer Person durchgeführt, auf Tonband aufgenommen und anschliessend mit der Transkriptionssoftware F5 teilweise transkribiert. Einer der Befragten (Be1) entsprach der verlangten Stichprobe (ein bis drei Jahre Berufserfahrung), der andere Befragte (Be2) wies sieben Jahre Berufserfahrung aus und war ein fundierter Fachspezialist. Obwohl er nicht den Kriterien der Stichprobe entsprach, hatte dies auf die Qualität der erhobenen Daten keine negativen Auswirkungen. Nachfolgend werden die Operationalisierung und Datenauswertung des Leitfadeninterviews zu den drei Themengebiete beschrieben.

Persönliche Angaben

Datenerhebung. Zu Beginn der jeweiligen Interviews wurde die Funktion, die Berufserfahrung, das Alter und das Geschlecht erfragt.

Datenauswertung. Die persönlichen Angaben wurden quantitativ ausgewertet (deskriptiv) und in Tabellenform dargestellt.

Typische Aufgaben/Bedienfälle und Handlungen

Datenerhebung. Zuerst wurde den Probanden die Frage gestellt, welches ihre Hauptaufgaben in ihrer Tätigkeit als InfoSpez sind. Ergänzend gab es eine Aufzählung von Aufgaben, die aus Stellenbeschreibungen der SBB (2014a) stammen. Auch aus diesen Aufgaben konnten die Befragten Hauptaufgaben auswählen. Dann mussten die Befragten bestimmen, welche der Aufgaben die drei typischsten und die drei wichtigsten sind. Für die drei typischsten respektive wichtigsten Hauptaufgaben wurde nach einer Beschreibung des jeweiligen Informationsflusses gefragt: Woher kommen die Daten, was machst du mit den Daten, wohin fließen die Daten respektive was bewirken sie?

Datenauswertung. Die Aussagen der beiden Befragten wurden zuerst separat ausgewertet, bevor sie dann zusammengefasst und einander gegenübergestellt wurden. Wenn also beispielsweise beide Personen die gleiche typische Hauptaufgabe genannt haben, dann wurde diese nur einmal aufgeführt. Die Nennung der Hauptaufgaben wurde quantitativ ausgewertet (deskriptiv) und aufgelistet, die ergänzenden Aussagen dazu teilweise transkribiert und direkt zu den Hauptaufgaben geschrieben. Diese Informationen wurden nicht weiter ausgewertet, dienten jedoch einem verbesserten allgemeinen Verständnis über die Arbeitsaufgaben der InfoSpez. Der Datenfluss der drei wichtigsten, respektive typischsten Hauptaufgaben wurde teilweise transkribiert und anhand der Broad Brush Methode (Bazeley & Richards, 2000) im Excel festgehalten.

Komplexität der Systemzusammenhänge

Datenerhebung. Als Einstieg wurde eine allgemeine, öffnende Frage darüber gestellt, was die Probanden zu Beginn einer InfoSpez-Tour erwarten. Einerseits, um einen Einstieg in das Thema Komplexität zu erhalten, andererseits auch, um einen Einblick auf ihre Einstellung zur Arbeit als InfoSpez zu erhalten. Anschliessend mussten die Befragten zu insgesamt sieben Aussagen zu Merkmalen komplexer Systeme (Informationsmenge, Vernetztheit, Dynamik, Intransparenz) Fragen beantworten. Die Aussagen stammten aus der Literatur und wurden auf gedruckten Karten einzeln vorgelegt (siehe Anlage A). Beispielsweise zum Merkmal Dynamik die Aussage (A04) *Das System verändert sich, auch ohne dass ein Eingriff vorgenommen wird.* Dazu wurde die Frage gestellt, ob es das bei ihrer Arbeit als InfoSpez auch gebe und ob allenfalls Probleme auftreten können. Dann mussten die InfoSpez mit einem Ampelsystem beurteilen, wie sie mit diesem Aspekt zurechtkommen. *Grün: bereitet mir bei meiner Arbeit keine Schwierigkeiten; orange: es geht so; rot: bereitet mir bei meiner Arbeit Schwierigkeiten.* Bei den Bewertungen orange und rot folgte die Nachfrage, was helfen würde, damit es weniger schwierig wäre. Als Abschluss der Aussagekarten mussten die Befragten maximal drei Aussagen auswählen, die sich am stärksten auf ihre Arbeit als InfoSpez auswirken würden.

Datenauswertung. Die erste allgemeine Frage wurde nach der Broad Brush Methode (Bazeley et al., 2000) ausgewertet, indem die jeweiligen Aussagen direkt ins Excel aufgenommen und nach Themen geclustert wurden. Die Antworten zu den Aussagekarten – inklusive die gewählten Aussagen, die sich am stärksten auf die Arbeit der InfoSpez auswirken – wurden auf dieselbe Art ausgewertet. Zusätzlich wurden dann die geclusterten Aussagen der beiden Befragten in einer Tabelle gegenübergestellt. Bei den gewählten Aussagen, die sich am stärksten auf die Arbeit der InfoSpez auswirken, wurde noch gekennzeichnet, ob sich die Auswirkung unterstützend (grün) oder hindernd (rot) auswirkt.

4.3.2 Methodenkritik

Es kann hinterfragt werden, welche Zusatzinformationen die ausführlichen Fragen nach den Hauptaufgaben und den Informationsflüssen generieren würden, war doch schon vieles aus Stellenbeschrieben bekannt. Nun, insbesondere die Aussagen zum Informationsfluss wurde als relevant erachtet, um Erkenntnisse zu Systemzusammenhängen zu erfahren, die wichtig für die Entwicklung der Visualisierung sein könnten. Dies insbesondere, da zu diesem Zeitpunkt auch noch unklar war, auf welchem Abstraktionsgrad die Visualisierung angesetzt werden sollte.

Ausser der öffnenden Frage waren alle Aussagen zu Komplexität aus der Literatur vorgegeben (deduktiv). Dadurch wurden eventuell Merkmale von Komplexität nicht erfasst. Beispielsweise könnte die Diversität der Elemente einen Einfluss darauf haben, was für die InfoSpez die Komplexität technischer Systeme ausmacht. Dennoch wird dieses Vorgehen als zielführend erachtet, weil Komplexität als ein vielschichtiges und schwierig fassbares Konstrukt angesehen wird, das von den Befragten nicht einfach zu verbalisieren war. So sollten die Aussagekarten als Unterstützung dienen, das implizite Wissen über Komplexität verbalisierbar zu machen.

4.4 Entwicklung der Visualisierung zweiter Teil: aktive Visualisierung als Puzzle

Mit der Methodik der Visualisierung soll der Aufbau mentaler Modelle erreicht werden. Die Visualisierung wird mit der Methode der aktiven Visualisierung als Puzzle umgesetzt. Gleichzeitig ist die Ausprägung der Visualisierung als Intervention ein Teil der Methode, mit der im dritten Teil die Wirkungsmessung vorgenommen wird. Deshalb wurde entschieden, die Entwicklung der Visualisierung in den Methodenteil zu verordnen. Zuerst wird die allgemeine Vorgehensweise mit den Kriterien dargestellt, darauffolgend wird dann auf die zwei Ausprägungsformen der Visualisierung eingegangen.

4.4.1 Kriterien und Vorgehensweise

Auf der Basis der Erkenntnisse des ersten Teils der Untersuchung, der Exploration des zukünftigen Anwendungsgebietes der Visualisierung und der Erkenntnisse aus der Literatur sollte eine Visualisierung entwickelt werden. Auch Informationen aus der Dokumentenanalyse standen zur Verfügung, nicht zuletzt die bereits vorhandenen Visualisierungen der Systemlandschaft der SBB (siehe Abbildung 4).

Die zu entwickelnde Visualisierung sollte nach Beendigung dieser Arbeit bei den InfoSpez eingesetzt werden können. Deshalb wurden nach Vorgaben des Praxispartners folgende **Kriterien** ausgearbeitet, die bei der Umsetzung berücksichtigt werden mussten:

- Verbessertes Verständnis der Systemzusammenhänge
- Umsetzung in einer «spielerischen» Form
- Zielgruppe (InfoSpez) soll angesprochen werden
- Von den InfoSpez selbständig anwendbar
- Portabel
- Am Arbeitsplatz einsetzbar
- Unterschied Text- und Bildumsetzung berücksichtigen

Es existieren bei den SBB bereits Visualisierungen über technische Systeme, die hochdetailliert sind, und auch solche, die die technischen Systeme der Kundeninformation bereits sehr vereinfacht darstellen (siehe Abbildung 4). Als Ausgangslage wurde hier die einfache Form verwendet, weil die Zielgruppe mit dieser Visualisierung bereits vertraut war. So sollte an das Vorwissen der Nutzenden angeknüpft werden,

damit abstrakte Relationen durch Beispiele vertrauter, vorstellbarer Sachverhalte repräsentiert sind, um die Konstruktion mentaler Modelle zu erleichtern (Dutke, 1994). Anknüpfungspunkte waren beispielweise die blauen Kästen für die Systemkomponenten oder auch die Aufteilung in Quell- und Abnehmersysteme mit dem CUS als zentrale Einheit.

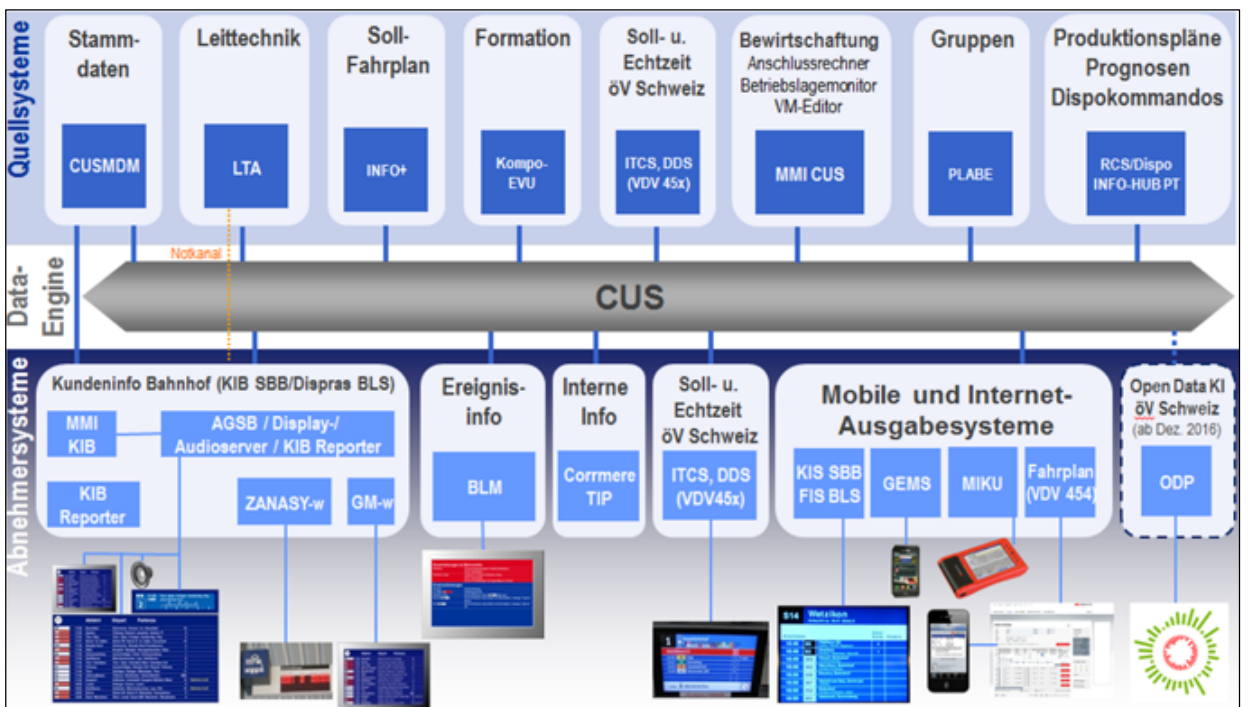
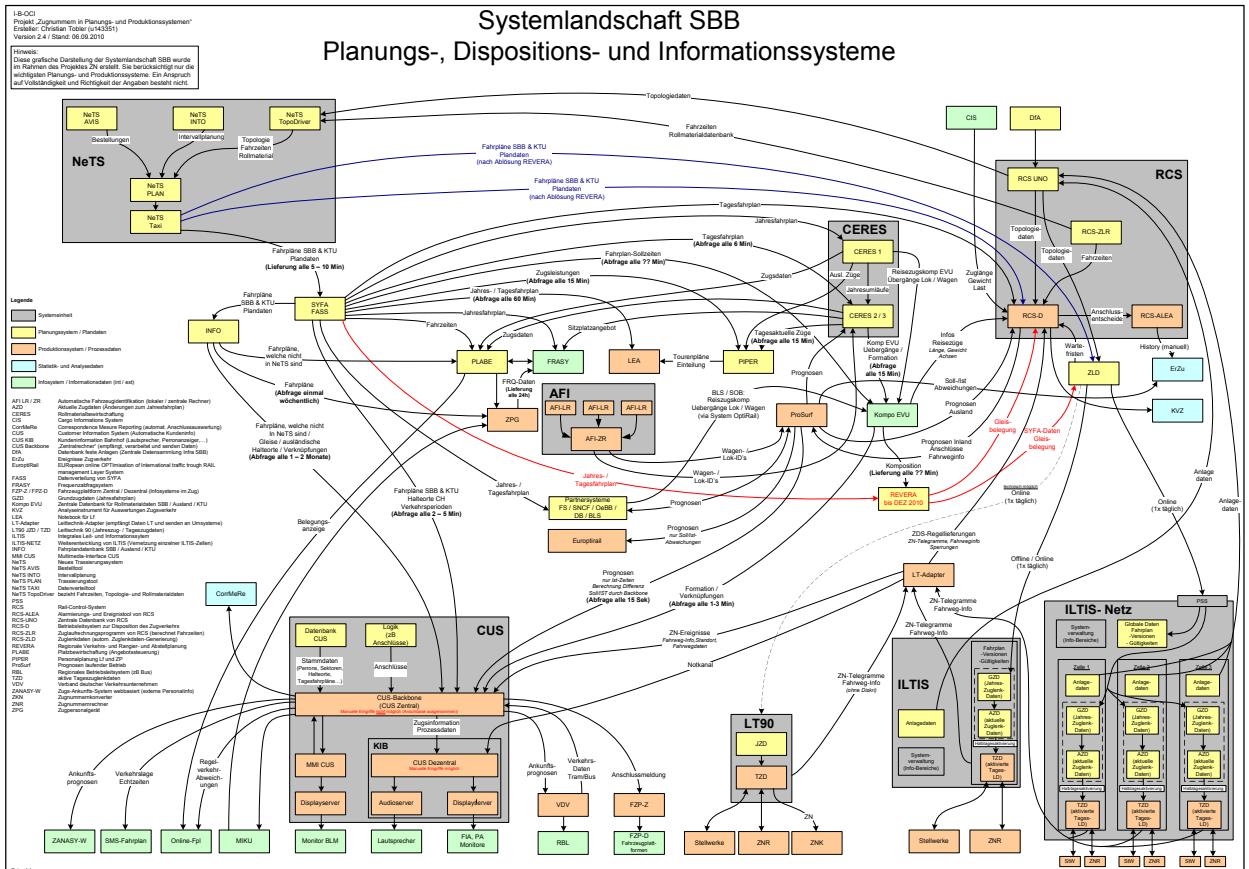


Abbildung 4: Vorhandene Visualisierungen von Systemlandschaften bei der SBB. Oben eine detaillierte Darstellung der Systemlandschaft SBB. Unten eine vereinfachte Darstellung der Systemlandschaft Kundeninformation.

Die Visualisierung sollte in einer «spielerischen» Form umgesetzt werden. Kognitionspsychologisch ausgedrückt heisst «spielerisch» beispielsweise, dass die Visualisierung multimodal und reversibel sein soll. Mit der Strukturlegetechnik (siehe Kapitel 2.3.4), konnte die Operationalisierung von «spielerisch» umgesetzt werden. Dazu wurde die gesamte Visualisierung in ihre Einzelteile zerlegt und musste dann anhand einer genauen schriftlichen Kurzanweisung zusammengesetzt werden. Die Strukturlegetechnik, die eine Mapping-Technik ist, ermöglichte es, die komplexen Sachverhalte des technischen Systems zu veranschaulichen (Mandel et al., 2000).

Die Ergebnisse aus der Exploration des Anwendungsgebietes, wie Schwierigkeiten mit Intransparenz und Vernetztheit, wurden mitberücksichtigt (siehe Ergebnisse Kapitel 5.1) und zusammen mit dem Praxispartner wurde der Abstraktionsgrad der Visualisierung bestimmt. Es wurde als sinnvoll erachtet, die Visualisierung auf einem hohen Abstraktionsgrad anzusiedeln, damit der Fokus auf das Zusammenspiel der verschiedenen technischen Systemkomponenten gelegt werden konnte. Dadurch sollte die Vernetztheit des Systems dargestellt werden und für die Nutzenden transparenter werden. Eine Realisierung der Visualisierung auf der Ebene der einzelnen Handlungsschritte eines InfoSpez wurde als nicht zielführend für das Gesamtverständnis der Systemzusammenhänge angesehen. Ein weiterer Grund der dagegen sprach war, dass die InfoSpez die einzelnen Handlungsschritte direkt im System, an ihrem Arbeitsplatz auf einer Übungsebene trainieren können.

4.4.2 Verwendete Materialien und Erstellungsprogramme

Die Kriterien *Umsetzung in einer «spielerischen» Form* und von den InfoSpez *selbständig anwendbar* sollten mit der Idee, die Visualisierung als Puzzle umzusetzen, abgedeckt sein. Weitere Kriterien – die *Zielgruppe* (InfoSpez) soll *angesprochen werden* und das Visualisierungspuzzle sollte *portabel* und *am Arbeitsplatz einsetzbar* sein – mussten berücksichtigt werden. Realisiert wurde dazu eine magnetische Umsetzung auf einer Eisenplatte. Eine Eisenplatte ist portabel und kann am Arbeitsplatz eingesetzt und jederzeit wieder weggelegt werden, nicht zuletzt, da die Einzelteile magnetisch sind und so nicht verrutschen oder herunterfallen können. Zudem wurde angenommen, dass das Wegnehmen und Wieder-Hinlegen der magnetischen Teile die InfoSpez ansprechen würden.

Für eine Übersicht wird nachfolgend eine Einordnung der Visualisierung nach Präsentationsmedium, Repräsentationsmodus und sensorischer Modalität nach Leutner et al. (2014) dargestellt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Einordnung der Visualisierung nach Präsentationsmedium, Repräsentationsmodus und sensorischer Modalität (nach Leutner et al., 2014).

Präsentationsmedium	Repräsentationsmodus	Sensorische Modalität
Eisenplatte mit magnetischen Einzelteilen der Systemkomponenten und Relationen.	einmal verbal (sprachlich), einmal verbal (sprachlich) und piktoral (bildlich).	visuell und haptisch

Ein erster Test wurde online in Druck gegeben. Es zeigte sich, dass nur kleinere Farbanpassungen ausgeführt werden mussten, dass das Grundprinzip der magnetischen Einzelteile aber tauglich war und somit eingesetzt werden konnte. Zusätzlich eingeflossen ist grafische Expertise, wodurch die professionelle Gestaltung und technische Umsetzung der Visualisierung gewährleistet war. Als technische Programme dienten Adobe Illustrator CC (Version 2015.1.0) und Adobe Photoshop CC (Version 2015.1.1).

Zusammenstellung der verwendeten **Materialien** der Visualisierung:

- Eisenplatte im Format 690 x 480 mm. Einzelherstellung vom Metallbauschlossler.
- Selbstklebefolie mit einer Basisstruktur der Visualisierung als Hintergrund und der Anleitung.
Online Druckauftrag bei onlineprinters.ch.

- Magnetfolie mit einer Sammelform der Einzelteile der Visualisierung, wie Systemkomponenten, Beschreibungen, Pfeile usw. (Details siehe Tabelle 2). Die Foliendicke beträgt rund 1 mm und kann mit einer Schere zerschnitten werden. Online Druckauftrag bei onlineprinters.ch.

Die Visualisierung wurde umgesetzt und mit einem Fachspezialisten KIB der SBB besprochen, kontrolliert und korrigiert. Zusätzlich wurde eine weitere Person hinzugezogen, die noch näher an der Zielgruppe arbeitet, damit sichergestellt werden konnte, eine anwendergerechte Sprache gefunden zu haben.

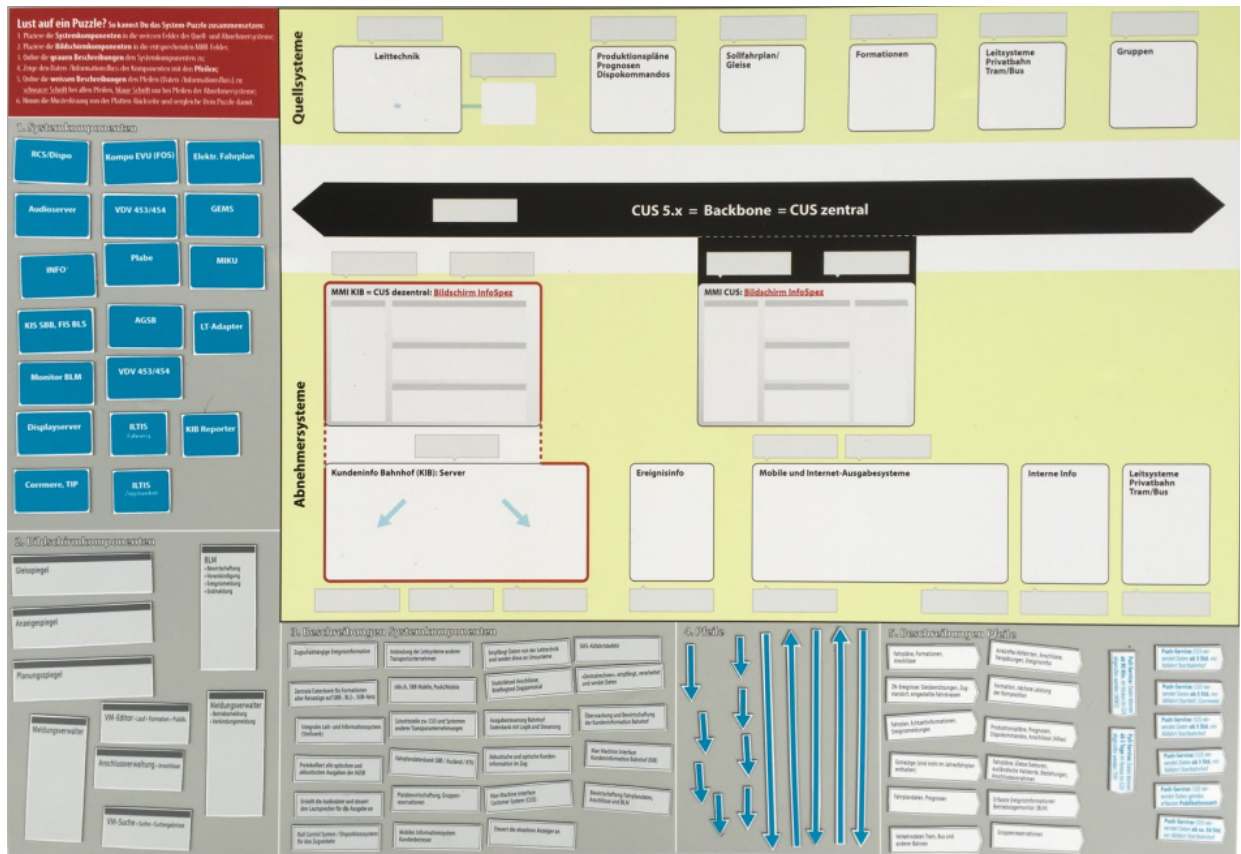


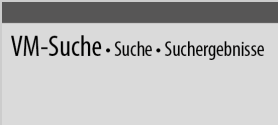

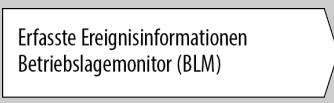



Abbildung 5: Entwickelte Visualisierung, hier die Form niedrige Elaboriertheit, d.h. ohne Abbildungen. Links oben in der roten Fläche die Anleitung. Dann links und unten die grauen Flächen als «Platzhalter» für die Einzelteile. Die restliche hellgrüne Fläche mit der Basisstruktur der Visualisierung als Hintergrund und Hilfestellung beim Zusammenstellen des Visualisierungs-Puzzles.

Die Abbildung 5 (siehe auch Anhang B) zeigt das entwickelte Visualisierungs-Puzzle in der Ausgangsposition, bereit, zusammengesetzt zu werden. Auf der Rückseite der Platte befindet sich in einer angeklebten Mappe ein A3-Print der korrekten Expertenlösung. Die Visualisierung wird vom Zentralrechner, auch CUS zentral oder Backbone genannt, in Quell- und Abnehmersysteme unterteilt. Diese Unterteilung ist bereits auf dem Hintergrund der Visualisierung im hellgrünen Bereich sichtbar. Ebenfalls im Hintergrund ersichtlich sind die zwei Interfaces, mit denen die InfoSpez hauptsächlich arbeiten. Diese dienen zur Orientierung, wo in der Systemlandschaft die InfoSpez ihre Handlungen tätigen. Des Weiteren bietet der Hintergrund mit den weissen und grauen Kästen Hilfestellungen zum Legen der Puzzleteile. Wie bereits erwähnt besteht die Visualisierung aus vielen Einzelteilen, die nachfolgend genauer beschrieben und bildlich dargestellt werden (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Die einzelnen Elemente der Visualisierung mit Beschreibung und bildlicher Darstellung.

Elemente	Beschreibung	Darstellung (Beispiel)
Systemkomponenten	Technische Systeme der Kundeninformation Bahnhof	
Beschreibung der Systemkomponenten	Aufgaben und Merkmale der Systemkomponenten.	
Bildschirmkomponenten	Wichtigste Bildschirmfenster des MMI KIB und MMI CUS, mit denen die InfoSpez arbeiten.	
Pfeile	Es fließen Daten/Informationen in einer Richtung.	
Beschreibungen des Daten-/Informationsflusses	Welche Daten-/Informationen fließen vom/zum einzelnen Systemkomponenten.	
Beschreibungen des Datenflusses mit zeitlicher Komponente	Was dieser Daten-/Informationsfluss für eine zeitliche Komponente hat.	

Das Kriterium für ein verbessertes *Verständnis der Systemzusammenhänge* wurde einerseits mit den Erkenntnissen aus der Exploration des Anwendungsgebietes mitberücksichtigt, andererseits kann erst durch die Wirkungsmessung festgestellt werden, ob die Umsetzung des Kriteriums gelungen ist. Auf das Kriterium des *Unterschieds zwischen Text- und Bildumsetzung* bei der Visualisierung wird ausführlich im nächsten Kapitel 4.5 eingegangen. Für die Berücksichtigung des Bildvorteils wurden die System- und Bildschirmkomponenten mit Abbildungen ergänzt.

4.5 Datenerhebung und -auswertung dritter Teil: Wirkungsmessung auf Eignung und Akzeptanz

Die verschiedenen Instrumente der Datenerhebung für den dritten Teil der Untersuchung, die Wirkungsmessung der Visualisierung auf Eignung und Akzeptanz, werden nachfolgend thematisiert, und es wird auf die Operationalisierung und die Auswertung der einzelnen Instrumente eingegangen.

4.5.1 Pre-Posttest-Design mit einer Intervention in zwei Ausprägungen

In der Wirkungsmessung sollte als erstes herausgefunden werden, inwieweit die Elemente und Relationen der erarbeiteten Visualisierung geeignet sind, den Aufbau mentaler Modelle zu unterstützen. Das heisst, ob ihre Beschaffenheit kognitive Prozesse auslösen und fördern kann, was sich in einem Zuwachs des Wissensumfangs äussern sollte. Dazu wurde eine experimentelle Methode gewählt, ein Within-Subject-Design. Mit einem Pre-Posttest-Design wurden die Fragestellungen 3 und 4 – *Kann durch das Lernen mit der Visualisierungsform 1, respektive 2, ein Wissenszuwachs generiert werden?* – bearbeitet. Im Weiteren kam

nun noch das Kriterium Text- versus Bildvorteil zum Tragen. Es sollte nicht nur gemessen werden, ob die Visualisierung einen Wissenszuwachs generieren kann, sondern, ob sich ein Unterschied zeigen würde, wenn Bilder anstatt nur Texte bei der Visualisierung eingesetzt würden. Hier kam ein Between-Subject-Design zum Einsatz. Die Variierung der Visualisierungsformen ermöglichte die Beantwortung der Fragestellung 5: *Welche Darstellungsform der Visualisierung eignet sich besser, um einen grösseren Wissenszuwachs zu erzeugen?* Die Zuteilung auf die jeweilige Intervention erfolgte zufällig, indem pro Erhebungstag zwei Untersuchungen durchgeführt wurden und die eine VP zufällig eine Visualisierungsform erhielt und die andere VP dann die verbleibende. Die acht Erhebungen wurden während vier Tagen im Juli 2016 in der BZ Ost am Arbeitsplatz der InfoSpez durchgeführt und dauerten zwischen fünf und sechs Stunden.

Operationalisierung Pre-Posttest

Mentale Modelle sind Konstrukte, die latent sind, d.h. nicht direkt beobachtbar und somit auch nicht direkt messbar. Das Funktionieren des mentalen Modells wurde mit dem Umfang und der Qualität des abgerufenen Wissens operationalisiert. Aus dieser abhängigen Variablen (AV) soll auf das hypothetische Konstrukt «mentales Modell» rückgeschlossen werden. Die unabhängige Variable (UV) wird manipuliert, indem mit zwei Ausprägungen der Darstellungsform der Visualisierung gearbeitet wurde. Es interessierte einerseits, ob die UV einen Einfluss auf die AV hat, andererseits aber auch, welchen Einfluss diese Manipulation auf ein funktionelles mentales Modell hat. Die nachfolgende Abbildung 6 gibt eine Übersicht über die verwendeten Variablen.

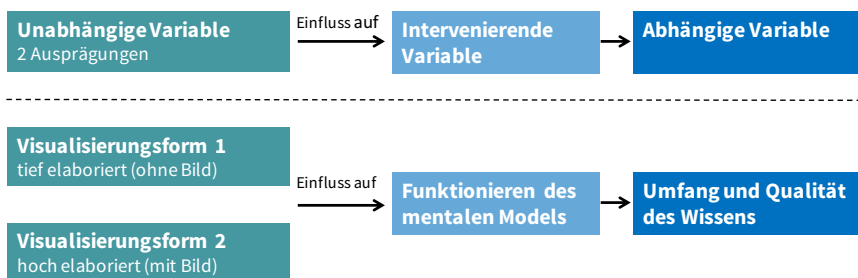


Abbildung 6: Grafische Darstellung der in der Untersuchung verwendeten Variablen.




- **Umfang und Qualität des abgerufenen Wissens (AV)**

Das funktionelle mentale Modell wird operationalisiert indem der Wissensumfang und die -qualität gemessen wird. Dabei stützt sich diese Untersuchung auf eine Arbeit von Martschinke (2001), gemäss ihr funktioniert ein mentales Modell umso besser (nach Martschinke 2001, S. 144):

- Je mehr Begriffe und Konzepte (Elemente) richtigen Begriffsklärungen zugeordnet werden können;
- Je mehr Attribute (Beschreibungen) und Teil-Ganzes-Beziehungen den einzelnen Begriffen zugeordnet werden können;
- Je mehr «wenn-Formulierungen» durch zeitlich-kausale «dann-Formulierungen» ergänzt werden können;
- Je mehr Problemlösefragen richtig beantwortet werden können;
- Je vollständiger Bilder gezeichnet und beschriftet werden können.

Aus diesen Aufzählungen wurden für die vorliegende Arbeit fünf **Indikatoren** abgeleitet (siehe Tabelle 3). Die Systemkomponenten sind die *Elemente* der Visualisierung. Die *Relationen* sind die Verbindungen zwischen den Systemkomponenten (Elementen) und deren Beschreibung.

Tabelle 3: Überblick über die verwendeten Indikatoren für den Umfang und die Qualität des abgerufenen Wissens. Insgesamt wurden 59 Elemente abgefragt.

Indikatoren	Auswertungsparameter	Kodierung	Expertenlösung
Systemkomponenten (Elemente) 	Systemkomponenten der <u>Quellsysteme, Abnehmersysteme und des Zentralrechners</u> : <i>Wie viele Elemente sind richtig gelegt/zugeordnet?</i> richtig/falsch/nicht gelegt sicher/nicht sicher	Häufigkeiten absolut und relativ	100% 18/18
Beschreibung der Systemkomponenten (Relationen) 	Beschreibungen der <u>Systemkomponenten</u> : <i>Wie viele Beschreibungen sind richtig gelegt?</i> richtig/falsch/nicht gelegt	Häufigkeiten absolut und relativ	100% 18/18
Beschreibungen des Daten-/Informationsflusses (Relationen) 	Beschreibungen (Merkmal) der Pfeile (schwarze Schrift): <i>Wie viele Beschreibungen sind richtig gelegt?</i> richtig/falsch/nichts geschrieben	Häufigkeiten absolut und relativ	100% 12/12
Thematische Gruppierungen	Kennzeichnung der thematisch zusammengehörenden Systemkomponenten: <i>Wie viele Gruppierungen wurden richtig gekennzeichnet?</i> richtig/falsch	Häufigkeiten absolut und relativ	100% 3/3
Wenn-Dann-Aussagen	Wenn-Dann-Aussagen zu zeitlich-kausalen Aspekten: <i>Wie viele Aussagen wurden korrekt beantwortet?</i> stimmt/stimmt nicht sicher/nicht sicher	Häufigkeit absolut und relativ	100% 8/8

Zusammengefasst umfasst die AV – **Umfang und Qualität des abgerufenen Wissens** – folgendes:

- *Umfang des abgerufenen Wissens*: absolute Anzahl der Elemente, die richtig gelegt/ gekennzeichnet werden
- *Qualität des abgerufenen Wissens*: relative Anzahl der Elemente, die richtig gelegt/ gekennzeichnet werden im Vergleich zu einer Expertenlösung (prozentual)

• **Elaboriertheit der Visualisierungsform (UV)**

Der Grad der Elaboriertheit der Visualisierungsform (UV) wird variiert um zu sehen, ob dies eine Auswirkung auf den Umfang und die Qualität des abgerufenen Wissens hat (AV). Die Variation der Elaboriertheit wurde nur bei den Systemkomponenten und bei den Bildschirmkomponenten durch Hinzufügen von Abbildungen vorgenommen, damit die Visualisierungen austauschbar und vergleichbar bleiben, insbesondere aufgrund der geplanten Nutzung nach Beendigung dieser Arbeit in den BZ. Die Bildschirmkomponenten wurden in die Wirkungsmessung nicht mit einbezogen. Die vereinfachte Darstellung der Bildschirmkomponenten, die nur dazu diente aufzuzeigen, wo in der Systemlandschaft die InfoSpez ihre Handlungen tätigen, wäre unter Umständen zu trivial für die VPn gewesen. Wo möglich, wurde die Systemkomponente mit einer Fotografie ergänzt, ansonsten wurde auf eine schematische Darstellung (Strichzeichnung) zurückgegriffen (siehe Abbildung 7).

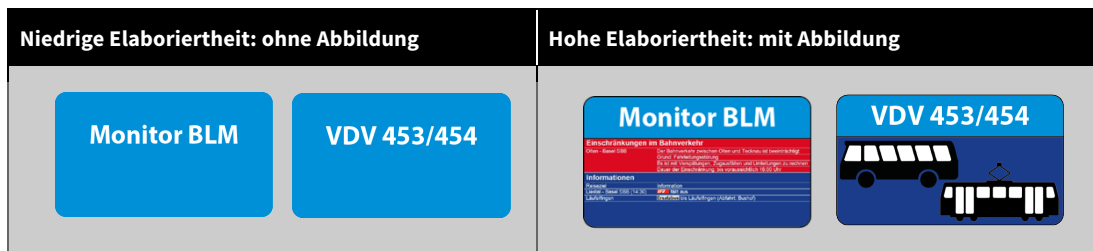


Abbildung 7: Die grafische Umsetzung der Systemkomponenten. In der Umsetzung einmal ohne (niedrige Elaboriertheit) und einmal mit Abbildung (hohe Elaboriertheit), in Form von Fotografie oder Strichzeichnung.

Zusammengefasst umfasst die UV – **Visualisierungsform Elaboriertheit** – folgendes:

- *Ausprägung 1 der Visualisierungsform: niedrig elaboriert, d.h. ohne Abbildung*
- *Ausprägung 2 der Visualisierungsform: hoch elaboriert, d.h. mit Abbildung*

Versuchsplan Pre-Posttest

Um die Eignung der Visualisierung für ein verbessertes Verständnis der Systemzusammenhänge objektiv zu erfassen, wurde ein Versuchsplan mit zwei experimentellen Bedingungen (Ausprägungen) mit zwei Probandengruppen in einem Pre-Posttest-Design realisiert (siehe Abbildung 8). Das quantitative Interview wurde anschliessend an den Pre-Posttest geführt und wird später beschrieben (siehe Kapitel 4.5.3).

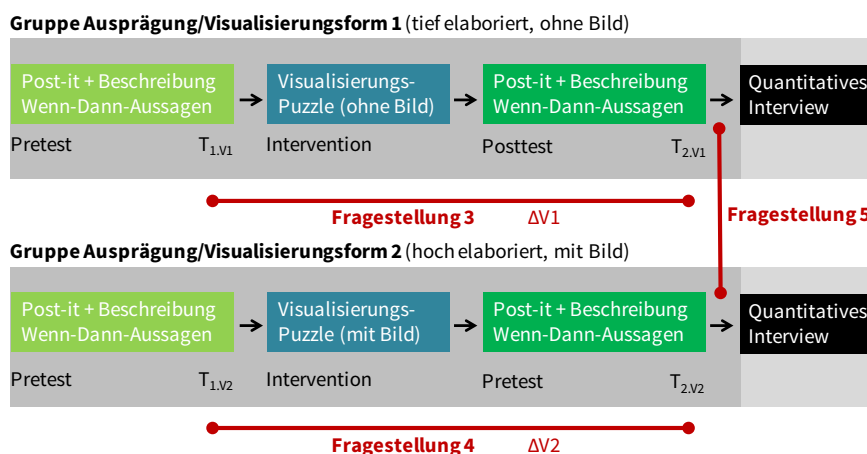


Abbildung 8: Grafische Darstellung der Erhebung und der Messungen im Pre-Posttest. Die Erhebungsinstrumente waren bei beiden Ausprägungen identisch, die Intervention mittels Visualisierungs-Puzzle variierte. T=Messzeitpunkt. $\Delta V1/2$ =Differenz zwischen dem ersten und zweiten Messpunkt der jeweiligen Visualisierungsform (V).

Den VPn wurde zuerst das Vorgehen erklärt, und es wurden Angaben zur Person abgefragt (Funktion, Berufserfahrung, Alter, Geschlecht). Dann folgte der Pretest, um das Vorwissen über Systemkomponenten und -zusammenhänge zu erheben. Dazu mussten die VPn 18 Systemkomponenten in Quell- und Abnehmersysteme zuordnen und deren Aufgaben und Merkmale benennen. Auch Informationen zu den Informations-/Datenflüssen wurden erfragt und allfällige thematische Gruppierungen sollten gekennzeichnet werden. Abschliessend hatten die VPn noch acht Wenn-Dann-Aussagen auf deren Richtigkeit hin zu bewerten. Dies im Sinne von, wenn dies passiert, dann hat es diese Auswirkung. Damit war der Pretest abgeschlossen (siehe Anhang C).

Nach einer kurzen Erklärung des Visualisierungs-Puzzles seitens Versuchsleitung konnten die VPn selbständig das Puzzle ausprobieren, zusammensetzen und bei Bedarf die Expertenlösung in Form eines A3-Prints zu Hilfe nehmen. Einzige Anweisung war, dass die VPn zweimal eine Übungseinheit zwischen 30 und 45 Minuten absolvieren sollten, dies in einem Zeitraum von drei bis vier Stunden und die zweite und letzte Übungseinheit durfte nicht unmittelbar vor dem Posttest gemacht worden sein.

Nach dieser Intervention wurde mit dem Posttest das veränderte Wissen erhoben. Der Posttest war identisch mit dem Pretest, was die VPn bis zu diesem Zeitpunkt allerdings nicht wussten (siehe Anhang C).

Datenerhebung und -auswertung Pre- und Posttest

Datenerhebung. Die Datenerhebung des Pre- und Posttests war identisch und bestand aus zwei Hauptteilen, mit denen die fünf Indikatoren erhoben wurden (Indikatoren siehe Tabelle 3).

- *Legen und Beschreiben der Systemkomponenten und Datenflüssen*

Material: Ein A3-Print, das durch drei Flächen strukturiert war. Zuoberst eine helle Fläche mit der Beschriftung Quellsysteme und zuunterst eine mit der Beschriftung Abnehmersysteme. Getrennt wurden die beiden Flächen durch einen schwarzen Balken, der mit CUS zentral/Backbone beschrieben war. Dazu ein A4-Print mit der Auflistung von 18 Systemkomponenten. Auf diesem Print klebten auch 18 Post-it, auf denen je einer der 18 Systemkomponenten geschrieben stand.

Aufgabe: Zuordnung der Post-it in Quell- oder Abnehmersysteme inklusive Kennzeichnung mit Leuchtstift, wie sicher sich die VP mit der Zuteilung war (sicher/nicht sicher). Danach Merkmale und Aufgaben der jeweiligen Systemkomponente dazuschreiben. Abschliessend Kennzeichnung derjenigen Systemkomponenten, die thematisch zusammengehören und Beschreibung der Informations-/Datenflüsse von und zu den Systemkomponenten.

- *Bewerten von Wenn-Dann-Aussagen*

Material: A4-Print mit acht Wenn-Dann-Aussagen wie bspw.: *Wenn in CUS zwei Minuten vor der Ankunft eine Anschlussmeldung ergänzt oder gekürzt wird, dann wird dies durch das ZP via Miku nicht an die Reisenden kommuniziert.*

Aufgabe: Bewertung mit der Antwortskala: *stimmt/stimmt nicht*. Zudem Selbsteinschätzung, wie sicher sich die VPn mit der Antwort sind: *Ich bin mir meiner Antwort sicher/Ich bin mir meiner Antwort nicht sicher.*

Datenauswertung. Identische Datenauswertung für den Pre- und Posttest. Mit dem Legen und Beschreiben der Systemkomponenten und Datenflüsse wurden qualitative Daten erhoben. Diese wurden quantifiziert und deskriptiv ausgewertet (Häufigkeiten, Prozentvergleich). Aufgrund der kleinen Stichprobe war eine zufallskritische Absicherung der Daten durch einen Signifikanztest nicht möglich. Für die Quantifizierung der qualitativen Daten fand ein Abgleich mit einer Expertenlösung statt (siehe Anhang C und Tabelle 3). Zudem wurden die handschriftlichen Beschreibungen von einem Fachexperten auf richtig/falsch beurteilt, da die schriftliche Expertenlösung nur eine richtige Möglichkeit enthielt und so Abweichungen und andere korrekte Beschreibungen der VPn sonst nicht korrekt erfasst worden wären. Somit konnte von den fünf erhobenen Indikatoren – *Systemkomponenten, Beschreibungen der Systemkomponenten, Beschreibungen des Daten-/Informationsflusses, thematische Gruppierungen, Wenn-Dann-Aussagen* – die absolute und relative Anzahl richtiger Elemente ausgewertet werden (siehe Abbildung 9).

	VP01 (w), mit Bild								
	Pretest			Posttest			Delta (Umfang)		Delta (Qualität)
	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent	Absolute Anzahl	Prozent	
Systemkomponenten (SK) 18/18 = 100%									
richtig	13	18	72.22	18	18	100.00	5.00	27.78	
falsch	5	18	27.78	0	18	0.00	-5.00	-27.78	
nicht gelegt	0	18	0.00	0	18	0.00	0.00	0.00	
sicher/richtig	11	13	84.62	18	18	100.00	7.00	15.38	
unsicher/richtig	2	13	15.38	0	18	0.00	-2.00	-15.38	
sicher/falsch	5	5	100.00	0	0	0.00	-5.00	-100.00	
unsicher/falsch	0	5	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	
Gruppen 3/3 = 100%									
richtig	1.5	3	50.00	3	3	100.00	1.50	50.00	
Gruppen bezeichnet, die es so nicht gibt									
Beschreibungen der Systemkomponenten 18/18 = 100%									
richtig	8.5	18	47.22	16	18	88.89	7.50	41.67	
falsch	7	18	38.89	1	18	5.56	-6.00	-33.33	
nichts dazugeschrieben	2	18	11.11	0	18	0.00	-2.00	-11.11	
SK gar nicht gelegt	0	18	0.00	0	18	0.00	0.00	0.00	
Beschreibung des Daten-/Informationsflusses 12/12 = 100%									
richtig	4.5	12	37.50	8	12	66.67	3.50	29.17	
falsch	1	12	8.33	3	12	25.00	2.00	16.67	
nichts dazugeschrieben	5	12	41.67	0	12	0.00	-5.00	-41.67	
SK gar nicht gelegt	0	12	0.00	0	12	0.00	0.00	0.00	
Wenn-Dann-Aussagen 8/8 = 100%									
richtig	4	8	50.00	6	8	75.00	2.00	25.00	
falsch	4	8	50.00	2	8	25.00	-2.00	-25.00	
sicher/richtig	3	4	75.00	3	6	50.00	0.00	-25.00	
unsicher/richtig	1	4	25.00	3	6	50.00	2.00	25.00	
sicher/falsch	2	4	50.00	2	2	100.00	0.00	50.00	
unsicher/falsch	2	4	50.00	0	2	0.00	-2.00	-50.00	

Farblgende

- Verbesserung des Wissens
Mehr richtig gelegt/geschrieben, weniger falsch gelegt/geschrieben.
- VP war sicher, dass die richtig beantwortete Frage richtig beantwortet war.
- VP war unsicher, ob die falsch beantwortete Frage richtig beantwortet war.
- Verschlechterung des Wissens
Weniger richtig gelegt/geschrieben, mehr falsch gelegt/geschrieben.
- VP war unsicher, ob die richtig beantwortete Frage richtig beantwortet war.
- VP war sicher, dass die falsch beantwortete Frage richtig beantwortet war.
- Keine Veränderung des Wissens
Keine sinnvolle Aussage möglich

Abbildung 9: Beispiel einer Auswertung mit den fünf Indikatoren *Systemkomponenten*, *thematische Gruppierungen*, *Beschreibungen der Systemkomponenten*, *Beschreibungen des Daten-/Informationsflusses*, *Wenn-Dann-Aussagen*. Die beiden Spalten ganz rechts zeigen das Delta, also den Unterschied von Pre- zu Posttest, sowohl die absolute, als auch die prozentuale Anzahl Richtige. Von den fünf Werten in den rot umrandeten Kästen wurde pro Spalte der arithmetische Mittelwert (M) gebildet.

Es wurden noch weitere Daten erhoben und ausgewertet, die für die Beantwortung der Fragestellungen nicht unmittelbar notwendig waren, die aber wertvolle Hinweise für eine spätere Interpretation der Ergebnisse liefern könnten. So wurden bei den Systemkomponenten, bei deren Beschreibung und bei der Beschreibung des Datenflusses Folgendes ausgewertet: *falsch gelegt*, *nicht gelegt/nichts dazu geschrieben*. Bei den Systemkomponenten und den Wenn-Dann-Aussagen wurde noch ausgewertet, ob sich die VP bei der Beantwortung der Frage *sicher/unsicher* war (siehe auch Tabelle 3).

Als nächster Schritt wurde bei jeder VP das Delta zu den einzelnen Indikatoren gebildet (Posttest minus Pretest). Für den Umfang des abgerufenen Wissens (absolute Anzahl) wurden die Summe der fünf erhaltenen Delta-Werten gebildet. Für die Qualität des abgerufenen Wissens (relative Anzahl) wurde von den fünf erhaltenen Delta-Werten der Mittelwert berechnet. Pro VP konnte so ein Gesamtwert ausgewertet werden, sowohl für den Umfang (absolute Anzahl) als auch für die Qualität des abgerufenen Wissens (relative Anzahl). Für die Auswertung der Frage nach dem gesamten Wissenszuwachs wurden die oben erwähnten acht Gesamtwerte der einzelnen VPn genommen und der Mittelwert gebildet. Für die Frage nach dem Unterschied der beiden Ausprägungen der Visualisierungsform (hohe/niedrige Elaboriertheit) wurden die vier Gesamtwerte der einzelnen VPn mit Text, respektive mit Bild genommen, Mittelwerte gebildet und die erhaltenen Werte der Text- und Bild-Gruppe einander gegenübergestellt.

4.5.2 Methodenkritik

Interne Validität. Der gewählte Untersuchungsplan, die Pre-Posttest-Messung, lässt Interpretationen eines Effekts der unabhängigen Variable auf die abhängige Variable zu (Bortz & Döring, 2016). Es können demzufolge Aussagen getroffen werden, ob die Intervention mit der Visualisierung einen Effekt auf die Qualität und den Umfang des abgerufenen Wissens hat und inwieweit die Ausprägung der Visualisierungsform eine Auswirkung hat. Es ist jedoch anzumerken, dass bei der vorliegenden Arbeit keine

Kontrollgruppe eingesetzt wurde. Es gab zwei Gruppen mit unterschiedlichen Ausprägungen der Intervention. Somit muss die Frage diskutiert werden, ob die Veränderung des Wissens zwischen Pre- und Posttest wirklich nur auf die Intervention zurückzuführen ist. Zwischen Pre- und Posttest verstrichen etwa drei Stunden. Es ist kaum vorstellbar, dass Einflüsse ausserhalb der Visualisierung das Wissen beeinflusst haben könnten oder das Verstreichen von Zeit eine Wirkung im Sinne eines Wissenszuwachses erzeugt hat. Einzig die Beschäftigung mit dem Pretest allein könnte eine Auswirkung auf das Wissen gehabt haben. Da die Ergebnisse des Pretests nicht besprochen, sondern nur abgefragt wurden, kann der Einfluss des Pretests auf den Posttest als minimal eingeschätzt werden.

Es wurde entschieden, beide Tests identisch zu halten. Dadurch konnte die Wissensveränderung zwischen den beiden Tests eindeutig auf die Intervention zurückgeführt werden. Die VPn wussten nichts von den identischen Tests. Eine mögliche Frustration, denselben Test nochmals ausführen zu müssen, wurde von der Versuchsleitung bewusst in Kauf genommen.

Personenbezogene Störvariablen wurden versucht konstant zu halten, indem die VPn in etwa gleich lange Erfahrung in ihrem Beruf hatten. Nichtsdestotrotz sind sicher Unterschiede vorhanden, z.B. aufgrund teilweise langjähriger Arbeitszeit in einem anderen Beruf in der SBB und unterschiedlicher Vorbildung und Motivation. Um auch diese Persönlichkeitseffekte konstant zu halten wurden die VPn zufällig den beiden Ausprägungen zugeteilt.

Die Untersuchung fand nicht im Labor, sondern im Feld, am Arbeitsplatz der VPn, statt. Die eigentliche Arbeit der VPn war dabei nicht Teil der Untersuchung, die VPn unterbrachen die Arbeit, damit sie an der Untersuchung teilnehmen konnten. Es gab teilweise kurze Unterbrechungen in der Erhebung, bedingt durch einen Arbeitseinsatz der VPn. Längere Unterbrechungen von mehreren Minuten waren aber nicht zu verzeichnen.

Externe Validität. Die Generalisierbarkeit der Ergebnisse ist stark eingeschränkt, da die VPn eine recht homogene Gruppe darstellen. Was möglich scheint, ist eine Generalisierbarkeit auf eine andere Personengruppe. Die untersuchte Gruppe, die InfoSpez, arbeiten mit komplexen technischen Systemen. Sie ist repräsentativ für andere Berufsgruppen in der Zugverkehrsleitung wie beispielsweise die ZVL. Eine Generalisierung auf diese andere Berufsgruppe in der Zugverkehrsleitung, die auch mit komplexen technischen Systemen arbeiten, scheint somit zulässig zu sein.

Inhaltsvalidität. Wird mit der AV, dem Umfang und Qualität des abgerufenen Wissens, ein funktionelles mentales Modell gemessen? In dieser Arbeit wird auf eine bestehende Operationalisierung von Martschinke (2001) zurückgegriffen und für die vorliegende Arbeit abgeleitet. Sie stützt sich auf bestehende Literatur über mentale Modelle und hat daraus Leistungen festgelegt, die mit Hilfe des mentalen Modells vollzogen werden können und so fünf Leistungsmerkmale erhalten. Ein mentales Modell funktioniert um so besser, je mehr und vollständiger Elemente und Begriffe diesen Merkmalen zugeordnet werden können (siehe auch Kapitel 4.5.1). Martschinke (2001) begründete die Validität dadurch, dass sie die Punkte für ein funktionierendes Modell fundiert aus der Theorie abgeleitet hat. Basierend auf dieser Begründung wird in der vorliegenden Arbeit davon ausgegangen, dass mit der AV ein funktionelles mentales Modell gemessen wird.

4.5.3 Quantitatives Interview mit qualitativem Einstieg

Das abschliessend durchgeführte **quantitative Interview** folgte der Fragestellung 6: *Wie ist die subjektive Einschätzung der Probanden bezüglich Visualisierung in den Dimensionen Akzeptanz und Eignung?*

Beim Interview wurde der Begriff Visualisierungs-Puzzle anstelle desjenigen der aktiven Visualisierung verwendet. Dies aufgrund der Annahme, dass der Begriff *Puzzle* für die VPn verständlicher sei. Zuerst wurden die allgemeinen Erfahrungen mit der aktiven Visualisierung abgefragt. In einem nächsten Teil wurden Aussagen zu Eignung der aktiven Visualisierung zum Lernen der Systemkomponenten und -zusammenhänge gemacht, die die VPn auf einer 4-stufigen Skala bewerteten. Nach der Frage nach

möglichen Einsatzgebieten der Visualisierung und zur Selbsteinschätzung des Lerntyps konnte die VPn Aussagen zur Akzeptanz der Zielgruppe betreffend aktiver Visualisierung auf einer 4-stufigen Skala bewerten. Der Frage nach der Akzeptanz wird für den praktischen Einsatz der Visualisierung eine hohe Bedeutung eingeräumt, denn nur, wenn die InfoSpez die Form der Visualisierung akzeptieren und als gut befinden, besteht die Chance, dass sie später im Arbeitsalltag auch angewendet wird. Die Gespräche wurden aufgezeichnet und der Einstieg transkribiert. Zusätzlich wurden direkt während der Gesprächsführung Notizen gemacht. Der Leitfaden des Interviews ist im Anhang C ersichtlich.

Erfahrungen mit der aktiven Visualisierung (Einstieg)

Datenerhebung. Offene Einstiegsfragen wie z.B.: *Du hast das Visualisierungs-Puzzle ausprobiert. Wie waren Deine Erfahrungen damit?* Zudem wurde noch nachgefragt, was sie an der Visualisierung gut, was weniger gut fanden.

Datenauswertung. Die Aussagen wurden teilweise transkribiert und anhand der Broad Brush Methode (Bazeley et al., 2000) im Excel festgehalten und nach Themen geclustert.

Eignung der aktiven Visualisierung zum Lernen der Systemkomponenten und –zusammenhänge

Datenerhebung. Zu zwei Themen wurden Aussagen zum Bewerten gestellt, um die subjektive Einschätzung der VPn zur Eignung des Visualisierungs-Puzzles zum Lernen der Systemkomponenten und –zusammenhänge zu erheben: *Der Einschätzung des eigenen Wissenszuwachs durch das Visualisierungspuzzle und die Einschätzung zur Eignung der Visualisierung, für ein verbessertes Kennen rund um die Elemente des System und das Systemverständnis.*

Zum ersten Thema, **zur subjektiven Einschätzung des Wissenszuwachses**, wurden sechs Aussagen erhoben die teilweise auch die Indikatoren abdeckten wie bspw. *Mein Wissen über die verschiedenen Systemkomponenten ist gewachsen.* Eine der Aussagen erhob direkt das verbesserte Systemverständnis *Alles in allem verfüge ich über ein verbessertes Verständnis der Systemzusammenhänge.*

Die sechs Aussagen zur Frage – *Wie sehr stimmst Du folgenden Aussagen zu* – wurden auf einer 4-stufigen Skala bewertet mit den Abstufungen *stimme gar nicht zu, stimme eher nicht zu, stimme eher zu, stimme voll zu.*

Zum zweiten Thema, **zur subjektiven Einschätzung der Eignung der Visualisierung für ein verbessertes Kennen rund um die Elemente des Systems**, wurden fünf Aussagen erhoben, die teilweise auch die Indikatoren abdeckten wie bspw. *... für das verbessertes Kennen der verschiedenen Systemkomponenten.*

Wie im oberen Themenblock erhob auch hier eine der Aussagen direkt das verbesserte Systemverständnis *... alles in allem für ein verbessertes Verständnis der Systemzusammenhänge.*

Die fünf Aussagen zur Frage – *Für wie geeignet hältst Du gemäss Deiner Erfahrung das Visualisierungs-Puzzle für die folgenden Aspekte* – wurden ebenfalls auf einer 4-stufigen Skala bewertet mit den Abstufungen *völlig ungeeignet, ungeeignet, geeignet, sehr gut geeignet.*

Datenauswertung. Die Aussagen wurden quantitativ ausgewertet, indem die Anzahl pro Aussage zusammengezählt und in Form eines Balkendiagramms dargestellt wurde.

Einsatzgebiet der aktiven Visualisierung

Datenerhebung. Die Frage – *Wo siehst Du das Einsatzgebiet des Visualisierungs-Puzzle?* – wurde zunächst offen gestellt und wenn da nicht erwähnt mit den Vorgaben *Ausbildung* und *Arbeitsplatz* nachgefragt.

Datenauswertung. Die Antworten wurden anhand der Broad Brush Methode (Bazeley et al., 2000) im Excel festgehalten und die Anzahl Nennungen pro Einsatzgebiet zusammengezählt. Mehrfachnennungen waren möglich.

Lerntyp

Datenerhebung. Der Lerntyp wurde erhoben, um einen möglichen Hinweis zu erhalten, falls grössere Unterschiede beim Wissenszuwachs festgestellt würden. Die VPn mussten sich für einen Lerntyp entscheiden, derjenige, der am stärksten auf sie zutrifft. Die folgenden fünf Lerntypen standen zur Auswahl: *Ich lerne am besten durch Hören, Sehen (visuell), Gespräche, Bewegung/Handlung (tun).*

Datenauswertung. Deskriptive Auswertung.

Akzeptanz des Visualisierungs-Puzzles bei der Zielgruppe

Datenerhebung. Es wurden Fragen zu den verwendeten Materialien und der Art der Umsetzung als Puzzle mit Einzelteilen gestellt, wie bspw. *Die Materialien der Visualisierung, d.h. die Blechvorlage mit den magnetischen Teilen, haben mich angesprochen; Die Umsetzung, die Visualisierung als Puzzle aufzubauen, hat mich angesprochen.* Dazwischen wurden zwei negativ formulierte Aussagen gestellt wie bspw. *Den Umgang mit den vielen Einzelteilen empfand ich als mühsam.*

Die sechs Aussagen zu Akzeptanz der Zielgruppe betreffend Visualisierungs-Puzzle mit der zur Frage – *Wie sehr stimmst Du folgenden Aussagen zu* – wurde auf einer 4-stufigen Skala bewertet mit den Abstufungen *stimme gar nicht zu, stimme eher nicht zu, stimme eher zu, stimme voll zu.*

Datenauswertung. Die Aussagen wurden quantitativ ausgewertet, indem die Anzahl pro Aussage gezählt und in Form eines Balkendiagramms dargestellt wurden.

4.5.4 Methodenkritik

Während der vorangegangenen Wirkungsmessung haben die VPn neben einigen kurzen Anweisungen meist in schriftlicher Form für sich gearbeitet. Deshalb wurde zur Erhebung der subjektiven Einschätzung der Eignung und Akzeptanz der Visualisierung eine mündliche Methode verwendet, die aber gleichzeitig quantitativ auswertbar sein sollte. Das quantitative Interview erfüllte diese Bedingungen und wurde ausgewählt, obwohl es meist für grosse Stichproben verwendet wird (Bortz et al., 2016). Ein Nachteil der Methode ist, dass nur Aussagen zu vorgegebenen Fragen und festgelegten Antwortkategorien erhoben werden können. Diesem Nachteil wurde mit einem qualitativen Einstieg in das Interview entgegengewirkt. Dadurch konnten die Erfahrungen der Befragten unbeeinflusst von vorgegebene Fragen und Antwortkategorien erhoben werden.

5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden zuerst die Ergebnisse des ersten Teils, der Exploration des Anwendungsgebietes der Visualisierung präsentiert. Danach diejenigen des dritten Teils, der Wirkungsmessung auf Eignung der Visualisierung für den Aufbau mentaler Modelle, um Systemzusammenhänge besser verstehen zu können und die Akzeptanz der Zielgruppe bezüglich Art und Umsetzung der Visualisierung. Jeder Teil schliesst jeweils mit einer Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse ab.

5.1 Erster Teil: Exploration des Anwendungsgebietes

5.1.1 Stichprobenbeschreibung

Die Stichprobe wurde von einem Verantwortlichen der BZ Ost angefragt und bei Zustimmung nach Verfügbarkeit zugewiesen. Das im Vorfeld deklarierte Kriterium von 1–3 Jahren Berufserfahrung als InfoSpez wurde nur bei einem der beiden Befragten eingehalten (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Stichprobenbeschreibung der Exploration des Anwendungsgebietes.

Interview	Alter	Geschlecht	Berufserfahrung ZVL Professional	Berufserfahrung InfoSpez	Berufserfahrung in der BZ Ost	Berufserfahrung SBB gesamt
Befragter 1 (Be1)	22	männlich	1,5 Jahre	2,5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre
Befragter 2 (Be2)	48	männlich	15 Jahre	7 Jahre	5 Jahre	30 Jahre

5.1.2 Typische Aufgaben/Bedienfälle und Handlungen

Bei den Ergebnissen zur Fragestellung 1 – *Welche Bedienfälle tätigen InfoSpez und wie sehen die konkreten Handlungen dazu aus?* – wird zuerst die Beantwortung der Frage nach den Hauptaufgaben dargestellt, danach werden die Ergebnisse zu den drei wichtigsten respektive typischsten Hauptaufgaben präsentiert inklusive deren Informationsflüsse. Für diesen Teil werden die Ergebnisse der beiden Befragten nicht nach Person unterschieden, sondern kombiniert dargestellt.

Hauptaufgaben/Bedienfälle

Beide Befragten bestätigten die grundsätzliche Kernaufgabe (gemäss SBB, 2014a) eines InfoSpez: Informiert die Reisenden über den Zugverkehr, Anschlüsse, Gruppenreservierungen, Formationen und lenkt die Reisenden. Des Weiteren wurden zur Frage – *Welche Hauptaufgaben/Bedienfälle bearbeitest Du in deiner Funktion als InfoSpez?* – folgende Hauptaufgaben genannt: Fütterung BLM bei Störungsfällen, Formationsänderungen, Gleisänderungen, Gruppen kontrollieren, Lautsprecher-tests, Störungen vom System melden (manchmal stimmt etwas nicht, Kinderkrankheiten des Systems), ausserordentliche Halte bearbeiten, Anschlüsse generieren, System füttern mit korrekten Angaben (z.B. steht bei einem Zug, der nicht mehr weiterfährt: bitte nicht einsteigen), Ausbildung.

Wichtigste/typischste Hauptaufgabe/Bedienfall

Die Ergebnisse zu den beiden Fragen – *Welche dieser Aufgaben sind Deiner Meinung nach die drei typischsten respektive wichtigsten* – werden in Normalbetrieb und Störungsfall unterschieden:

Hauptaufgaben ohne Ereignis, d.h. im Normalbetrieb/Regelbetrieb:

- Überwachung der Systeme (typisch und wichtig)

Be1: Kontrollieren, ob die Informationen richtig geliefert werden, ob die Informationen richtig raus gehen, ob die Anzeigen stimmen. Immer wieder mal durchgehen und prüfen, ob überall richtig angezeigt wird.

Be2: Aus einer Überwachung kann jederzeit eine Störung entstehen, wie Verspätung, Ausfall, Wende, Umleitung; daraus dann z.T. auch Kundenlenkungen.

Hauptaufgaben bei Ereignis, d.h. im Störfall:

- Verspätungen mit Gründen ergänzen (typisch)
- Kundenlenkungen bei Zugsausfall generieren (typisch und wichtig)

Informations-/Datenfluss der drei wichtigsten/typischsten Hauptaufgaben

Die Ergebnisse der Frage – *Bitte beschreibe mir den Informationsfluss bei Deinen drei wichtigsten, respektive typischsten Aufgaben/Bedienfällen als InfoSpez: Woher kommen die Informationen, was machst du mit ihnen (Handlung), was bewirken sie?* – sehen folgendermassen aus (siehe Tabellen 5–7):

Tabelle 5: Informations-/Datenfluss einer der drei gewählten wichtigsten/typischsten Hauptaufgaben eines InfoSpez: **Überwachung der Systeme.**

Informationsfluss der Hauptaufgabe: Überwachung der Systeme	
<i>Woher die Informationen kommen</i>	Bildschirme RCS (Weg-Zeit-Diagramm); RCS-Gesamtansicht; Bildschirme mit Generalmonitoren (GM); MMI-KIB, der Planungsspiegel; RCS-ALEA, das Meldesystem; eBogen; Amax.
<i>Was der InfoSpez mit den Informationen macht (konkrete Handlung)</i>	Wenn kein Ereignis, keine Störung eintritt, dann erfolgt kein Eingriff.
<i>Wohin die Informationen gehen/was sie bewirken</i>	kein Eingriff also keine Auswirkung.

Tabelle 6: Informations-/Datenfluss einer der drei gewählten wichtigsten/typischsten Hauptaufgaben eines InfoSpez: **Verspätungen mit Gründen ergänzen.**

Informationsfluss der Hauptaufgabe: Verspätungen mit Gründen ergänzen	
<i>Woher die Informationen kommen</i>	Bildschirme RCS (Weg-Zeit-Diagramm); RCS-Gesamtansicht; Bildschirme mit Generalmonitoren (GM); MMI-KIB, der Planungsspiegel; RCS-ALEA, das Meldesystem; eBogen; Amax; ALEA eher weniger, dafür aktives Einholen bei ZVL, ADBV, DBV; akustisch vom Umfeld des Sektors.
<i>Was der InfoSpez mit den Informationen macht (konkrete Handlung)</i>	Sucht Grund zuerst im RCS-ALEA oder Umfeld, ergänzen im CUS. Kontrolle, ob Meldung im System angekommen ist im MMI-KIB (Planungsspiegel).
<i>Wohin die Informationen gehen/was sie bewirken</i>	CUS zu KIB; KIB: akustisch auf Perron (Grund immer nur akustisch); Verspätung wird automatisch angeschrieben, nur Zeit, ohne Grund.

Tabelle 7: Informations-/Datenfluss einer der drei gewählten wichtigsten/typischsten Hauptaufgaben eines InfoSpez:
Kundenlenkung bei Zugsausfall.

Informationsfluss der Hauptaufgabe: Kundenlenkung bei Zugsausfall	
Woher die Informationen kommen	Wie bei der Aufgabe <i>Überwachung</i> , aber vor allem RCS-ALEA und akustisches Umfeld des Sektors; sobald Ausfall von Betrano bestimmt ist, dann kommt es im System, im CUS Meldeverwalter.
Was der InfoSpez mit den Informationen macht (konkrete Handlung)	Grund ergänzen, sobald Ausfall vom System geliefert. Ersatzzug ja: im CUS System sagen, dass es ein Schattenzug ist, Ersatzzug nein: Kundenlenkung beginnt. Im KIB, Planungsspiegel, Kundenlenkung, sage den Kunden, dass sie einen anderen Zug benutzen sollen und hänge es an die Verspätungsmeldung an. Informationen wohin mit den Kunden von DBV und auch von ALEA.
Wohin die Informationen gehen/was sie bewirken	Ausfall akustisch und optisch; Grund und Kundenlenkung nur akustisch; MMI-KIB auf die akustische; rote Felder bei den Monitoren; Onlinefahrplan nicht, das kommt bei der Kundenlenkung vom OCP, die geben vor, wie die Reisenden gelenkt werden müssen und sie bewirtschaften die Systeme.

5.1.3 Komplexität der Systemzusammenhänge

Bei der Beantwortung der Fragestellung 2 – *Welches sind die Aspekte, die für Nutzende (InfoSpez) die Komplexität der Systemzusammenhänge ausmachen?* – werden zuerst die Ergebnisse der öffnenden Frage dargestellt. Danach werden die Ergebnisse zu den Fragen der sieben Aussagekarten zu Komplexität beschrieben und diejenigen Merkmale von Komplexität, die die stärksten Auswirkungen auf die Arbeit der InfoSpez haben werden aufgezeigt.

Allgemeine öffnende Frage

Die Ergebnisse der öffnenden Frage – *Stell dir vor, Du beginnst in Kürze deine Tour als InfoSpez. Was sind Deine Gedanken, wenn Du an die bevorstehende Arbeit denkst?* – sind nach Themen geclustert, ergänzt mit qualitativen Aussagen.

- Normaler Arbeitstag, egal ob ZVL oder InfoSpez
- Ruhiger Tourbeginn erwünscht
Be2: Ich hoffe einfach, dass nicht gerade wenn ich komme schon weiss nicht was «zunderobsi» [Dialekt: durcheinander] ist.
- Tour hoffentlich nicht zu langweilig
Be2: [...] ich hoffe, dass es nicht zu langweilig wird. Denn wenn ich Regelbetrieb habe und alles auf dem Strich ist, dann «gurkt» es mich manchmal an.
- Sich fragen, ob man noch alles weiss und kann
Be1: [...] ob ich noch alles mache kann, insbesondere, wenn ich vorher längere Zeit als ZVL gearbeitet habe.

Merkmale von Komplexität (Aussagekarten)

Nachfolgend werden nun die Ergebnisse zu den sieben Aussagen aus der Literatur zu Merkmalen komplexer Systeme beschrieben. Die Resultate zu den Fragen – *ob es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch gibt und ob allenfalls Probleme auftreten* – sind in einer Tabelle pro Aussagekarte dargestellt (siehe Tabellen 8–14).

Tabelle 8: Ergebnisse zum Merkmal Informationsmenge/Komplexität der Aussagekarte (A01): **Eine Vielzahl voneinander abhängigen Komponenten erzeugt eine grosse Informationsmenge.**

Informationsmenge/Komplexität	Be1	Be2
Gibt es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch?	Ja	Ja
Wo gibt es das?	Überall	Vor allem bei Ereignisbeginn
Was kann es dabei für Probleme geben?	Handelbar durch Erfahrung, da man relevante Infos erkennt; Filterung	Filterung der Infos durch Erfahrung; im Ereignisfall mitschwimmen und nicht untergehen
Wie gut kommst Du damit zurecht?	Keine Schwierigkeiten	Schwierigkeiten, bei Ereignisfall
Bei Bewertung orange/rot: Was würde Dir helfen, damit es weniger schwierig wird?	-	Klarer Lead im Sektor; Systemwissen und -können ist relevant

Tabelle 9: Ergebnisse zum Merkmal Vernetztheit der Aussagekarte (A02): **Ein Eingriff in einem Teil des Systems hat Auswirkungen auf andere Teile und wirkt nicht nur isoliert.**

Vernetztheit	Be1	Be2
Gibt es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch?	Ja	Ja
Wo gibt es das?	Bei Arbeit mit beiden Kundeninfosystemen KIB und CUS	Umleitung nicht sauber gemacht; Art des Haltes nicht sauber bestimmt/kommuniziert
Was kann es dabei für Probleme geben?	Konsequenzen auf andere Systeme, z.B. SMS-Dienst nicht klar	Missverständnisse und falsche Informationen, es fällt auseinander; Zurückhaltung in den Eingriffen, da Respekt vor möglichen Auswirkungen
Wie gut kommst Du damit zurecht?	Es geht so	Keine Schwierigkeiten
Bei Bewertung orange/rot: Was würde Dir helfen, damit es weniger schwierig wird?	Systemzusammenhänge präsent haben, z.B. durch Grafik	-

Tabelle 10: Ergebnisse zum Merkmal Vernetztheit der Aussagekarte (A03): **Oft ist bei Eingriffen nicht bekannt, welche Komponenten beteiligt sind und wie sie miteinander vernetzt sind.**

Vernetztheit	Be1	Be2
Gibt es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch?	Ja	Nein, Komponenten sind bekannt; bei Push to Mobile nicht sicher
Wo gibt es das?	Bei Arbeit mit beiden Kundeninfosystemen KIB und CUS (wie Tab. 9)	-
Was kann es dabei für Probleme geben?	Zusammenhänge unklar, auch durch schnell ändernde Infos und Technologien (ähnlich wie Tab. 9)	-
Wie gut kommst Du damit zurecht?	Es geht so (wie Tab. 9)	-
Bei Bewertung orange/rot: Was würde Dir helfen, damit es weniger schwierig wird?	Systemzusammenhänge präsent haben, z.B. durch Grafik (wie Tab. 9)	-

Tabelle 11: Ergebnisse zum Merkmal Dynamik der Aussagekarte (A04): **Das System verändert sich, auch ohne dass ein Eingriff vorgenommen wird.**

Dynamik	Be1	Be2
Gibt es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch?	Ja	Ja
Wo gibt es das?	Stehender Zug, addierte Verspätung, löst automatisch Meldung aus	Überall
Was kann es dabei für Probleme geben?	Wenig Arbeit durch autom. Systemänderung; falsche Angabe durch das System; wissen, was automatisch läuft und was manuell; was läuft auf KIB, was auf CUS	Bei Ausfall einer System-Komponente; Dynamik als Unterstützung, da weniger Arbeit durch autom. Systemänderung
Wie gut kommst Du damit zurecht?	Es geht so	Keine Schwierigkeiten. Ausser bei Ausfall einer Systemkomponente
Bei Bewertung orange/rot: Was würde Dir helfen, damit es weniger schwierig wird?	Nur ein System; weniger Updates	-

Tabelle 12: Ergebnisse zum Merkmal Informationsmenge/Komplexität der Aussagekarte (A05): **Da sich das System auch ohne zutun ständig verändert, muss versucht werden zu verstehen, wohin sich das Ganze entwickeln wird** (Entwicklungstendenz).

Dynamik	Be1	Be2
Gibt es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch?	Ja	Ja, absolut
Wo gibt es das?	Dynamik weniger beim System sondern eher in Bezug auf den Zugverkehr; beim Erkennen, ob ein Zug verspätet ist	Entwicklungstendenz wichtig bei allen Arbeiten
Was kann es dabei für Probleme geben?	Wenn Fahrplan bekannt (ZVL), dann Verspätung und Auswirkung erkennbar, wenn nicht kann es Lücke geben; bei kleineren Störungen kann Systemzustand schnell überblickt werden, bei grösseren Störungen ist Übergabe von Vorgänger wichtig	Ein definiertes Ziel muss eingehalten werden, sonst Schwierigkeiten bei der Nachinformation; Erkennen des Systemzustandes in einem grossen Bereich
Wie gut kommst Du damit zurecht?	Keine Schwierigkeiten, im Normalfall	Schwierigkeiten
Bei Bewertung orange/rot: Was würde Dir helfen, damit es weniger schwierig wird?	-	Vor Ort schauen (DBV, ZVL), was genau die Störungsursache ist; definiertes Ziel einhalten

Tabelle 13: Ergebnisse zum Merkmal Intransparenz der Aussagekarte (A06): **Das System ist oft nicht durchschaubar, Komponente und Verknüpfungen zwischen einzelnen Elementen bleiben vage und unbekannt.**

Intransparenz	Be1	Be2
Gibt es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch?	Ja. Durch das, das es vernetzt ist, wird es auch ein Stück intransparent. Ist wie Vernetztheit.	Ja
Wo gibt es das?	(keine Antwort, da die Frage für den Be1 wie diejenige bei der Vernetztheit war)	Wenn viele Komponenten zusammen fliessen hat das System Mühe, z.B. bei Umbauarbeiten; bei Verwendung von mehreren Konzepten
Was kann es dabei für Probleme geben?	(keine Antwort, da die Frage für den Be1 wie diejenige bei der Vernetztheit war)	Falsche Informationen, werden falsch weitergeleitet, Kunde falsch informiert; falsche Eingaben

Wie gut kommst Du damit zurecht?	(keine Antwort, da die Frage für den Be1 wie diejenige bei der Vernetztheit war)	Schwierigkeiten, wenn es passiert
Bei Bewertung orange/rot: Was würde Dir helfen, damit es weniger schwierig wird?	(keine Antwort, da die Frage für den Be1 wie diejenige bei der Vernetztheit war)	System verbessern; Leute schulen, damit sie wissen, was sie machen müssen

Tabelle 14: Ergebnisse zum Merkmal Intransparenz der Aussagekarte (A07): **Entscheide müssen gefällt werden, obwohl viele Informationen nur teilweise bekannt sind und diese oft auch noch unscharf oder unklar sind.**

Intransparenz	Be1	Be2
Gibt es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch?	Nein. Als InfoSpez ist klar, was zu machen ist.	Ja. Kann auch sehr gefährlich sein
Wo gibt es das?	Bei Informationsmangel wird gesagt, dass Grund später kommuniziert wird.	Bei unklarem Lead; wartet Anschlusszug auf verspäteten Zug oder nicht
Was kann es dabei für Probleme geben?	-	Handlungen verschiedener Akteure sind nicht koordiniert; kein klarer Lead,
Wie gut kommst Du damit zurecht?	-	Schwierigkeiten
Bei Bewertung orange/rot: Was würde Dir helfen, damit es weniger schwierig wird?	-	Klarer Lead ist wichtig; Grundsatzentscheid muss durchgezogen werden

Welches Merkmal sich am stärksten auf die Arbeit auswirkt ist in nachfolgender Tabelle ersichtlich (Tabelle 15). Die entsprechende Frage dazu lautete: *Welche drei Aussagen wirken sich am stärksten auf Deine Arbeit als InoSpez aus?*

Tabelle 15: Gewählte Merkmale komplexer technischer Systeme, die sich am stärksten auf die Arbeit als InfoSpez auswirken.

Intransparenz	Be1	Be2
Vernetztheit	Ein Eingriff in einem Teil des Systems hat Auswirkungen auf andere Teile und wirkt nicht nur isoliert. (A02) Oft ist bei Eingriffen nicht bekannt, welche Komponenten beteiligt sind und wie sie miteinander vernetzt sind. (A03)	Ein Eingriff in einem Teil des Systems hat Auswirkungen auf andere Teile und wirkt nicht nur isoliert. (A02)
Dynamik	Das System verändert sich, auch ohne dass ein Eingriff vorgenommen wird. (A04)	Das System verändert sich, auch ohne dass ein Eingriff vorgenommen wird. (A04)
Intransparenz	Kommentar Autorin: Für Be1 waren Intransparenz und Vernetztheit sehr ähnlich, Be1 hat sie hier zusammengefasst	Das System ist oft nicht durchschaubar, Komponente und Verknüpfungen zwischen einzelnen Elementen bleiben vage und unbekannt. (A06) Entscheide müssen gefällt werden, obwohl viele Informationen nur teilweise bekannt sind und diese oft auch noch unscharf oder unklar sind. (A07)

Farblgende. grün: wird als unterstützend kommentiert, rot: wird als schwierig oder nervig kommentiert, schwarz: neutral

Das Komplexitätsmerkmal Dynamik wurde von den Befragten als positive eingestuft, während Intransparenz als schwierig oder nervig bewertet wurde. Die Vernetztheit wurde einerseits als schwierig andererseits als auch neutral kommentiert.

Zusammenfassung Teil 1: Exploration des Anwendungsgebietes

Typische Aufgaben/Bedienfälle und Handlungen (Fragestellung 1)

Welche Bedienfälle tätigen InfoSpez und wie sehen die konkreten Handlungen dazu aus?

Die Befragten haben folgende Hauptaufgaben als InfoSpez:

- **Überwachung der Systeme** (typisch und wichtig). Im Normalbetrieb.
- **Verspätungen mit Gründen ergänzen** (typisch). Im Störfall.
- **Kundenlenkungen bei Zugsausfall generieren** (typisch und wichtig). Im Störfall.

Komplexität der Systemzusammenhänge (Fragestellung 2)

Welches sind die Aspekte, die für Nutzende (InfoSpez) die Komplexität der Systemzusammenhänge ausmachen?

Die Befragten **kennen alle Merkmale der Komplexität** bei ihrer Arbeit als InfoSpez.

Folgende Merkmale von Komplexität bereiten den befragten InfoSpez Schwierigkeiten:

- **Informationsmenge/Komplexität** bei Ereignisfall, **Dynamik** (Entwicklungstendenz), **Intransparenz**

Aspekte von Komplexität mit den stärksten negativen Auswirkungen auf die Arbeit des InfoSpez:

- **Intransparenz** und **Vernetztheit**

Berücksichtigung widersprüchliche Ergebnisse:

Vernetztheit: bereitet keine Schwierigkeiten versus starke negative Auswirkung

Zuerst wird die Vernetztheit als keine Schwierigkeiten bereitend eingeschätzt, anschliessend wird sie bei der Frage nach den stärksten negativen Auswirkungen auf die Arbeit des InfoSpez, ausgewählt und als schwierig/nervig bezeichnet.

Dynamik: bereitet Schwierigkeiten versus starke positive/unterstützende Auswirkung

Zuerst wird die Dynamik von einem Befragten als Schwierigkeiten bereitend eingeschätzt, anschliessend wird Dynamik bei der Frage nach den stärksten Auswirkungen herausgehoben als grosse Auswirkung, aber als positiv, unterstützend.

5.2 Dritter Teil: Wirkungsmessung auf Eignung und Akzeptanz

5.2.1 Stichprobenbeschreibung

Die Stichprobe wurde von einem Verantwortlichen der BZ Ost angefragt und bei Zustimmung nach Verfügbarkeit zugewiesen. Das im Vorfeld deklarierte Kriterium von 1–3 Jahren Berufserfahrung als InfoSpez konnte eingehalten werden. Drei Frauen und fünf Männer zwischen 1–2,5 Jahren Berufserfahrung als InfoSpez bildeten die Stichprobe. Auffallend ist die grosse Altersdifferenz von 20- bis 47-jährig ($M=29.38$, $SD=10.04$) und auch die Unterschiede in den Bildungsabschlüssen von Berufslehre bis Hochschulabschluss (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Stichprobenbeschreibung der Wirkungsmessung auf Eignung und Akzeptanz.

Versuchsperson (VP)	Alter	Geschlecht	Höchster Bildungsabschluss	Berufserfahrung InfoSpez	Berufserfahrung in der BZ Ost	Berufserfahrung SBB gesamt
VP 1	31	weiblich	Fachhochschule, PH, Uni	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr
VP 2	35	männlich	Berufsbildung/Berufslehre	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr
VP 3	23	männlich	Berufs-/Fachmaturität	1 Jahr, 4 Monate	1 Jahr, 4 Monate	1 Jahr, 4 Monate
VP 4	47	weiblich	Berufsbildung/Berufslehre	2.5 Jahre	8 Monate	8 Jahre
VP 5	20	männlich	Berufs-/Fachmaturität	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr
VP 6	38	männlich	Fachhochschule, PH, Uni	1 Jahr	1 Jahr	1 Jahr
VP 7	21	männlich	Berufsbildung/Berufslehre	1 Jahr, 6 Monate	2 Jahre	2 Jahre
VP 8	20	weiblich	Berufs-/Fachmaturität	1 Jahr, 4 Monate	1 Jahr, 4 Monate	1 Jahr, 4 Monate

5.2.2 Eignung der Visualisierung für einen Wissenszuwachs (objektiv)

Die Ergebnisse zur Fragestellung 3 und 4 – *Kann durch das Lernen mit der Visualisierungsform 1, resp. 2, ein Wissenszuwachs generiert werden?* – werden als erstes dargestellt. Danach kann auch die Fragestellung 5 – *Welche Darstellungsform der Visualisierung eignet sich besser, um einen grösseren Wissenszuwachs zu erzeugen?* – beantwortet werden.

Zuerst werden die Ergebnisse zu den einzelnen VP beschrieben, die benötigt werden, um die AV (Umfang und Qualität des abgerufenen Wissens) ausrechnen zu können. Dazu wird von jeder VP das Delta der erhobenen fünf Indikatoren präsentiert und der damit errechnete Gesamtwert der einzelnen VP. Diese Ergebnisse sind bereits aufgeteilt nach der Ausprägung der Visualisierungsform, niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung (siehe Tabelle 17) und hohe Elaboriertheit/mit Abbildung (siehe Tabelle 18). Die aus diesen acht Gesamtwerten der einzelnen VP errechneten Werte der AV sind anschliessend in Tabelle 19 dargestellt. Die Einzelheiten der Ergebnisse sind detailliert im Anhang C ersichtlich, wie z.B. die Anzahl falsch oder gar nicht gelegter Systemkomponenten. Auch Einschätzungen, ob sich beispielsweise die VP sicher/nicht sicher mit ihrer Antwort war, sind dort abgebildet.

Beim Gesamtwert der einzelnen VPn ist der Messwert 2 (Posttest) grösser als der Messwert 1 (Pretest), was sich in einem positiven Delta ausdrückt. Dies zeigt sich bei beiden Visualisierungsformen.

Tabelle 17: Ergebnisse der einzelnen Indikatoren pro VP (Deltawert, d.h. Posttest minus Pretest) und der Gesamtwert jeder VP sowohl für den Umfang, als auch für die Qualität des Wissens. **Visualisierungsform niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung.**

Elemente (Gesamtanzahl 59)	VP02		VP04		VP05		VP07	
	Δ Umfang (Anzahl)	Δ Qualität (%)	Δ Umfang (Anzahl)	Δ Qualität (%)	Δ Umfang (Anzahl)	Δ Qualität (%)	Δ Umfang (Anzahl)	Δ Qualität (%)
Visualisierung niedrige Elaboriertheit (ohne Abb.)								
Systemkomponenten (SK) 18/18 = 100%	5.00	27.78	5.00	27.78	6.00	33.33	7.00	38.89
Beschreibung SK 18/18 = 100%	4.00	22.22	6.50	36.11	8.50	47.22	10.50	58.33
Beschreibungen Datenfluss 12/12 = 100%	2.00	16.67	5.50	45.83	2.00	16.67	-2.00	-16.67
Thematische Gruppierung 3/3 = 100%	2.00	66.67	1.00	33.33	1.00	33.33	2.00	66.67
Wenn-Dann-Aussagen 8/8 = 100%	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamtwert der einzelnen VP	13.00	26.67	18.00	28.61	17.50	26.11	17.50	29.44

Tabelle 18: Ergebnisse der einzelnen Indikatoren pro VP (Deltawert, d.h. Posttest minus Pretest) und der Gesamtwert jeder VP sowohl für den Umfang, als auch für die Qualität des Wissens. **Visualisierungsform hohe Elaboriertheit/mit Abbildung.**

Elemente (Gesamtanzahl 59)	VP01		VP03		VP06		VP08	
	Δ Umfang (Anzahl)	Δ Qualität (%)	Δ Umfang (Anzahl)	Δ Qualität (%)	Δ Umfang (Anzahl)	Δ Qualität (%)	Δ Umfang (Anzahl)	Δ Qualität (%)
Visualisierung hohe Elaboriertheit (m. Abb.)								
Systemkomponenten (SK) 18/18 = 100%	5.00	27.78	3.00	16.67	7.00	38.89	7.00	38.89
Beschreibung SK 18/18 = 100%	7.50	41.67	5.50	30.56	6.50	36.11	6.00	33.33
Beschreibungen Datenfluss 12/12 = 100%	3.50	29.17	3.00	25.00	2.00	16.67	5.50	45.83
Thematische Gruppierung 3/3 = 100%	1.50	50.00	1.50	50.00	3.00	100.00	0.50	16.67
Wenn-Dann-Aussagen 8/8 = 100%	2.00	25.00	0	0	-1.00	-12.50	-1.00	-12.50
Gesamtwert der einzelnen VP	19.50	34.72	13.00	24.44	17.50	38.83	18.00	24.44

Bei der Visualisierungsform niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung zeigt sich bei einem der Indikatoren, Beschreibung des Daten-/Informationsflusses, ein negatives Delta, was sich aber nicht auf das positive Delta des Gesamtwertes auswirkt. Auch bei der Visualisierungsform hohe Elaboriertheit/mit Abbildung zeigt sich bei einem der Indikatoren, Wenn-Dann-Aussagen, bei zwei VPn ein negatives Delta, was sich aber ebenfalls nicht auf das positive Delta des Gesamtwertes der einzelnen VP auswirkt.

Aus den oben dargestellten Gesamtwerten der einzelnen Personen (siehe Tabellen 17, 18), werden die Mittelwerte berechnet, die für die Beantwortung der Hypothesen notwendig sind. Eine Gesamtdarstellung der Mittelwerte ist in Tabelle 19 enthalten.

Tabelle 19: Eine Zusammenstellung der beiden UV mit den Deltas (Posttest minus Pretest) der gemessenen AV.

UV \ AV	Umfang des abgerufenen Wissens absolute Anzahl der Elemente, die richtig gelegt/gekennzeichnet werden	Qualität des abgerufenen Wissens relative Anzahl der Elemente, die richtig gelegt/gekennzeichnet werden im Vergleich zu einer Expertenlösung (prozentual)
niedrige Elaboriertheit/ ohne Abbildung	Δ 16.50 Elemente (SD=2.35)	Δ 27.71% (SD=1.58)
hohe Elaboriertheit/ mit Abbildung	Δ 17.00 Elemente (SD=2.80)	Δ 29.86% (SD=6.28)

Bei den Ergebnissen der Visualisierungsform 1 – niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung – beträgt das Delta des Umfangs des abgerufenen Wissens **16.50 Elemente** (SD=2.35) und das Delta der Qualität des abgerufenen Wissens beträgt **27.71%** (SD=1.58). Ein positives Delta bedeutet, dass der Umfang des abgerufenen Wissens zu Messzeitpunkt 2 grösser war als zu Messzeitpunkt 1: Wissen $T_{2.V1} > T_{1.V1}$. Die Daten sprechen demzufolge gegen die Nullhypothese und für die Alternativ-Hypothese, aber aufgrund der kleinen Stichprobe ist eine zufallskritische Absicherung (Signifikanztest) nicht möglich. Somit kann vermutet werden, dass die Daten **für** die Annahme der **Hypothese zur Fragestellung 3 – Das Lernen mit der Visualisierungsform 1 generiert einen Wissenszuwachs** – sprechen, eine zufallskritische Absicherung müsste jedoch nochmals an einer grösseren Stichprobe erfolgen.

Bei den Ergebnissen der Visualisierungsform 2 – hohe Elaboriertheit/mit Abbildung – beträgt das Delta des Umfangs des abgerufenen Wissens **17 Elemente** (SD=2.80) und das Delta der Qualität des abgerufenen Wissens beträgt **29.86%** (SD=6.28). Ein positives Delta bedeutet, dass der Umfang des abgerufenen Wissens zu Messzeitpunkt 2 grösser war als zu Messzeitpunkt 1: Wissen $T_{2.V2} > T_{1.V2}$. Die Daten sprechen demzufolge gegen die Nullhypothese und für die Alternativ-Hypothese, aber aufgrund der kleinen Stichprobe ist eine zufallskritische Absicherung (Signifikanztest) nicht möglich. Somit kann angenommen werden, dass die Daten **für** die Annahme der **Hypothese zur Fragestellung 4 – Das Lernen mit der Visualisierungsform 2 generiert einen Wissenszuwachs** – sprechen, eine zufallskritische Absicherung müsste jedoch nochmals an einer grösseren Stichprobe erfolgen.

Das Lernen mit der Visualisierung generiert einen Wissenszuwachs, dies konnte gerade bestätigt werden. Wie sieht es nun aber mit dem Einbezug von Abbildungen aus, zeigt sich ein Unterschied zwischen den Visualisierungsformen?

Wie bereits dargestellt, beträgt bei der Visualisierungsform 2 (hohe Elaboriertheit/mit Abbildung) das Delta des Umfangs des abgerufenen Wissens **17 Elemente** (SD=2.80) und bei der Visualisierungsform 1 (niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung) **16.50 Elemente** (SD=2.35).

Δ 17 Elemente > Δ 16.50 Elemente

Bei der Visualisierungsform 2 (hohe Elaboriertheit/mit Abbildung) beträgt das Delta der Qualität des abgerufenen Wissens **29.86%** (SD=6.28) und bei der Visualisierungsform 1 (niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung) **27.71%** (SD=1.58)

Δ 29.86% > Δ 27.71%

Die Daten sprechen demzufolge gegen die Nullhypothese und für die Alternativ-Hypothese, aber aufgrund der kleinen Stichprobe ist eine zufallskritische Absicherung (Signifikanztest) nicht möglich.

Somit kann vermutet werden, dass die Daten **für** die Annahme der **Hypothese zur Fragestellung 5 – Visualisierungsform 2 (hohe Elaboriertheit/mit Abbildung) generiert einen höheren Wissenszuwachs als Visualisierungsform 1 (niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung)** – sprechen, eine zufallskritische Absicherung müsste jedoch nochmals an einer grösseren Stichprobe erfolgen. Zudem sind die Unterschiede zwischen den beiden Formen sehr gering.

Eine **grafische Gesamtdarstellung der Ergebnisse zum absoluten Wissenszuwachs** (Umfang des abgerufenen Wissens), zeigt das Balkendiagramm (siehe Abbildung 10).

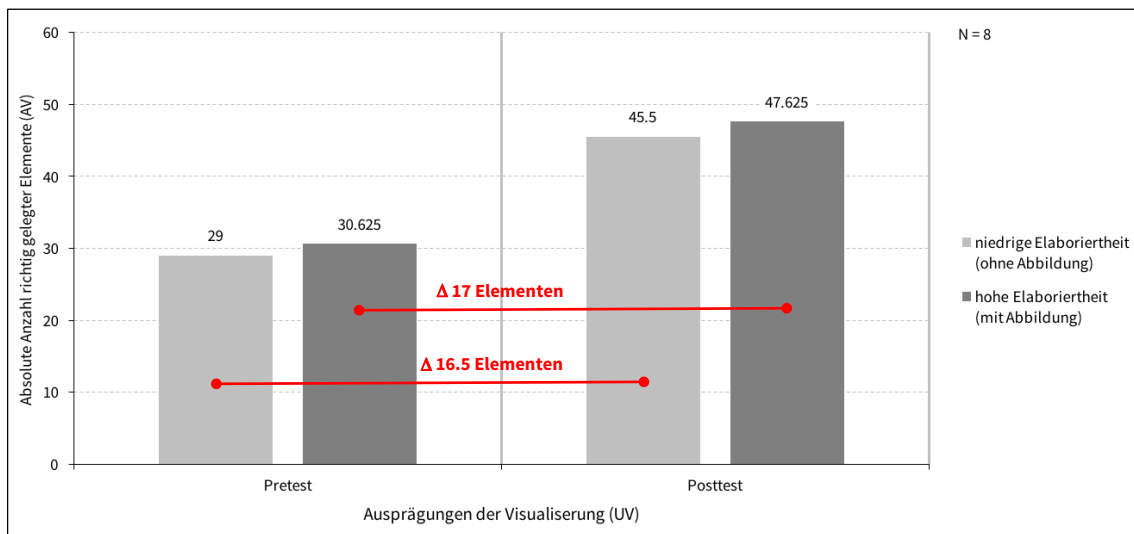


Abbildung 10: Absoluter Wissenszuwachs (Umfang des abgerufenen Wissens) im Post- verglichen zum Pretest. Gemäss Expertenlösung sind maximal 59 richtig gelegte Elemente möglich.

Mit einem Mittelwert von 29 (SD=4.14) richtig gelegter Elemente im Pretest und einem Mittelwert von 45.5 (SD=5.96) richtig gelegter Elemente im Posttest zeigen die Ergebnisse der niedrigen Elaboriertheit/ohne Abbildung einen **Zuwachs von 16.5 Elementen**. Auch bei der Ausprägung mit hoher Elaboriertheit/mit Abbildung zeigt sich ein **Zuwachs, hier von 17 Elementen**. Hier beträgt der Mittelwert der Anzahl richtig gelegter Elemente im Pretest 30.63 (SD=2.56) und beim Mittelwert des Posttests 47.63 (SD=2.93).

Eine **grafische Gesamtdarstellung der Ergebnisse zum relativen Wissenszuwachs** (Qualität des abgerufenen Wissens), zeigt das Balkendiagramm (siehe Abbildung 11).

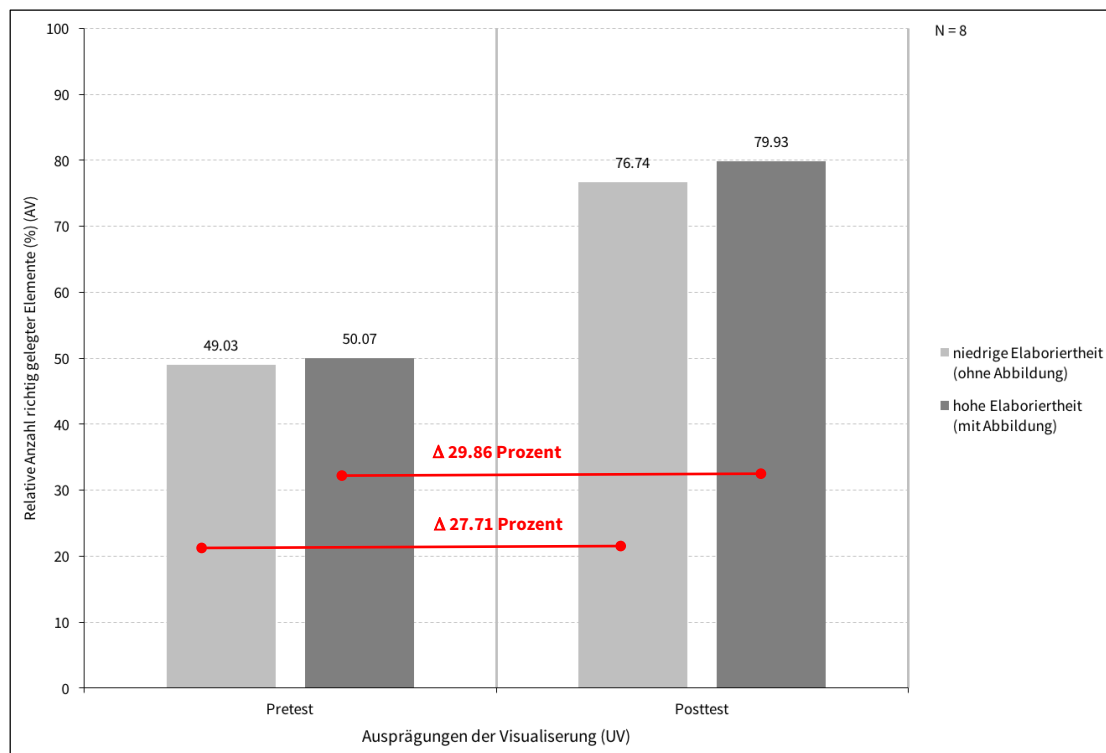


Abbildung 11: Relativer Wissenszuwachs (Qualität des abgerufenen Wissens) im Post- verglichen zum Pretest. 100% ist das Maximum.

Mit einem Mittelwert von 49.03% (SD=10.92) richtig gelegter Elemente im Pretest und einem Mittelwert von 76.74% (SD=10.78) richtig gelegter Elemente im Posttest zeigen die Ergebnisse der niedrigen Elaboriertheit/ohne Abbildung einen **Zuwachs von 27.71 Prozent**. Auch bei der Ausprägung mit hoher Elaboriertheit/mit Abbildung zeigt sich ein **Zuwachs, hier von 29.86 Prozent**. Hier beträgt der Mittelwert der Anzahl richtig gelegter Elemente im Pretest 50.07% (SD=5.85) und beim Mittelwert des Posttests 79.93% (SD=5.01).

Bezüglich der Varianz der Leistungen vor und nach der Intervention zeigt sich folgendes Ergebnis: Diejenige Person, die mit 25 Elementen den schlechtesten Ausgangswert erreicht hat, erreicht auch nach der Intervention beim Posttest mit 38 Elementen den schlechtesten Wert. Diejenige Person, die mit 33.5 Elementen den besten Ausgangswert erreicht hat, erreicht auch nach der Intervention beim Posttest mit 51 Elementen den besten Wert (siehe auch Anhang C). Die Spannweite von 8.5 Elementen zwischen dem schlechtesten und besten Ausgangswert ist folglich auf 13 Elemente zwischen dem schlechtesten und besten Wert nach der Intervention gestiegen, d.h. auch, dass sich die Varianz vergrößert hat (Interpretation siehe Kapitel 6.3).

5.2.3 Eignung der Visualisierung für einen Wissenszuwachs und Akzeptanz (subjektiv)

Die Ergebnisse zur Fragestellung 6 – *Wie ist die subjektive Einschätzung der Probanden bezüglich Visualisierung in den Dimensionen Akzeptanz und Eignung?* – werden nun dargestellt.

Eignung der Visualisierung zum Lernen der Systemkomponenten und –zusammenhänge

Eignung der Visualisierung für einen individuellen Wissenszuwachs

Die Antworten zu den sechs Aussagen zum Wissenszuwachs zeigen folgendes Bild (siehe Abbildung 12):

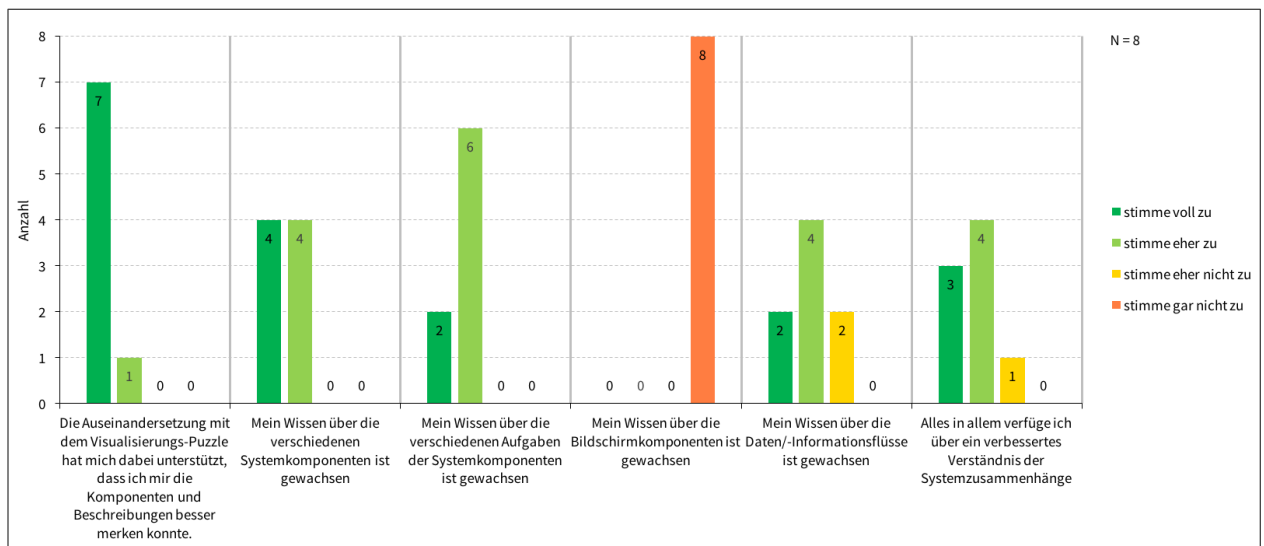


Abbildung 12: Zustimmung zu Aussagen zum Thema Wissenszuwachs.

Alle acht VPn stimmen (voll/eher) zu, dass die Auseinandersetzung mit dem Visualisierungs-Puzzle sie dabei unterstützt hat, dass sie sich die Komponenten und Beschreibungen besser merken konnten. Dasselbe Bild zeigt sich im gewachsenen Wissen über die Systemkomponenten und deren Aufgaben. Hingegen hat keiner der VPn einen Wissenszuwachs bei den Bildschirmkomponenten (Interpretation siehe Kapitel 6.3). Beim Wissenszuwachs der Daten-/Informationsflüsse zeigt sich ein differenzierteres Bild. Sechs Personen stimmen (eher/voll) zu, dass ihr Wissen gewachsen ist, zwei Personen stimmen eher nicht zu. Ein ähnliches Bild zeigt sich beim verbesserten Verständnis der Systemzusammenhänge. Hier stimmen sieben der acht Personen (voll/eher) zu, dass ihr Verständnis verbessert ist, eine stimmt eher nicht zu.

Eignung der Visualisierung für ein verbessertes Kennen rund um die Elemente des Systems und das Systemverständnis

Ob die Visualisierung geeignet ist, um das System und seine Elemente besser zu kennen, zeigen die Resultate zur Frage: *Für wie geeignet hältst Du gemäss Deiner Erfahrung das Visualisierungs-Puzzle für die folgenden Aspekte* (siehe Abbildung 13).

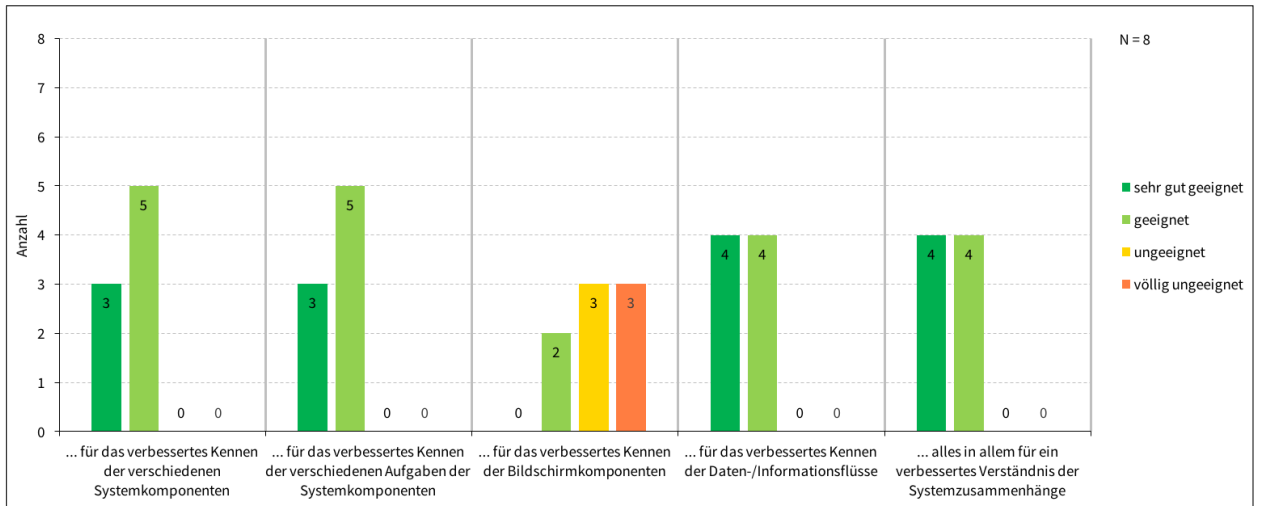


Abbildung 13: Zustimmung zu Aussagen für die Eignung für ein verbessertes Kennen des Systems.

Alle acht Personen halten die Visualisierung für ein verbessertes Kennen der Systemkomponenten und deren Aufgaben als (sehr) geeignet, ebenso für die Daten-/Informationsflüsse. Für das verbesserte Kennen der Bildschirmkomponenten allerdings halten nur zwei der Personen die Visualisierung für geeignet. Sechs Personen halten die Visualisierung dafür für (völlig) ungeeignet (Interpretation siehe Kapitel 6.3). Für ein verbessertes Verständnis der Systemzusammenhänge halten dann wieder alle acht Personen die Visualisierung für (sehr) geeignet.

Akzeptanz der Zielgruppe bezüglich Art und Umsetzung der Visualisierung

Die Antworten zu den fünf Fragen zur Akzeptanz der Art und Umsetzung der Visualisierung zeigen folgendes Bild (siehe Abbildung 14):

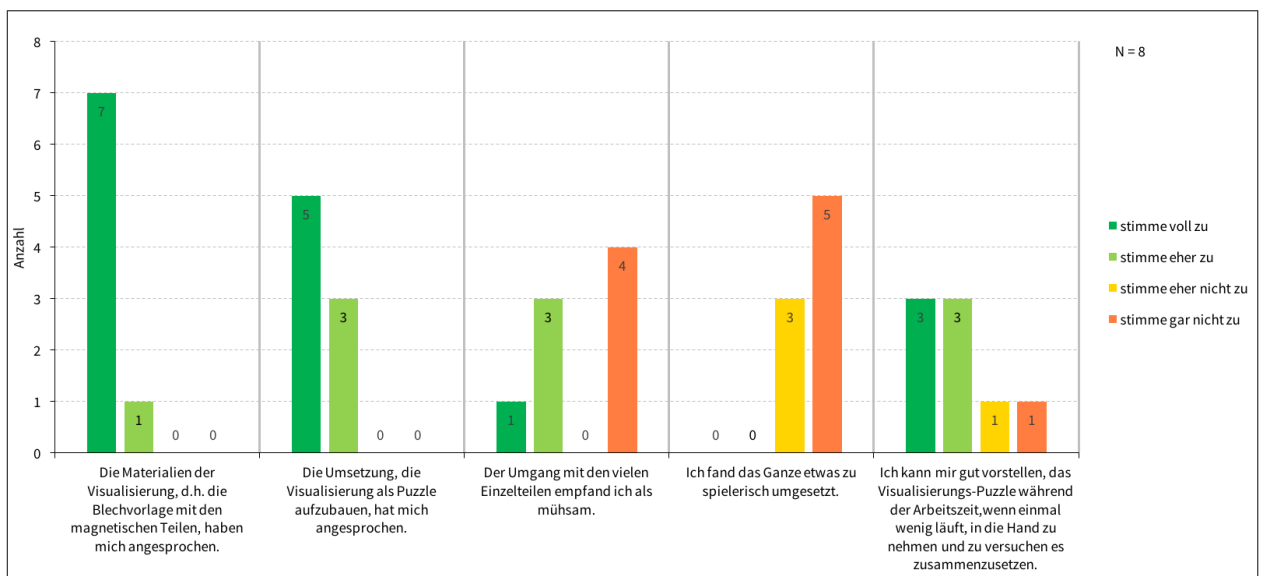


Abbildung 14: Zustimmung zu Aussagen zur Akzeptanz der Art und Umsetzung der Visualisierung.

Alle acht Personen fühlen sich von den Materialien der Visualisierung und der Umsetzung als Puzzle angesprochen. Die eine Hälfte der Befragten (4) empfanden den Umgang mit den vielen Einzelteilen als mühsam, die andere Hälfte (4) nicht. Der negativ formulierten Frage, dass das Ganze zu spielerisch umgesetzt war, stimmten die Befragten eher bis gar nicht zu. Sechs Personen können es sich gut vorstellen, die Visualisierung während der Arbeitszeit zu benutzen, zwei Personen hingegen stimmten dem eher bis gar nicht zu.

Einsatzgebiet der Visualisierung

Die befragten InfoSpez sehen folgende Einsatzgebiete für das Visualisierungs-Puzzle (Mehrfachnennungen möglich): In der *Ausbildung* wurde am meisten genannt (6) gefolgt vom *Arbeitsplatz* (4). Die *Ausbildung am Arbeitsplatz* wurde auch genannt (2). Als Einzelnennungen wurde der Einsatz in der *Instruktion* und den Einbau als *Refresher* genannt.

Zum Einsatzgebiet Ausbildung kamen viele Kommentare diesbezüglich, dass ein Einsatz des Visualisierungs-Puzzles geschätzt würde. Deshalb an dieser Stelle zwei qualitative Ergänzungen:

VP07: In der Ausbildung, wo es eh viel Theorie hat, ist es eine gute Idee als Puzzle. Es ist einmal etwas Anderes. Nicht immer ein Zettel, den man hinlegt und sagt, man solle das lernen. Ja, man kann einfach einmal ein wenig probieren und sich selbst darüber schlau machen.

VP06: In der Ausbildung haben wir so etwas bereits «blattmässig» angeschaut. Nur es ist etwas ganz Anderes, wenn man es nur auf dem Blatt hat oder wenn man es selber legt und so weiter. Wenn man es selber legt, bleibt es einem auch besser. [...] Sollte in Zukunft eine solche Tafel im Sektor oder in der Ausbildung vorliegen, würde ich sie benützen und auch in der Instruktion von neuen ZVL anwenden.

VP08: Gut, dass man überhaupt mal einmal etwas macht. Und versucht, das Infosystem besser zu erklären. Wir haben in der Ausbildung nur einen einzigen Tag und alles andere lernt man beim Tun.

Lerntyp

Die Befragten mussten sich für einen der vorgegebenen Lerntypen entscheiden, wie sie am besten lernen würden. Vier Personen lernen am besten durch Bewegung/Handlung (tun), drei Personen durch Sehen (visuell) und eine Person durch Hören. Das Lernen durch Gespräche wurde nicht genannt.

Erfahrungen mit dem Visualisierungs-Puzzle

Zum Einstieg des quantitativen Interviews wurde eine offene Frage gestellt. Auch während des geführten Interviews gab es viele Kommentare, die nun beschrieben werden.

Auf die offene Frage nach ihren eben gemachten Erfahrungen mit der aktiven Visualisierung gab es ausschliesslich positive Antworten. Insbesondere wurde von den Probanden positiv bewertet, dass man etwas vor sich habe, dass man sich mit einer Sache spielerisch auseinandersetzen könne (Auswahl).

VP05: Ich habe es cool gefunden, mal etwas Anderes, es ist mal wirklich etwas Anderes gewesen. Mal etwas, wo man etwas selber machen konnte und nicht nur immer stur die Vorlagen, die man halt hat. Mir hat es gefallen, ich finde es etwas Nützliches, Sinnvolles.

VP04: Es ist kurzweilig. Ich mache gerne so Sachen und ich habe gerne, wenn ich das so vor mir sehe, dann kann ich es mir besser merken.

VP03: Ich habe es eigentlich cool gefunden, dass man damit spielen konnte. Ja du hast wirklich etwas in der Hand gehabt, das du wirklich ausprobieren konntest, du musstest es nicht in Gedanken machen, wie es bisher war. So hast du wirklich etwas gehabt, das Hände und Füsse hatte.

VP08: Ich finde es fühlt sich gut an, also es fühlt sich lustig an, die Teile wegzunehmen und dann kann man es darauf fallen lassen. [...] Es hilft mir beim Grundverständnis, es hilft zu wissen, ah, wo muss ich nachfragen, wenn z.B. einmal das Ceres nicht geht. Damit ich weiss, in welchem Zeitraum ich die Information anpassen muss, dass ich nachkomme, was jetzt fehlt, was ich anpassen muss.

VP06: Ich konnte mein Wissen vertiefen und die Zusammenhänge der Umsysteme nach dem KIB- und CUS-Puzzle besser verstehen.

Zu den positiven Äusserungen gab es auch kritische Bemerkungen. Es wurde z.B. festgestellt, dass die Visualisierung für Zusammenhänge gut ist, jedoch nicht um einzelne Handlungsschritte tätigen zu können. Auch die Grösse der Visualisierung war ein Thema und eine Überforderung durch die vielen Teile:

VP02: Grundsätzlich fand ich die Visualisierung gut um wieder mal aufzufrischen, um zu zeigen, wie ist der Datenfluss, wie hängen die einzelnen Systeme zusammen. Für meine Arbeit am KIB CUS System oder allgemein im Kundeninfo, dass es einen grossen Zusammenhang hat, glaube ich jetzt nicht. Weil die Systeme (.) Ja klar, es bringt mir etwas, wenn ich weiss, woher die Daten kommen, aber ich muss ja mit den Daten im System umgehen können. Und von dem her habe ich nicht das Gefühl, dass es für mich jetzt einen wahnsinnigen Quantensprung ist für die alltägliche Arbeit mit dem System.

VP06: Ich finde für hier am Arbeitsplatz ist es insgesamt zu gross. Ich weiss, ich wollte es noch grösser, aber wenn es hier auf dem Tisch ist, dann ist der Tisch belegt.

VP07: Am Anfang kommt es etwas unübersichtlich vor. Es sind viele Teile, die eingefügt werden müssen. Ich bin zu Beginn etwas erschrocken, wie viel es ist [...] Wenn man einmal begonnen hat, dann geht es.

Weiter fragte sich eine Person, ob das Gelernte nachhaltig sei und inwiefern es die Arbeit des InfoSpez unterstützen kann. Eine andere Person wünschte sich eine Veränderbarkeit des Puzzles:

VP01: Die ganze Visualisierung selber, die ganze Idee dahinter finde ich natürlich sehr positiv, dass man sich einmal auf diese Art damit auseinandersetzen kann. Interessant wäre langfristig zu schauen, so in einem halben Jahr, was bleibt hängen, wie unterstützt das im Alltag.

VP08: Es wäre gut, wenn das Puzzle, die Anordnung veränderbar wäre, damit man sich nicht die Position merken kann und die Texte gar nicht mehr liest.

Einige VPn, die mit der Visualisierungsform ohne Abbildung gearbeitet haben, konnten nach dem Test die beiden Visualisierungsformen vergleichen. Alle fühlten sich von derjenigen mit Abbildungen mehr angesprochen:

VP04: Oh cool, mit Bild hat man nochmals etwas mehr.

Zusammenfassung Teil 3: Wirkungsmessung auf Eignung und Akzeptanz

Wissenszuwachs durch das Lernen mit der Visualisierung (Fragestellung 3 und 4)

Kann durch das Lernen mit der Visualisierungsform 1, resp. 2, ein Wissenszuwachs generiert werden?

Das Lernen mit der Visualisierung erzeugt einen Wissenszuwachs:

(aufgrund der kleinen Stichprobe ist eine zufallskritische Absicherung nicht möglich)

- Visualisierungsform 1 (niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung)
Delta des Umfangs des abgerufenen Wissens: **16.50 Elemente** (SD=2.35)
Delta der Qualität des abgerufenen Wissens: **27.71%** (SD=1.58).
- Visualisierungsform 2 (hohe Elaboriertheit/mit Abbildung)
Delta des Umfangs des abgerufenen Wissens: **17 Elemente** (SD=2.80)
Delta der Qualität des abgerufenen Wissens: **29.86%** (SD=6.28).

Vergleich des Elaboriertheitsgrades (mit/ohne Abb.) für einen Wissenszuwachs (Fragestellung 5)

Welche Darstellungsform der Visualisierung eignet sich besser, um einen grösseren Wissenszuwachs zu erzeugen?

Die Visualisierungsform 2, hohe Elaboriertheit/mit Abbildung, erzeugt einen leicht grösseren Wissenszuwachs:

(aufgrund der kleinen Stichprobe ist eine zufallskritische Absicherung nicht möglich)

- Umfang des abgerufenen Wissens
Bei der Visualisierungsform 2 (hohe Elaboriertheit/mit Abbildung) beträgt das Delta des Umfangs des abgerufenen Wissens 17 Elemente (SD=2.80), bei der Visualisierungsform 1 (niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung) 16.50 Elemente (SD=2.35).
Δ 17 Elemente > Δ 16.50 Elemente
- Qualität des abgerufenen Wissens
Bei der Visualisierungsform 2 (hohe Elaboriertheit/mit Abbildung) beträgt das Delta der Qualität des abgerufenen Wissens 29.86% (SD=6.28) und bei Visualisierungsform 1 (niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung) 27.71% (SD=1.58)
Δ 29.86% > Δ 27.71%

Subjektive Einschätzung auf Eignung und Akzeptanz (Fragestellung 6)

Wie ist die subjektive Einschätzung der Probanden bezüglich Visualisierung in den Dimensionen Akzeptanz und Eignung?

- Eignung der aktiven Visualisierung zum Lernen der Systemkomponenten und -zusammenhänge
– für einen individuellen Wissenszuwachs:
Auseinandersetzung mit Visualisierungs-Puzzle hat unterstützt, Komponenten und Beschreibungen besser merken zu können: **stimme (voll/eher) zu (8)**; Wissenszuwachs Systemkomponenten und deren Aufgaben: **stimme (voll/eher) zu (8)**; Wissenszuwachs Bildschirmkomponenten: **stimme gar nicht zu (8)**; Wissenszuwachs Daten-/Informationsflüsse: **stimme (voll/eher) zu (6)**, **stimme eher nicht zu (2)**; verbesserten Verständnis der Systemzusammenhänge: **stimme (voll/eher) zu (7)**, **stimme eher nicht zu (1)**.
– für ein verbessertes Kennen rund um die Elemente des Systems und das Systemverständnis:
Systemkomponenten und deren Aufgaben, Daten-/Informationsflüsse, Systemverständnis: **(sehr) geeignet (8)**; Bildschirmkomponenten: **geeignet (2)**, **(völlig) ungeeignet (6)**.

- Akzeptanz der Zielgruppe bezüglich Art und Umsetzung der Visualisierung
Angesprochen durch Materialien und Umsetzung als Puzzle: **stimme (voll/eher) zu (8)**; Umgang mit den vielen Einzelteilen ist mühsam: **stimme (voll/eher) zu (4)**, **stimme gar nicht zu (4)**; Umsetzung zu spielerisch: **stimme (eher/gar) nicht zu (8)**; Gebrauch der Visualisierung während Arbeitszeit: **stimme (voll/eher) zu (6)**, **stimme (eher/gar) nicht zu (2)**.
- Einsatzgebiet der Visualisierung: **Ausbildung**, auch am Arbeitsplatz; **Arbeitsplatz**
- Erfahrungen mit dem Visualisierungs-Puzzle
Alle VPn hatten **positive Erfahrungen** mit dem Visualisierungs-Puzzle, wie bspw. etwas vor sich haben und spielerisch auseinandersetzen können, gut für Kenntnis der Systeme und Zusammenhänge. **Kritische Stimmen** gab es vereinzelt bezüglich Grösse der Visualisierung und Anzahl Einzelteile. Auch der Nutzen für einzelne Handlungsschritte wurde infrage gestellt.

6 Diskussion

In diesem Kapitel wird zuerst die Exploration des Anwendungsgebietes und danach die Wirkungsmessung interpretiert und diskutiert, immer beginnend mit einer kurzen Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse. Als Übergang von der Exploration zur Wirkungsmessung wird noch zum Thema Visualisierungsentwicklung Bezug auf den Entscheid für die Bestimmung des Abstraktionsgrades der Visualisierung genommen.

6.1 Erster Teil: Exploration des Anwendungsgebietes

Im explorativen Teil der Untersuchung wurde bezüglich **Fragestellung 1** herausgefunden, dass die Überwachung der Systeme, Verspätungen mit Gründen ergänzen und Kundenlenkungen bei Zugsausfall generieren die wichtigsten und typischsten Hauptaufgaben der beiden befragten InfoSpez sind. Bezüglich **Fragestellung 2** konnte festgestellt werden, dass die Befragten alle Merkmale der Komplexität (Informationsmenge, Vernetztheit, Dynamik, Intransparenz) in ihrer Arbeit wiedererkennen und dass Intransparenz und Vernetztheit subjektiv die stärksten negativen Auswirkungen auf ihre Arbeit haben.

Für die Beantwortung der beiden ersten Fragestellungen wurden zwei InfoSpez befragt, d.h. die Ergebnisse konnten nur Hinweise geben, auf welche Punkte bei der Entwicklung der Visualisierung besonders geachtet werden musste. Ein Einbezug von SBB-internen Dokumenten bezüglich Aufgaben und Umfeld eines InfoSpez wurde als notwendig erachtet, ebenso der Einbezug von Erkenntnissen aus der Literatur bezüglich Komplexität, Visualisierung und mentaler Modelle.

Bei den Ergebnissen zu Komplexität fällt auf, dass der berufsunerfahrenere InfoSpez (Be1) bei keinem der sieben befragten Aspekte der Komplexität eine Schwierigkeit beim Umgang angab, im Gegensatz zum berufserfahreneren Kollegen. Dies kann dahingehend interpretiert werden, als dass der Be1 noch weniger selbstbewusst bei seiner Arbeit als InfoSpez ist und ihm daher ein Eingeständnis einer Schwierigkeit nicht so leicht fällt. Zudem gab es zum Teil gegensätzliche Aussagen der zwei Befragten. Beispielsweise zur Frage, ob manchmal Entscheidungen gefällt werden müssen, auch wenn die Informationen nur teilweise bekannt, unscharf oder unklar sind. Hier antwortete Be1 mit *nein* und Be2 mit *ja*.

Kritisch hinterfragt werden muss die eventuelle Überforderung der Befragten bei den Aussagen zu Vernetztheit und Intransparenz. Diese beiden Merkmale waren z.B. für den einen Befragten (Be1) kaum unterscheidbar.

Eher überraschend war das Ergebnis, dass die Befragten einen Aspekt der Komplexität als unterstützend und positiv für ihre Arbeit als InfoSpez erlebten, die Dynamik. Die Dynamik des technischen Systems unterstützt den Infospez bei seiner Arbeit, da sich das System verändert, auch ohne dass ein Eingriff vorgenommen wird. Gemäss Be2 muss es dynamisch sein, sonst würde es gar keinen Sinn machen, man könne ja nicht überall alles eingeben. Es kann aber auch sein, dass die Befragten das Konzept der Dynamik anders verstanden haben, als Dörner (2010) es gemeint hat.

6.2 Zweiter Teil: Entwicklung der Visualisierung

Nachdem die Ergebnisse aus der Exploration des Anwendungsgebietes vorhanden waren, wurden diese mit dem Praxispartner besprochen und der Abstraktionsgrad der Visualisierung bestimmt. Die Erkenntnis, dass Intransparenz und Vernetztheit subjektiv die stärksten negativen Auswirkungen auf die Arbeit der Infospez zeigen, bewirkte, dass ein hoher Abstraktionsgrad der Visualisierung bestimmt wurde, wodurch der Fokus auf das Zusammenspiel der verschiedenen technischen Systemkomponenten gelegt werden

konnte, und somit bei der Anwendung der Visualisierung die Systemzusammenhänge transparenter und klarer werden würden. Dieses angestrebte verbesserte Gesamtverständnis der Systemzusammenhänge schien bei einer Realisierung der Visualisierung mit einem tieferen Abstraktionsgrad, der Ebene der einzelnen Handlungsschritte, nicht zielführend zu sein. Somit war aber auch klar, dass die erhobenen Erkenntnisse zu den einzelnen Handlungsschritten der InfoSpez nur noch dem allgemeinen Verständnis über die Arbeitssituation der InfoSpez dienen würden, weiter aber nicht direkt in die weitere Untersuchung miteinfließen würden. Es darf hinterfragt werden, ob eine Erhebung der Hauptaufgaben und deren Handlungen überhaupt nötig war oder ob das Wissen nicht allein aus der Literatur und den SBB-Dokumenten genügt hätte. Dies wird aber verneint, denn die Entwicklung der Visualisierung war ein fortlaufender, aufeinander aufbauender Prozess, bei dem auch Umwege in Kauf genommen werden mussten und die möglichen Abkürzungen erst nach dem Erhalt der Ergebnisse sichtbar wurden.

In der vorliegenden Arbeit wird manchmal der Ausdruck Training für die Methode der aktiven Visualisierung verwendet. Durch das Trainieren oder Üben mit der aktiven Visualisierung soll ein verbessertes Verständnis der Systemzusammenhänge erreicht werden. Die Methode der aktiven Visualisierung stellt für sich alleine kein Training dar. Der Begriff Training ist durch die drei zentralen Merkmale (Fries & Souvignier, 2009) – wiederholte Übung an spezifischen Aufgaben, Vermittlung von prozeduralem Wissen, Strukturiertheit der Massnahme – gekennzeichnet. Die aktive Visualisierung ist ein Instrument, mit dem die InfoSpez zwar wiederholt üben sollen, dies aber selbständig, ohne Anleitung und nach eigenem Zeitplan. Die Methode der aktiven Visualisierung könnte jedoch als Teil eines Trainings eingesetzt werden oder auch als Anwendungsteil in einer Schulung über Systemkomponenten und –zusammenhänge.

6.3 Dritter Teil: Wirkungsmessung auf Eignung und Akzeptanz

In der Wirkungsmessung der Visualisierung auf Eignung und Akzeptanz konnte bezüglich der **Fragestellungen 3 und 4** festgestellt werden, dass durch das Anwenden der aktiven Visualisierung ein Wissenszuwachs generiert werden konnte. Der Wissenszuwachs zeigte sich nach Anwendung der Visualisierung sowohl beim Umfang des abgerufenen Wissens, als auch bei der Qualität des abgerufenen Wissens. Die entwickelte aktive Visualisierung ist somit eine geeignete Methode zur Unterstützung des Systemverständnisses.

In diesem Absatz werden Fragen angesprochen, die im Rahmen dieser Arbeit nicht beantwortet werden konnten. Dies betrifft die Themen *Nachhaltigkeit, Wissenstransfer und Übungsintensität*. Ein Lernen hat durch die Verwendung der Visualisierung stattgefunden. Es stellt sich jedoch die Frage nach der Nachhaltigkeit des Lernens. Ein zusätzlicher Messzeitpunkt nach einigen Wochen oder gegebenenfalls Monaten könnte diese Frage beantworten. Da dies aber nicht Teil der Untersuchung war, kann die Frage der Nachhaltigkeit des Wissenszuwachses nicht beantwortet werden. Eine zweite Frage, die sich stellt, ist diejenige nach dem Wissenstransfer. Kann der Wissenszuwachs bezüglich Systemkenntnis und -zusammenhängen auf die Arbeitstätigkeit der InfoSpez transferiert werden? Auch diese Frage kann so nicht beantwortet werden, es müssten Beobachtungen oder Befragungen während der Arbeitstätigkeit der InfoSpez durchgeführt werden. Eine weitere Frage im ähnlichen Kontext ist diejenige nach der Steigerung des Wissensumfangs bei längerer und mehrmaliger Anwendung, also bei einer höheren Übungsintensität. Auch dies müsste in einer anderen Untersuchung geprüft werden.

Der Frage, ob der Aufbau mentaler Modelle erreicht werden konnte, wird einerseits im Kapitel 4.5.2 im Rahmen der Validität nachgegangen. Dort wird dargestellt, ob mit dem Umfang und Qualität des abgerufenen Wissens ein funktionelles mentales Modell operationalisiert wird. Andererseits soll dieser

Punkt hier diskutiert werden. Ein mentales Modell ist ein Abbild, das sich eine Person von der Realität macht (Dutke, 1994). Vergleicht man das Abbild des Pre- und Posttests miteinander, fällt auf, dass die VPn nach Anwendung der Visualisierung ein visualisierungsähnliches Bild gespeichert haben (siehe Abbildung 15). Damit kann nicht darauf geschlossen werden, dass ein mentales Modell gebildet wurde, aber es ist ein Hinweis, dass die Ordnungsstruktur der Visualisierung übernommen wurde.

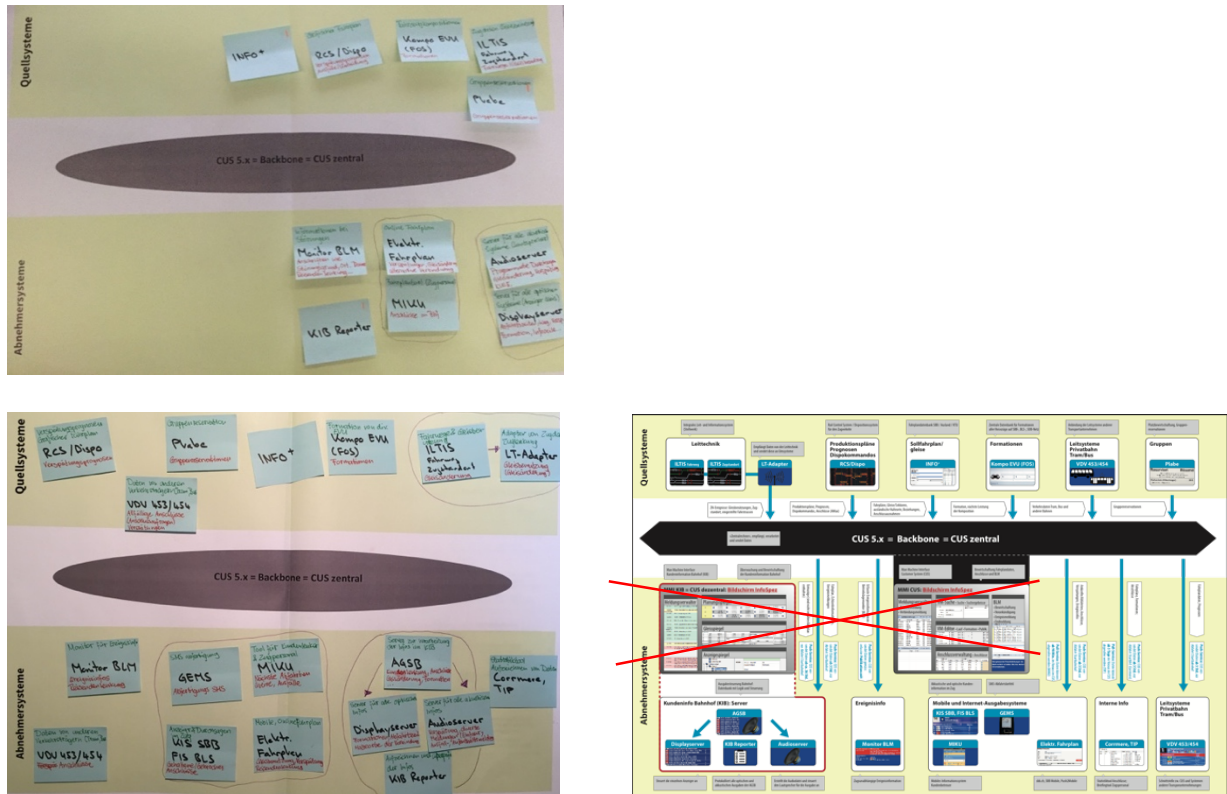


Abbildung 15: Abbildungen eines Pre- und Posttests zur Darstellung der festgestellten Speicherung eines visualisierungsähnlichen Bildes nach Verwendung der aktiven Visualisierung. Links oben der Pretest, links unten der Posttest derselben Versuchsperson. Auf der rechten Seite die aktive Visualisierung zum Vergleich. Die Komponenten des MMI-KIB und MMI-CUS wurden beim Pre- und Posttest nicht abgefragt (in der Abbildung rot durchgestrichen).

Bei den Standardabweichungen fällt auf, dass diese zum Teil recht hoch ausfallen, am höchsten beim Pre- und Posttest der Visualisierungsausprägung niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung ($SD=10.78$, $SD=10.92$). Die Daten zeigen also eine Streuung um den Mittelwert von über 10%. Dieses Beispiel zeigt, dass die Standardabweichungen mit Vorsicht zu betrachten sind, da bei ihr, wie auch bei der Varianz, Ausreisser stark ins Gewicht fallen (UZH, 2016). Dies insbesondere, wenn wie bei dieser Untersuchung nur mit einer kleinen Stichprobe gearbeitet wird.

In der Wirkungsmessung der Visualisierung auf Eignung und Akzeptanz konnte bezüglich der **Fragestellungen 5** festgestellt werden, dass die Visualisierungsform 2 – hohe Elaboriertheit/mit Abbildung – einen nur leicht höheren Wissenszuwachs generiert hat.

Gemäss Anderson (2013) führt die elaborative Informationsverarbeitung zu einer besseren Gedächtnisleistung, sowohl beim Behalten als auch beim Abruf von Informationen. Eine solche elaborative Verarbeitung besteht aus einer Anreicherung des zu behaltenden Materials mit zusätzlichen Informationen. Zudem verfügt der Mensch für Bilder über ein besseres Gedächtnis als für Text (Anderson, 2013). Die Frage

soll nun diskutiert werden, warum der Wissenszuwachs so gering ausgefallen ist, obwohl die Visualisierungsformen 2 (hohe Elaboriertheit/mit Abbildung) mit Bildmaterial angereichert wurde. Neben den Bildschirmkomponenten, die nicht mit in die Wirkungsmessung einbezogen worden sind, wurden von den fünf Indikatoren nur die Systemkomponenten mit Bildmaterial angereichert. Dies geschah zum einen, weil bei den anderen Indikatoren keine sinnvolle Anreicherung mit Bildmaterial gesehen wurde und zum anderen, weil die beiden Visualisierungsformen nach der Untersuchung in der Praxis eingesetzt werden und sie somit nicht allzu stark differieren durften. Es könnte somit sein, dass mit den 18 angereicherten Systemkomponenten zu wenig verändert wurde, um einen stärkeren Unterschied zu bewirken. Betrachtet man dazu die Werte dieses einzelnen Indikators, können allerdings auch keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Visualisierungsformen festgestellt werden.

Ein weiterer Erklärungsansatz für den geringen Unterschied ist, dass die Visualisierung an sich bereits ein Bild darstellt. Die Gesamtdarstellung kann als logisches Bild, als eine Art Strukturdiagramm, angesehen werden (siehe Kapitel 2.3.3). Diese bildliche Darstellung wirkt dann bei beiden Visualisierungsformen so stark, dass die eingefügten Abbildungen bei den Systemkomponenten keine grösseren Auswirkungen zeigen.

Auch wenn der Wissenszuwachs der Visualisierungsform mit Abbildungen nur gering ausfiel, so konnte doch die motivationale Funktion von Bildern (Schnotz, 2011) festgestellt werden. Dies zeigt sich durch positive Äusserungen von Personen, die nach Abschluss des Pre-Posttests beide Visualisierungsformen gesehen und somit vergleichen konnten.

Betreffend **Fragestellung 6** konnte festgestellt werden, dass die Befragten die aktive Visualisierung für das Lernen der Systemkomponenten und –zusammenhänge grundsätzlich für geeignet halten und dass die Akzeptanz gegenüber der Art und Umsetzung der Visualisierung vorhanden ist.

Zwei negative Einschätzungen gab es bei den beiden Fragen zu den Bildschirmkomponenten, die jedoch positiv interpretiert werden können. Die vereinfachte Darstellung der Bildschirmkomponenten diente nur dazu aufzuzeigen, wo in der Systemlandschaft die InfoSpez ihre Handlungen tätigen. Dieser Einbezug der Arbeitsfläche der InfoSpez war als Orientierungshilfe wertvoll, als Komponente zum Lernen, wie erwartet, zu trivial.

Zu einigen Elementen der Visualisierung wurden sowohl subjektive Daten mittels quantitativem Interview erhoben als auch objektive Daten mittels Pre- und Posttest. Die subjektiven Einschätzungen zu den drei spezifischen Elementen *Systemkomponenten*, *Beschreibungen und Aufgaben der Systemkomponenten* und *Beschreibungen des Daten-/Informationsflusses*, zeigen eine hohe Zustimmung respektive Eignung. Hier findet sich eine Übereinstimmung mit denselben objektiv erhobenen Indikatoren, die alle einen Wissenszuwachs aufweisen.

Es konnte weiter festgestellt werden, dass die Art und Umsetzung der Visualisierung von den Befragten gut akzeptiert wurde. Dies zeigen sowohl die quantitativen wie vor allem auch die qualitativen Ergebnisse. Das verwendete magnetische Material wurde geschätzt, wie auch die spielerische Umsetzung und nicht zuletzt «einmal etwas Anderes vor sich zu haben». Es scheint, dass die aktive Visualisierung etwas angesprochen hat, das die InfoSpez sonst so in ihren Arbeitstätigkeiten nicht antreffen. Sie konnten aktiv etwas zusammenstellen, dies nicht nur visuell am Bildschirm, sondern durch ein Tun mit den Händen. Dieses wachsende Interesse an Visualisierung, die nicht nur durch die visuelle Sinnesmodalität aufgenommen wird, stellten auch Roberts et al. (2010) in ihrem Überblick über haptische Studien fest.

Die Visualisierung wurde konzipiert für den Einsatz am Arbeitsplatz für diejenigen InfoSpez, die noch wenig Berufserfahrung aufweisen. Die Ergebnisse zeigten nun, dass der Arbeitsplatz zwar eine Einsatzmöglichkeit darstellt, dass der Einsatz in der Ausbildung oder der Ausbildung am Arbeitsplatz jedoch präferiert wird. Dies ist sicher eine wichtige Erkenntnis für die Ausbildung der InfoSpez, die berücksichtigt werden sollte.

Eine weitere Erkenntnis aus den Ergebnissen ist die gestiegene Varianz in den Leistungen der VPn nach der Anwendung der Visualisierung. Die Resultate zeigen, dass diejenige Person mit einem hohen Ausgangswissen dieses durch die Anwendung der Visualisierung stärker steigern konnte, als diejenige Person mit einem tieferen Ausgangswissen. Es scheint demnach so zu sein, dass bei einem höheren Ausgangswissen die Anwendung der Visualisierung eine stärkere Wirkung erzeugen kann. Dieser Befund spiegelt den sogenannten «Matthäus-Effekt». Der auf den Soziologen Robert K. Merton (1968) zurückgehenden Begriff besagt angewendet auf die pädagogische Psychologie, dass bei Personen mit einer höheren Ausgangsleistung auch der Trainingseffekt höher ist (Fries et al., 2009).

6.4 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die aktive Visualisierung eine geeignete Methode darstellt, um das Wissen über Systemkomponenten und deren Zusammenhänge zu verbessern. Dies bedeutet, dass die Methode der aktiven Visualisierung geeignet ist, mentale Modelle komplexer technischer Systeme aufzubauen respektive zu verbessern und dadurch ein verbessertes Verständnis der Systeme und der Systemzusammenhänge zu erzeugen. Zudem wird die aktive Visualisierung in der Art und Umsetzung von den InfoSpez akzeptiert. D.h., dass die aktive Visualisierung eine geeignete Methode darstellt, um ein verbessertes Systemverständnis komplexer technischer Systeme zu erhalten.

Die Relevanz eines *qualitativ guten externen Modells* soll abschliessend diskutiert werden. Gemäss Dutke (1994) bilden mentale Modelle Gegebenheiten der Umwelt in sowohl reduzierender als auch elaborierter Weise ab (siehe Kapitel 2.2.5). Die externe Präsentation, die aktive Visualisierung, stellt eine vereinfachte Darstellung der technischen Systeme und ihrer Zusammenhänge dar. Durch das Üben mit der Visualisierung bilden die VPn ein neues mentales Modell, indem sie einerseits die Visualisierung, als eine bereits reduzierte Darstellung der Realität, nochmals reduzieren, indem Merkmale und Relationen der Visualisierung reduziert werden. Welche Merkmale und Relationen abgebildet werden, hängt vom Vorwissen der VPn und von der Art der Visualisierung ab. Andererseits wird das neue mentale Modell mit bereits vorhandenem Wissen ergänzt. Berücksichtigt man diese Vorgänge bei der Bildung eines mentalen Modells, zeigt sich die Wichtigkeit der Visualisierung. Die Visualisierung ist bereits eine Reduktion, eine Vereinfachung der Wirklichkeit. Bei der Wahrnehmung und der Bildung eines mentalen Modells geschieht unter anderem nochmals eine Reduktion. Die Visualisierung muss also die relevanten Merkmale und Relationen des technischen Systems enthalten und in der Form darstellen, dass die VPn ein funktionelles mentales Modell aufbauen können. Diese mentalen Modelle sind zudem schwer zu ändern (Dutke, 1994), weshalb es sich lohnt, in ein qualitativ gutes Training zu investieren. Auch Dörner (2010) weist darauf hin, dass die Qualität des Realitätsmodells für den erfolgreichen Umgang mit komplexen Systemen von entscheidender Bedeutung ist. Auch nach Kluwe (1997) stellen mentale Modelle aufgrund begrenzter Verarbeitungskapazität des Menschen eher vereinfachende interne Modelle des komplexen technischen Systems dar. Umso wichtiger ist es, den Aufbau mentaler Modelle für ein bestimmtes komplexes System durch Training, Instruktion oder Übung so anzulegen, dass ein funktionierendes Mentales Modell gebildet werden kann (Kluwe, 1997).

Als Ausblick werden weitere *mögliche Einsatzgebiete* der aktiven Visualisierung aufgezeigt, ihre *Limitierungen* und davon ausgehend *mögliche Entwicklungen*.

Die Methode der aktiven Visualisierung für die Unterstützung eines verbesserten Systemverständnisses ist auch für andere Rollen und Arbeitsbereiche in technischen Systemen denkbar und möglich. Dazu wären allerdings eine Exploration und spezifische Entwicklung für den entsprechenden Bereich zwingend nötig. Grundsätzlich muss auch beachtet werden, dass bei einem breiteren Einsatz der aktiven Visualisierung die gewählte Umsetzung mit Eisenplatte und magnetischen Einzelteilen kaum praktikabel ist. Die Produktion ist aufwendig und nur in einer geringen Stückzahl möglich. Auch Anpassungen bei Updates der Systeme wären aufwendig und evtl. schwierig umzusetzen. Es kommt hinzu, dass das Niveau der Visualisierung nicht angepasst werden kann und auch die Anordnung und Beschreibung der einzelnen Elemente fix ist. Eine mögliche Lösung der aufgeführten negativen Aspekte könnte eine Umsetzung der aktiven Visualisierung mittels grossformatiger Multi-Touch-Medien darstellen. Die Funktionen von Touch-Oberflächen, wie beispielsweise bei Smartphones, sind wohlbekannt. Vermehrt werden auch grossflächige Touch-Oberflächen eingesetzt, wie z.B. auch bei Microsoft (2016) der Surface Hub. Die Vorteile liegen auf der Hand: Verschiedene Schwierigkeitsgrade und Layouts der Visualisierung wären um- und einsetzbar, und auch Updates der Systeme könnten einfacher aufgenommen und umgesetzt werden. Die wichtigen Fragen nach Eignung und Akzeptanz sind allerdings nicht einfach zu beantworten. Die Idee der in dieser Arbeit entwickelten Visualisierung, eine Systemkomponente als Einzelteil zu greifen und an einen Ort zu legen, wird mit der Multi-Touch-Umsetzung nur bedingt umgesetzt. Es findet zwar auch eine Bewegung statt, inwieweit die Wirkung dieser Bewegung eines virtuellen Gegenstandes sich von derjenigen eines realen Gegenstandes unterscheidet, müsste untersucht werden. Ein Vergleich der in dieser Arbeit entwickelten aktiven Visualisierung als magnetisches Puzzle und einer virtuellen Umsetzung mittels Multi-Touch-Medien wäre interessant, nicht zuletzt auch ein Vergleich in der Auswirkung der Umsetzungsform auf die Akzeptanz bei der Zielgruppe.

7 Literaturverzeichnis

- Anderson, J.R. (2013). Cognitive Psychology and its implications. J. Funke (Hrsg., Trans.). *Kognitive Psychologie* (7. Aufl.). Berlin Heidelberg: Springer.
- Bazeley, P. & Richards, L. (2000). *The NVivo Qualitative Project Book*. London: Sage.
- Bortz, J. & Döring, N. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Berlin Heidelberg: Springer.
- Brünken, R., Seufert, T. & Jänen I. (2008). Multimodales Lernen. In J. Zumbach & H. Mandl (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie in Theorie und Praxis* (S. 133–140). Göttingen: Hogrefe.
- De Kleer, J. & Brown, J.S. (1983). Assumptions and Ambiguities in Mechanistic Mental Models. In D. Gentner & A.L. Stevens (Eds.), *Mental Models* (S. 155–190). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Dörner, D. (2010). *Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen* (9. Aufl.). Hamburg: Rowohlt.
- Dutke, S. (1994). *Mentale Modelle: Konstrukte des Wissens und Verstehens. Kognitionspsychologische Grundlagen für die Software-Ergonomie*. Göttingen: Hogrefe.
- Eckert, A. (2000). Die Netzwerk-Elaborations-Technik (NET) – Ein computerunterstützendes Verfahren zur Diagnose komplexer Wissensstrukturen. In H. Mandl & F. Fischer (Hrsg.), *Wissen sichtbar machen. Wissensmanagement mit Mapping-Techniken*. (S. 137–157). Göttingen: Hogrefe.
- Edelmann, W. & Wittmann, S. (2012). *Lernpsychologie* (7. Aufl.). Weinheim: Beltz
- Fries, S. & Souvignier, E. (2009). Training. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 405–428). Heidelberg: Springer.
- Fröhlich, W. (2010). *Wörterbuch Psychologie*. München: dtv.
- Gentner, D. & Stevens, A.L. (Eds.). (1983). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hacker, W. & Sachse, P. (2014). *Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Tätigkeiten* (3. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Heuer, J. (2002). *Mentale Modelle komplexer Prozesse. Möglichkeiten zur Qualifikationsförderung und -erhaltung in Prozessleitwarten durch Simulation und Hypertext-Handbücher*. Kassel: university press.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models. Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge: University Press.
- Kluwe, R.H. (1997). Informationsverarbeitung, Wissen und mentale Modelle beim Umgang mit komplexen Systemen. In K. Sonntag & N. Schaper (Hrsg.), *Störungsmanagement und Diagnosekompetenz. Leistungskritisches Denken und Handeln in komplexen technischen Systemen* (S. 13–38). Zürich: vdf.
- Knauff, M. (2016). Mentales Modell. In M. A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch – Lexikon der Psychologie*. Verfügbar unter: <https://portal.hogrefe.com/dorsch/mentales-modell/>
- Krempel, L. (2005). *Visualisierung komplexer Strukturen. Grundlagen der Darstellung mehrdimensionaler Netzwerke*. Frankfurt/Main: Campus.
- Leutner, D., Opfermann, M. & Schmeck, A. (2014). Lernen mit Medien. In T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 297–322). Weinheim: Beltz.
- Mandl, H. & Fischer, F. (Hrsg.). (2000). *Wissen sichtbar machen. Wissensmanagement mit Mapping-Techniken*. Göttingen: Hogrefe.
- Manzey, D. (2012). Systemgestaltung und Automatisierung. In P. Badke-Schaub, G. Hofinger & K. Lauche (Hrsg.), *Human Factors. Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen. 2. Aufl.* (S. 333–352). Berlin Heidelberg: Springer.
- Martschinke, S. (2001). *Aufbau mentaler Modelle durch bildliche Darstellungen: Eine experimentelle Studie über die Bedeutung der Merkmalsdimensionen Elaboriertheit und Strukturiertheit im Sachunterricht der Grundschule*. Münster: Waxmann.
- Merton, R.K. (1968, January 5). The Matthew Effect in Science. *Science*, 159, 56–63. Retrieved from https://www.unc.edu/~fbaum/teaching/articles/Merton_Science_1968.pdf
- Microsoft (2016, 14. November). Retrieved from <https://www.microsoft.com/microsoft-surface-hub/en-us/product-specs-tech-specs>
- Nückles, M. & Wittwer, J. (2014). Lernen und Wissenserwerb. In T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 225–252). Weinheim: Beltz.
- Roberts, J.C. & Panëels, S. (2007). Where are we with Haptic Visualization?. *Second Joint Euro Haptics Conference, 2007 and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*, 316–323. <https://doi:10.1109/WHC.2007.126>.

- Roberts, J.C. & Panéels, S. (2010). Review of Designs for Haptic Data Visualization. *IEEE Transactions on Haptics*, vol. 3, no 2, 119–137. <https://doi:10.1109/TOH.2009.44>
- Robertson, P.K. (1991). A methodology for choosing data representations. *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 11, no. 3, 56–67. <https://doi:10.1109/38.79454>
- SBB, Schweizerische Bundesbahnen (2014a). *Regelwerk SBB I-30510*. Internes Dokument, nicht verfügbar.
- SBB, Schweizerische Bundesbahnen (2014b). *Benutzerhandbuch MMI-CUS*. Internes Dokument, nicht verfügbar.
- SBB, Schweizerische Bundesbahnen (2014c). *Benutzerhandbuch MMI-KIB*. Internes Dokument, nicht verfügbar.
- SBB, Schweizerische Bundesbahnen (2016, 14. November). Verfügbar unter: <http://www.sbb.ch/sbb-konzern.html>
- Scheiter, K. (2016). Visualisierung. In M. A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch – Lexikon der Psychologie*. Verfügbar unter: <https://portal.hogrefe.com/dorsch/visualisierung/>
- Schnotz, W. (2011). *Pädagogische Psychologie kompakt*. Weinheim: Beltz
- Schreier, M. (2013). Qualitative Forschungsmethoden. In W. Hussy, M. Schreier & G. Echterhoff (Hrsg.), *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor*. Berlin: Springer.
- Schuhmann, H. & Müller, W. (2000). *Visualisierung. Grundlagen und allgemeine Methoden*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Seel, N.M. (1991). *Weltwissen und mentale Modelle*. Göttingen: Hogrefe.
- Ulrich, H. & Probst, G.J.B. (1995). *Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. Ein Brevier für Führungskräfte* (4. Aufl.). Bern: Haupt.
- UZH, Universität Zürich – Methodenberatung (2016, 14. November). Verfügbar unter: <http://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse/deskuniv.html>
- Ware, C. (2013). *Information visualization: perception for design*. (3rd ed.). Elsevier.
- Weidenmann, B. (2008). Bilder in Lernprozessen: mehr wert als tausend Worte? In: J. Zumbach & H. Mandl (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie in Theorie und Praxis* (S. 149–155). Göttingen: Hogrefe.

Anhang

Anhang A, erster Teil: Exploration des Anwendungsgebietes

Folgende Anlagen sind im Anhang A enthalten:

- Interviewleitfaden des halbstandardisierten Interviews
- Aussagekarten zu den Merkmalen komplexer Systeme (A01–A07)

Anhang B, zweiter Teil: Entwicklung der Visualisierung

Folgende Anlagen sind im Anhang B enthalten:

- Entwickelte Visualisierungsform 1: niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung
- Entwickelte Visualisierungsform 2: hohe Elaboriertheit/mit Abbildung

Anhang C, dritter Teil: Wirkungsmessung auf Eignung und Akzeptanz

Folgende Anlagen sind im Anhang C enthalten:

- Instruktionen und Vorlagen für den Pre-Posttest
- Interviewleitfaden des quantitativen Interviews
- Auswertungen der Wirkungsmessung auf Eignung (objektiv)

A Anhang erster Teil: Exploration des Anwendungsgebietes

Folgende Anlagen sind im Anhang A enthalten:

- Interviewleitfaden des halbstandardisierten Interviews
- Aussagekarten zu den Merkmalen komplexer Systeme (A01–A07)

Interviewleitfaden



Fachhochschule
Nordwestschweiz

Leitfaden halbstandardisiertes Interview – InfoSpez

Einstieg

Vielen Dank, dass Du Dir Zeit für dieses Interview nimmst.

Begrüssung mit kurzer Vorstellung der Interviewerin

- *Name und Vorname*
- *Von wo ich bin:* Ich bin im Masterstudium der Arbeits- und Organisationspsychologie an der Fachhochschule Nordwestschweiz. Zudem arbeite ich an der FHNW selbst im Team von Katrin Fischer. Letztes Jahr arbeitete ich im Rahmen eines Praktikums bei der SBB, bei I-B-APM im Bollwerk in Bern.
- *Weshalb bin ich hier:* Zurzeit bin ich an meiner Masterarbeit zum Thema: Aufbau mentaler Modelle durch aktive Visualisierung komplexer technischer Systeme. Konkreter gesagt werde ich eine Visualisierung der technischen Systeme erarbeiten, mit denen Du als InfoSpez bei Deiner Arbeit zu tun hast.

Beschreibung des Zwecks und des Interviews.

- Ich möchte versuchen zu verstehen, wie Deine Arbeit als InfoSpez aussieht.
- Mich interessiert vor allem, was deine Aufgaben sind, welches deine typischen Arbeiten als InfoSpez sind (Bedienfälle). Was mich dabei auch interessiert sind Sachen, die dir evtl. etwas Mühe bereiten oder die du nicht gut findest.
- Die bei Dir gewonnenen Erkenntnisse werde ich dazu nutzen, wenn es darum geht, eine Visualisierung zu erarbeiten, die im besten Fall helfen soll, besser mit dem technischen System arbeiten zu können und die Zusammenhänge besser oder einfacher zu verstehen.
- Es geht im Interview also nicht darum, deine Arbeitsweise zu dokumentieren oder zu bewerten.

Ablauf und Vertraulichkeit

- Das Interview dauert etwa 90 Minuten und ist dreiteilig: erster Teil mit den **persönlichen Angaben**, im zweiten Teil geht es um **typische Aufgaben und Handlungen** und im dritten und letzten Teil komme ich zu den **Herausforderungen bei der Arbeit mit technischen Systemen**.
- Ich werde während dem Interview Notizen machen.
- Bist du damit einverstanden, dass ich das **Interview aufzeichnen** werde? Dies würde mir das Auswertung erleichtern. Das Interview wird anonymisiert verwendet und die Aufnahme danach gelöscht.
- Falls ich mich während des Gesprächs mal nicht verständlich ausgedrückt habe, bitte ich Dich einfach nachzufragen.
- Die Informationen werden vertraulich behandelt, das heisst Deine Aussagen werden verschriftlicht, ohne Bezug zur Person oder zum Arbeitsort.
- Konnte ich Dir den Ablauf verständlich aufzeigen?
- Dann würden wir jetzt ins Interview einsteigen und die **Aufnahme starten...**

Interview

Datum:

Persönliche Angaben

1. Bezeichnung der Funktion/Rolle:

.....

2. Wie lange in der Rolle als InfoSpez:

..... Jahre als ZVL Junior

..... Jahre als TVL Professional

3. Berufserfahrung:

..... Jahre in der SBB

..... Jahre in der Rolle als InfoSpez

..... Jahre an diesem Arbeitsort in der BZ Ost

4. Alter:Jahre

5. Geschlecht der befragten Person:

männlich weiblich

Aufgaben/Bedienfälle

Fragestellung 1: Welche Bedienfälle tätigt ein InfoSpez und wie sehen die konkreten Handlungen dazu aus?

Ziel InfoSpez: Sicherstellung der Kommunikation der Kunden auf den Bahnhöfen

6. Welche Hauptaufgaben (Bedienfälle, mit Ziel) bearbeitest Du in deiner Funktion als InfoSpez?

-
-
-
-
-
-
-
-
-
-

Liste zu Frage 6

Folgende Aufgaben stammen aus einer früheren Erhebung der FHNW bei den ZVL und InfoSpez. Gehören Aufgaben aus dieser Liste auch zu Deinen Hauptaufgaben als Info Spez? Ankreuzen

- Betriebslagemonitor (BML) überwachen
- Anzeigen auf Perron managen
- Zugsausfall bearbeiten
- Zugsverspätungen managen
- Management von Störungen und Notfallsituationen

6.1 Welche dieser Aufgaben sind Deiner Meinung nach die drei typischsten? (mit ☒ markieren)

6.2 Welche dieser Aufgaben sind Deiner Meinung nach die drei wichtigsten? (mit ☒ markieren)

Ausfüllen auf dem separaten Blatt «Typische Bedienfälle/Aufgaben der Rolle InfoSpez»
Die wichtigen/typischen Aufgaben aus Frage 6 nehmen

7. Bitte beschreibe mir den Informationsfluss bei Deinen drei wichtigsten, respektive typischsten Aufgaben/Bedienfällen als InfoSpez: Woher kommen die Informationen, was machst du mit ihnen (Handlung), was bewirken sie?

8. Stell Dir vor, ein Zug, beispielsweise der Cisalpino, hat Verspätung und kommt in Deinen Bereich. Wie erkennst Du, dass der Zug Verspätung hat und was musst Du dann tun?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Komplexität

Fragestellung 2: Welches sind die Aspekte, die für den Benutzer (InfoSpez) die Komplexität der Systemzusammenhänge ausmachen?

Öffnende Frage

9. Stell dir vor, Du beginnst in Kürze deine Tour als InfoSpez. Was sind Deine Gedanken, wenn Du an die bevorstehende Arbeit denkst?

.....
.....
.....
.....

Technische Systeme können komplex sein, d.h. es hat viele Komponenten, die voneinander abhängig sind und sich gegenseitig beeinflussen. Ich möchte Dir nun sieben Aussagen aus der Literatur zu Merkmalen solcher komplexen Systeme zeigen. Dazu stelle ich jeweils Fragen, ob es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch gibt und ob allenfalls Probleme auftreten.

Aussagekarten bereithalten und zu den entsprechenden Fragen zeigen.

Beim Nachfragen zu XX.3 die wichtigen/typischen Aufgaben aus Frage 6 nehmen.

Informationsmenge/Komplexität

10. Eine Vielzahl voneinander abhängigen Komponenten erzeugt eine grosse Informationsmenge.

10.1 Gibt es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch?

.....

10.2 Wo gibt es das?

.....
.....

10.3 Was kann es dabei für Probleme geben?

Bsp.: Schwierigkeiten beim Erkennen und Beschaffen (wie, wo) von relevanten/nötigen Informationen für einen Eingriff


.....
.....


10.4 Wie gut kommst Du damit zurecht? Auf Aussagekarten zeigen.


Stell Dir dazu bitte eine Ampel vor: **grün**: bereitet mir bei meiner Arbeit keine Schwierigkeiten;

orange: es geht so; **rot**: bereitet mir bei meiner Arbeit Schwierigkeiten

Schwierigkeit: etwas, was der Verwirklichung eines Vorhabens o.Ä. im Wege steht und nicht ohne Weiteres zu bewältigen ist

 keine Schwierigkeiten

 es geht so

 Schwierigkeiten

Bei Bewertung orange/rot

10.5 Was würde Dir helfen, damit es weniger schwierig wird?

.....

Vernetztheit 1

11. Ein Eingriff in einem Teil des Systems hat Auswirkungen auf andere Teile und wirkt nicht nur isoliert.

11.1 Gibt es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch?

.....

11.2 Wo gibt es das?

.....

11.3 Was kann es dabei für Probleme geben?

Bsp.: Kann nachvollzogen werden, welche Auswirkungen dieser Eingriff auf andere Teile/Aspekte des Systems hat?

.....

.....

11.4 Wie gut kommst Du damit zurecht? Auf Aussagekarten zeigen.

Stell Dir dazu bitte eine Ampel vor: **grün**: bereitet mir bei meiner Arbeit keine Schwierigkeiten;
orange: es geht so; **rot**: bereitet mir bei meiner Arbeit Schwierigkeiten

 keine Schwierigkeiten  es geht so  Schwierigkeiten

Bei Bewertung orange/rot

11.5 Was würde Dir helfen, damit es weniger schwierig wird?

.....

Vernetztheit 2

12. Oft ist bei Eingriffen nicht bekannt, welche Komponenten beteiligt sind und wie sie miteinander vernetzt sind.

12.1 Gibt es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch?

.....

12.2 Wo gibt es das?

.....

12.3 Was kann es dabei für Probleme geben?

Bsp.: Von wo kommt die Info, wohin geht sie. Welche Komponenten erhalten Inputs, welche generieren Outputs

.....

.....

12.4 Wie gut kommst Du damit zurecht? Auf Aussagekarten zeigen.

Stell Dir dazu bitte eine Ampel vor: **grün**: bereitet mir bei meiner Arbeit keine Schwierigkeiten;
orange: es geht so; **rot**: bereitet mir bei meiner Arbeit Schwierigkeiten

 keine Schwierigkeiten  es geht so  Schwierigkeiten

Bei Bewertung orange/rot

12.5 Was würde Dir helfen, damit es weniger schwierig wird?

.....

Dynamik 1

13. Das System verändert sich, auch ohne dass ein Eingriff vorgenommen wird.

13.1 Gibt es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch?

.....

13.2 Wo gibt es das?

.....

13.3 Was kann es dabei für Probleme geben?

Bsp.:

.....

.....

13.4 Wie gut kommst Du damit zurecht? Auf Aussagekarten zeigen.

Stell Dir dazu bitte eine Ampel vor: **grün**: bereitet mir bei meiner Arbeit keine Schwierigkeiten;
orange: es geht so; **rot**: bereitet mir bei meiner Arbeit Schwierigkeiten

 keine Schwierigkeiten  es geht so  Schwierigkeiten

Bei Bewertung orange/rot

13.5 Was würde Dir helfen, damit es weniger schwierig wird?

.....

Dynamik 2

14. Da sich das System auch ohne zutun ständig verändert, muss versucht werden zu verstehen, wohin sich das Ganze entwickeln wird (Entwicklungstendenz).

14.1 Gibt es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch?

.....

14.2 Wo gibt es das?

.....

.....

14.3 Was kann es dabei für Probleme geben?

Bsp.: Schwierigkeiten beim Erkennen des Systemzustandes für einen Eingriff nach einer längeren eingriffsfreien Zeit

.....

.....

14.4 Wie gut kommst Du damit zurecht? Auf Aussagekarten zeigen.

Stell Dir dazu bitte eine Ampel vor: **grün**: bereitet mir bei meiner Arbeit keine Schwierigkeiten;
orange: es geht so; **rot**: bereitet mir bei meiner Arbeit Schwierigkeiten

 keine Schwierigkeiten  es geht so  Schwierigkeiten

Bei Bewertung orange/rot

14.5 Was würde Dir helfen, damit es weniger schwierig wird?

.....

Intransparenz 1

15. Das System ist oft nicht durchschaubar, Komponente und Verknüpfungen zwischen einzelnen Elementen bleiben vage und unbekannt.

15.1 Gibt es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch?

.....

15.2 Wo gibt es das?

.....
.....

15.3 Was kann es dabei für Probleme geben?

Bsp.:

.....

15.4 Wie gut kommst Du damit zurecht? Auf Aussagekarten zeigen.

Stell Dir dazu bitte eine Ampel vor: **grün**: bereitet mir bei meiner Arbeit keine Schwierigkeiten;
orange: es geht so; **rot**: bereitet mir bei meiner Arbeit Schwierigkeiten

 keine Schwierigkeiten  es geht so  Schwierigkeiten

Bei Bewertung orange/rot

15.5 Was würde Dir helfen, damit es weniger schwierig wird?

.....

Intransparenz 2

16. Entscheide müssen gefällt werden, obwohl viele Informationen nur teilweise bekannt sind und diese oft auch noch unscharf oder unklar sind.

16.1 Gibt es das bei Deiner Arbeit als InfoSpez auch?

.....

16.2 Wo gibt es das?

.....

16.3 Was gibt es dabei für Probleme?

Bsp.: Wo liegt die Herausforderung beim Umgang mit unvollständigen, unklaren Informationen

.....
.....

16.4 Wie gut kommst Du damit zurecht? Auf Aussagekarten zeigen.

Stell Dir dazu bitte eine Ampel vor: **grün**: bereitet mir bei meiner Arbeit keine Schwierigkeiten;
orange: es geht so; **rot**: bereitet mir bei meiner Arbeit Schwierigkeiten

 keine Schwierigkeiten  es geht so  Schwierigkeiten

Bei Bewertung orange/rot

16.5 Was würde Dir helfen, damit es weniger schwierig wird?

.....

17. Welche drei Aussagen wirken sich am stärksten auf Deine Arbeit als InoSpez aus?

Aus den sieben Aussagekarten drei auswählen lassen. Keine Rangierung der drei gewählten Karten.

Schluss

17. Wir sind am Ende des Interviews angekommen. Möchtest Du noch etwas sagen, was wir noch nicht angesprochen haben und das Dir wichtig ist?

.....
.....
.....
.....

Vielen Dank, dass Du Dir Zeit für dieses Interview genommen hast!

Aufnahme beenden.

Separates Blatt zu Frage Nummer 7 des Leitfadens

Typische Bedienfälle /Aufgaben der Rolle InfoSpez		Vorname und Name:
Funktion (zutreffendes markieren): ZVL Junior • ZVL Professional • ZVL Senior		Datum:
		Blattnr:
Folgende Hauptaufgabe hast du als typisch/wichtig bezeichnet: 		
Bitte beschreibe diese Aufgabe aufgeteilt in die folgenden drei Phasen:		
Woher kommen die Informationen: <div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 200px; margin-top: 5px;"></div>	Was macht der InfoSpez mit den Informationen (konkrete Handlung): <div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 200px; margin-top: 5px;"></div>	Wohin gehen die Infos/was bewirken sie: <div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 200px; margin-top: 5px;"></div>
Bemerkungen zum Bedienfall/zur Aufgabe: <div style="background-color: #cccccc; width: 100%; height: 40px; margin-top: 5px;"></div>		

Aussagekarten zu den Merkmalen komplexer Systeme (A01–A07)

Welche drei Aussagen wirken sich am stärksten auf Deine Arbeit als InoSpez aus?	Das System ist oft nicht durchschaubar, Komponente und Verknüpfungen zwischen einzelnen Elementen bleiben vage und unbekannt. <small>A06, F15, Intransparenz</small>
Eine Vielzahl voneinander abhängigen Komponenten erzeugt eine grosse Informationsmenge. <small>A01, F10, Informationsmenge</small>	Entscheide müssen gefällt werden, obwohl viele Informationen nur teilweise bekannt sind und diese oft auch noch unscharf oder unklar sind. <small>A07, F16, Intransparenz</small>
Ein Eingriff in einem Teil des Systems hat Auswirkungen auf andere Teile und wirkt nicht nur isoliert. <small>A02, F11, Vernetztheit</small>	
Oft ist bei Eingriffen nicht bekannt, welche Komponenten beteiligt sind und wie sie miteinander vernetzt sind. <small>A08, F12, Vernetztheit</small>	
Das System verändert sich, auch ohne dass ein Eingriff vorgenommen wird. <small>A04, F13, Dynamik</small>	
Da sich das System auch ohne zutun ständig verändert, muss versucht werden zu verstehen, wohin sich das Ganze entwickeln wird. <small>A05, F14, Dynamik</small>	

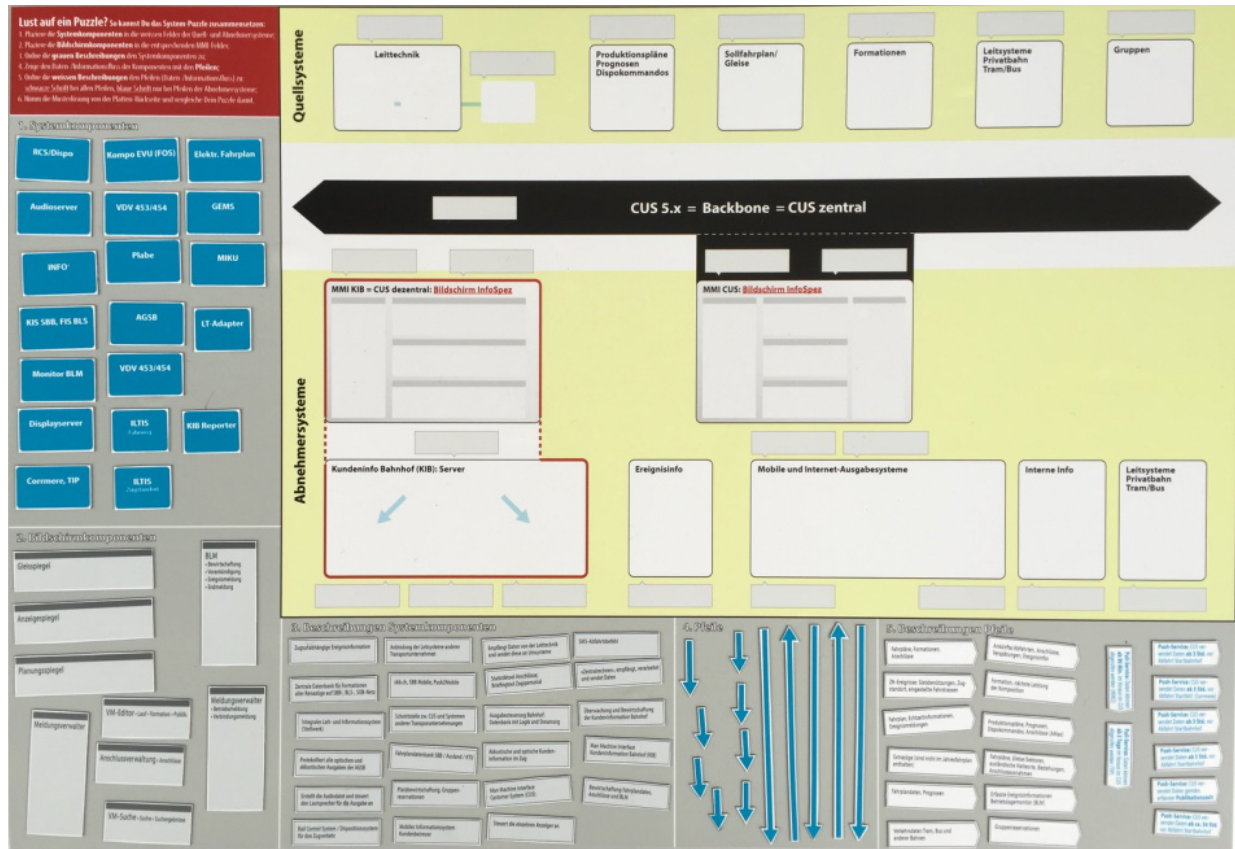
B Anhang zweiter Teil: Entwicklung der Visualisierung

Folgende Anlagen sind im Anhang B enthalten:

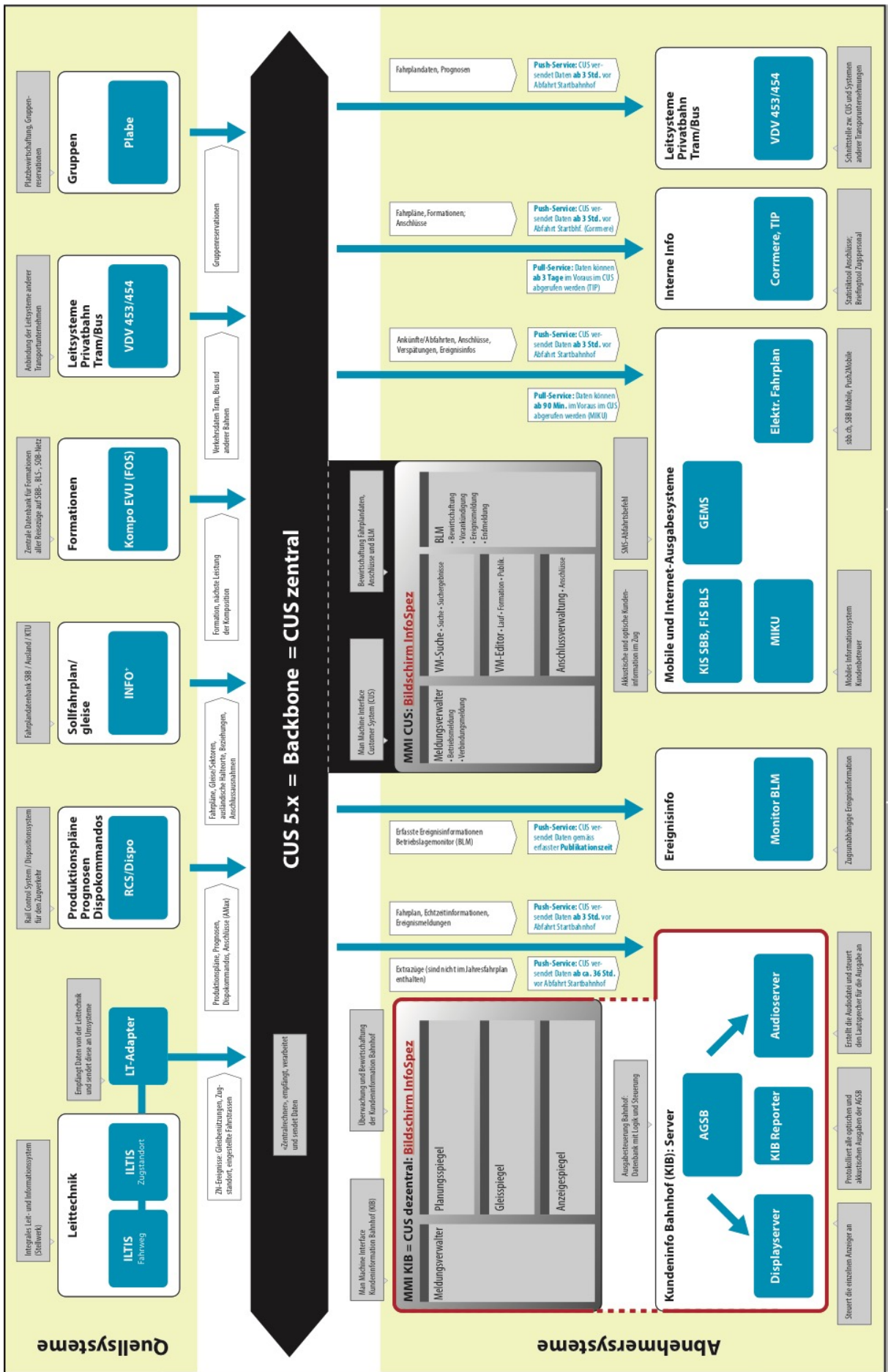
- Entwickelte Visualisierungsform 1: niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung
- Entwickelte Visualisierungsform2: hohe Elaboriertheit/mit Abbildung

Visualisierungsform 1: niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung

Ausgangsposition

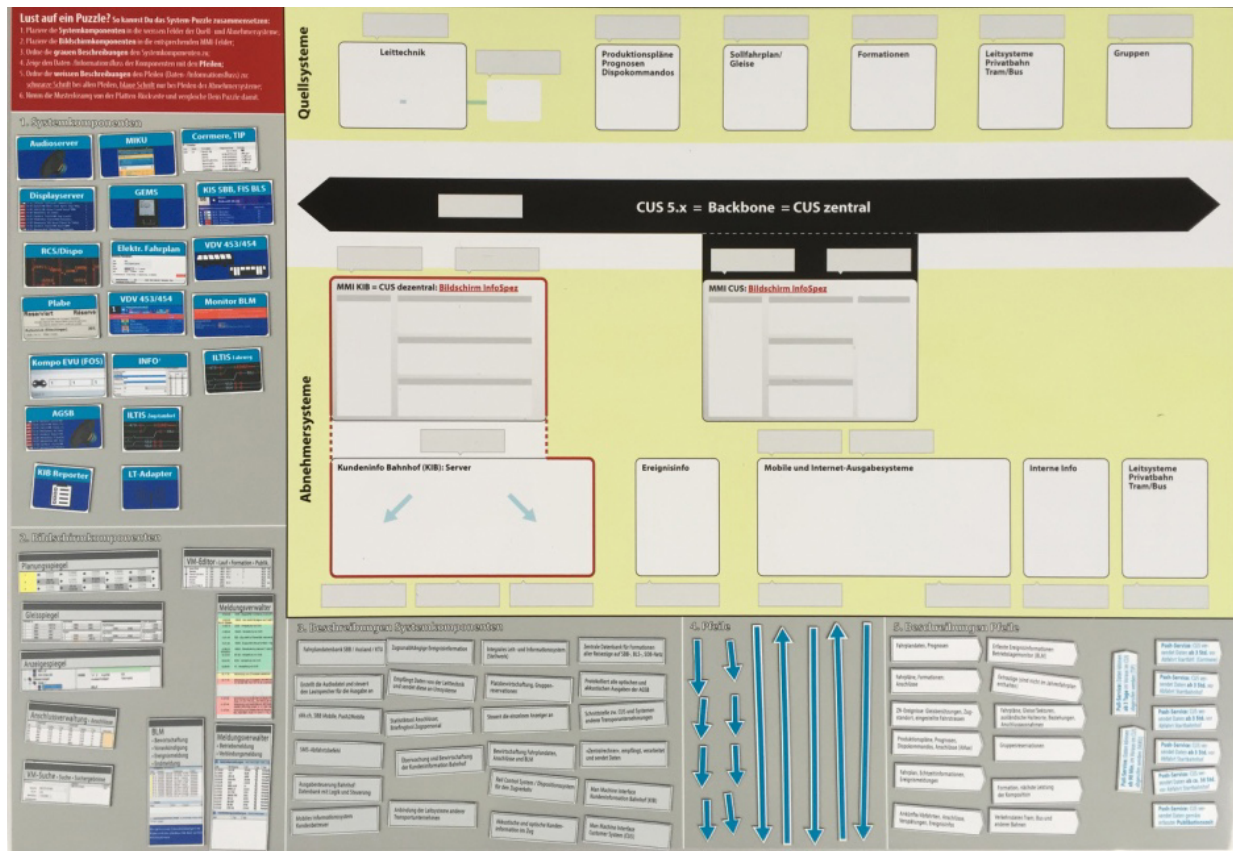


Illustratordatei niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung

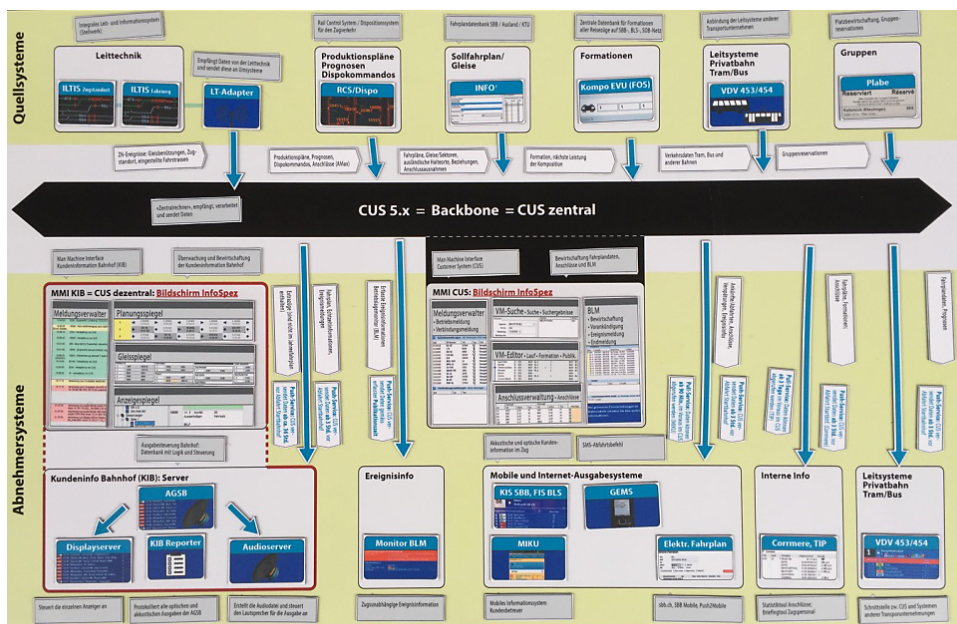


Visualisierungsform 2: hohe Elaboriertheit/mit Abbildung

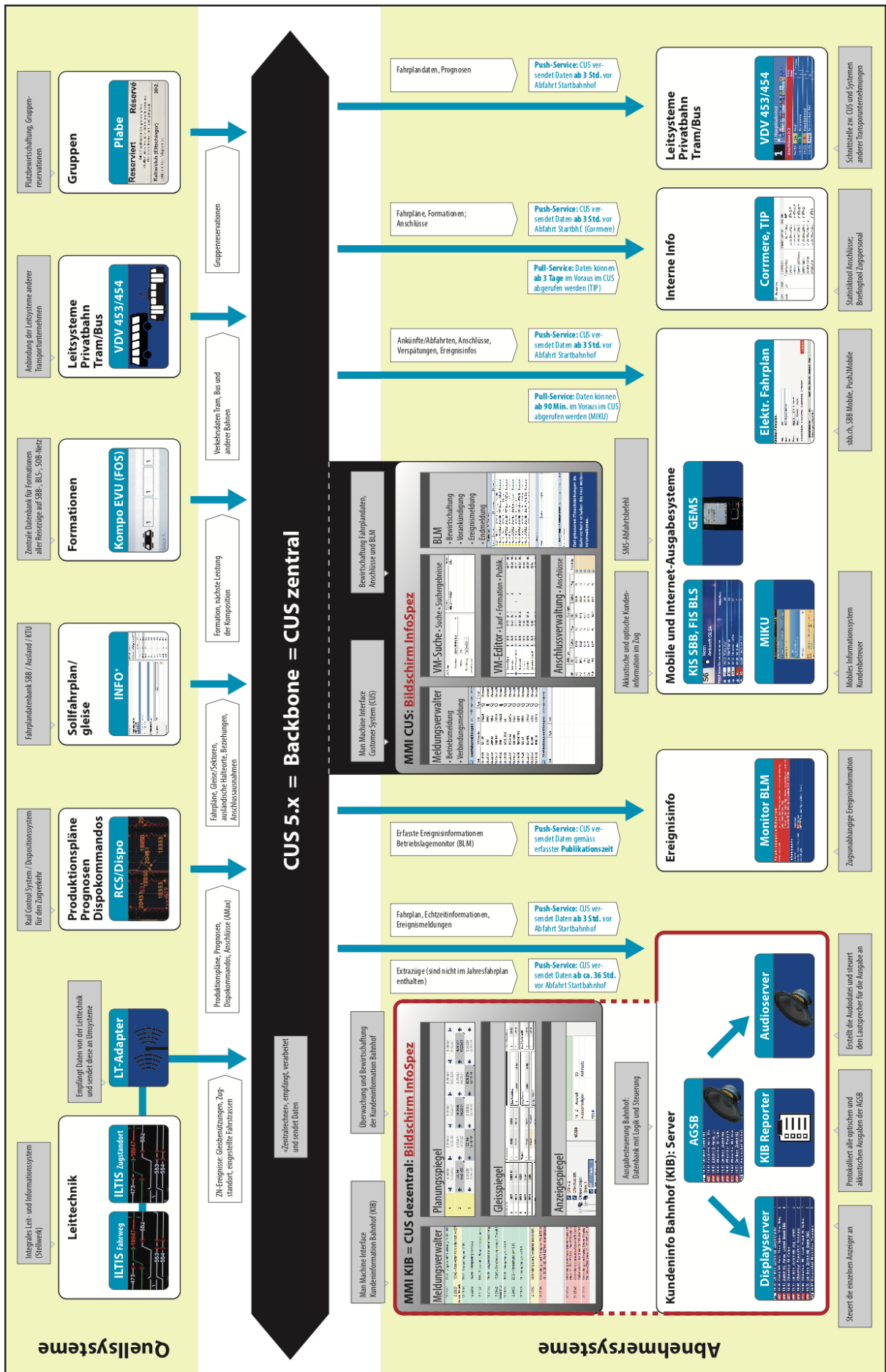
Ausgangsposition



Zusammengesetzte Visualisierung



Illustratordatei hohe Elaboriertheit/mit Abbildung



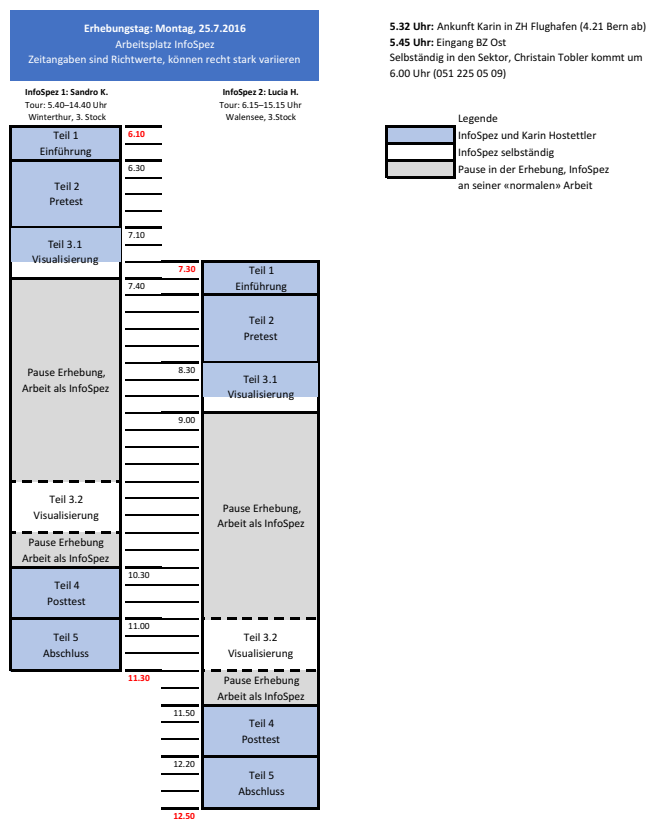
C Anhang dritter Teil: Wirkungsmessung auf Eignung und Akzeptanz

Folgende Anlagen sind im Anhang C enthalten:

- Instruktionen und Vorlagen für den Pre-Posttest
- Interviewleitfaden des quantitativen Interviews
- Auswertungen der Wirkungsmessung auf Eignung (objektiv)

Instruktionen und Vorlagen für den Pre-Posttest

Ungefährer Ablaufplan zur Information der VPn



Vorgehensplan und Übersicht

Erhebung der Messung auf Eignung und Akzeptanz Vorgehen und Übersicht

VL = Versuchsleiterin, VPN = Versuchsperson
Zeitbedarf gesamte Erhebung: 4h 00' bis 5h 00'
Zeitbedarf reine Testzeit: 3h 00'

Teile der Erhebung	Inhalt	Wer / Material	Zeit
Teil 1 Begrüssung und Einführung, persönliche Angaben	<ul style="list-style-type: none"> Warum ich da bin: MA. Visualisierung entwickelt, damit die InfoSpez Systemzusammenhänge der technischen Systeme besser begreifen können. Visualisierung wird getestet nicht InfoSpez Ablauf erläutern 	VL und VPN Word 01 PPT 01	20'
Teil 2 Pretest: Freies Zeichnen Wenn-Dann-Aussagen	<ul style="list-style-type: none"> Freies Zeichnen (erinnern). Ein A3 ist dreigeteilt: oberster Drittel für Quellsysteme, mittig der Backbone, unterstes Drittel die Abnehmersysteme. VPN wird aufgefordert Systemkomponenten die er kennt in die entsprechenden Bereiche zu kleben. Dann auch Beschreibungen und Datenfluss inkl. Beschreibungen. → Liste mit den 20 Systemkomponenten darbiegen plus auf Post-it. Alle 8 Wenn-Dann-Aussagen (werden im Posttest nochmals abgefragt). 	VL führt ein, gibt beim Zeichnen immer wieder Folge-Anweisungen VPN zeichnet. Bei den Wenn-Dann-Aussagen selbstständiges arbeiten. Word 02, Vorgehenstext plus Vorlage Word 02_04, Wenn-Dann-Aussagen	40'
Teil 3 Treatment: 1. Übungseinheit mit Visualisierung, Expertenlösung	<ul style="list-style-type: none"> InfoSpez bekommt Visualisierung zum ersten Mal zu sehen, VL führt ein. Dann kann er üben, indem er versucht das Systempuzzle zusammen zu setzen. Expertenlösung wird verdeckt dargeboten, InfoSpez selbst kann wählen, wann er sie zur Fertigstellung wenden und einsetzen möchte. Ziel erklären: Verstehen der Komponenten, Datenflüsse und Zusammenhänge Visualisierung mit den verschiedenen Einzelteilen erklären. <i>Direkt an Pretest, keine Pause</i> 	VL führt ein VPN arbeitet dann selbständig Visualisierung Print Expertenlösung (mit oder ohne Bild)	ca. 30'
Pause lang	<ul style="list-style-type: none"> Visualisierung kommt weg. InfoSpez geht zurück an seine Arbeit. 	-	mind. 1h max. 2h
Teil 3 Treatment: 2. Übungseinheit mit Visualisierung, Expertenlösung	<ul style="list-style-type: none"> VPN kann ein zweites Mal üben. 	Analog Teil 3 oben	Ca. 30'
Pause kurz	<ul style="list-style-type: none"> Visualisierung kommt weg. InfoSpez geht zurück an seine Arbeit. 	-	mind. 15'
Teil 4 Posttest: Freies Zeichnen Wenn-Dann-Aussagen	<ul style="list-style-type: none"> InfoSpez muss analog Pretest ein A3 ausfüllen Alle 8 Wenn-Dann-Aussagen (andere Reihenfolge als im Pretest). 	Analog Pretest VL führt ein, gibt beim Zeichnen immer wieder Folge-Anweisungen VPN zeichnet. Bei den Wenn-Dann-Aussagen selbstständiges arbeiten.	30'
Teil 5 Fragebogen mündlich	<ul style="list-style-type: none"> Fragebogen auf Eignung der Visualisierung und Akzeptanz. <i>Direkt an Posttest</i> 	VL mit VPN Word 05, Fragebogen	30'

Teil 1: Begrüssung und Einführung, persönliche Angaben

Vielen Dank, dass Du Dich für die Erhebung zur Verfügung stellst!

Begrüssung mit kurzer Vorstellung der Versuchsleitung (VL)

- *Name und Vorname*
- *Von wo ich bin:* Ich bin im Masterstudium der Arbeits- und Organisationspsychologie an der Fachhochschule Nordwestschweiz. Zudem arbeite ich an der FHNW selbst im Team von Katrin Fischer. Letztes Jahr arbeitete ich im Rahmen eines Praktikums bei der SBB, bei I-B-APM im Bollwerk in Bern. Und von hier stammt auch mein Auftrag für die Masterarbeit

Warum ich hier bin (Ausgangslage und Auftrag).

- Problemstellung: InfoSpez haben zwei Rollen, ZVL und InfoSpez; in der Ausbildung wird InfoSpez wenig behandelt; oft längere Zeit nicht in der Rolle als InfoSpez tätig; Viele System-Updates; → Erzeugt Unsicherheit woher Infos kommen, was Handlungen bewirken, wie die Sachen zusammenhängen.
- Auftrag: Entwicklung einer Visualisierung von Systemzusammenhängen, mit der sich der InfoSpez auseinandersetzen kann. Dadurch sollen bessere mentale Modelle aufgebaut werden können, auf die der InfoSpez bei seiner Arbeit zurückgreifen kann. Umsetzung soll spielerisch sein.
- Nun, die Visualisierung ist entwickelt. Dazu habe ich Interviews mit InfoSpez geführt und war in engem Kontakt mit Fachspezialisten des KIB.
- Nun muss ich noch wissen, ob meine Visualisierung den Effekt hat, den sie haben soll. Und dazu bin ich heute hier. Es geht also darum, ob meine Visualisierung so wirkt, wie ich es geplant habe und es geht überhaupt nicht darum, dich und dein Wissen zu testen.
- Die Visualisierung ist auch so angelegt, dass sie deutlich mehr Informationen enthält, als du in deiner alltäglichen Arbeitstätigkeit als InfoSpez benötigst.

Ablauf der Erhebung und Vertraulichkeit

(Das Vorgehen liegt auf einem A4 ausgedruckt vor, damit die VPn immer weiss, wo wir sind)

- Die Erhebungszeit dauert **knapp 3 Stunden**. Dazwischen kommt noch eine längere Pause in der Erhebung, in der Du «ungestört durch mich» deine Arbeit als InfoSpez ausüben kannst.
- Teil 1: da sind wir bereits dabei, die **Begrüssung und Einführung**. Hier stelle ich Dir auch noch einige Fragen zu Deiner Person, wie z.B. Berufserfahrung.
Teil 2: Pretest. Hier geht es darum, dein Vorwissen abzuholen, damit ich später sagen kann, die Veränderung des Wissens ist durch meine Visualisierung entstanden.
Teil 3.1: Treatment, d.h. das Anwenden meiner Visualisierung, keine Messung. 1. Übungseinheit
Pause: zurück an deine Arbeit als InfoSpez.
- Teil 3.2: Treatment, d.h. das Anwenden meiner Visualisierung, keine Messung. 2. Übungseinheit.
Teil 4: Posttest. Ich muss wissen, ob das Arbeiten mit der Visualisierung etwas gebracht hat. Darum muss ich hier nochmals dein Wissen abholen.
Teil 4: Fragebogen mündlich. Zum Schluss möchte ich mit dir ein Gespräch führen, wie das so war mit der Visualisierung zu arbeiten. Dazu habe ich Fragen vorbereitet.
- Vor den jeweiligen Teilen werde ich genau sagen, was zu tun ist.
- Die Informationen werden vertraulich behandelt, das heisst Deine Aussagen werden verschriftlicht, ohne Bezug zur Person oder zum Arbeitsort.
- Konnte ich Dir den Ablauf verständlich aufzeigen?
- Dann **starten wir am besten**.

Einführung

Datum:, VPN-Nr.:

- Visualisierung Ausprägung 1 (nur Text)
- Visualisierung Ausprägung 2 (mit Bild)

Persönliche Angaben

1. Bezeichnung der Funktion/Rolle:

.....

2. Berufserfahrung:

..... Jahre in der SBB

..... Jahre in der Rolle als InfoSpez (ZVL Junior und ZVL Professional)

..... Jahre an diesem Arbeitsort in der BZ Ost

3. Bildungsabschluss:

Welchen höchsten Bildungsabschluss hast Du erworben?

- obligatorische Schule, 10 Schuljahr
- Berufsbildung, Berufslehre
- Berufs-/Fachmaturität
- Höhere Berufsschule (eidg. Diplom)
- Fachhochschule, PH, Universität
- andere

4. Alter:Jahre

5. Geschlecht der befragten Person:

- männlich
- weiblich

Instruktion für den Pretest, mündlich mitgeteilt. Posttest identisch.

Teil 2: Vorgehen Pretest

5. Juli 2016

A4 mit Visualisierungshilfe: Hier siehst Du CUS, also den Backbone (CUS zentral).

Es gibt Systemkomponenten, deren Daten ins CUS fließen. Das sind **Quellsysteme**.

Dann gibt es Systemkomponenten, die Daten von CUS Daten erhalten. Das sind **Abnehmersysteme**

A4 mit Systemkomponenten: Hier siehst Du Systemkomponenten. Links als Übersicht, rechts einzeln auf Post-IT.

- Bitte klebe als erstes die Systemkomponenten in die Vorlage.
Diejenigen, deren Daten zu CUS fließen bei den Quellsystemen, diejenigen die Daten von CUS erhalten bei den Abnehmersystemen.
Am besten nebeneinander und nicht untereinander.
Klebe bitte nur diejenigen ein, die dir etwas sagen, die anderen lässt du einfach sein.
- Kannst du die Systemkomponenten beschreiben? Fallen dir bestimmte Merkmale zu ihnen ein?
Beispiel: Cormere, TIP: Statistiktool Anschlüsse, Briefingtool Zugspersonal
Dann schreib dies bitte zu den Systemkomponenten dazu.
Grüner Stift
- Daten/Informationen fließen von den Systemkomponenten weg ins CUS, respektive vom CUS zu ihnen hin.
Wenn Du magst, kannst du Pfeile einzeichnen, um die Richtung des Daten-/Informationsflusses zu kennzeichnen.
Nun möchte ich wissen, was für Daten/Informationen fließen bei den Pfeilen?
Falls Du etwas weißt, schreibe es bitte dazu.
Beispiel Cormere, TIP: Fahrpläne, Formationen, Anschlüsse.
Roter Stift

Das war es auch schon mit dem Zeichnen. **VIELEN DANK!**

Und nun noch einige Wenn-Dann-Aussagen zum Bewerten...

Vorbereitete Liste der Systemkomponenten, ergänzt mit identischen Post-IT

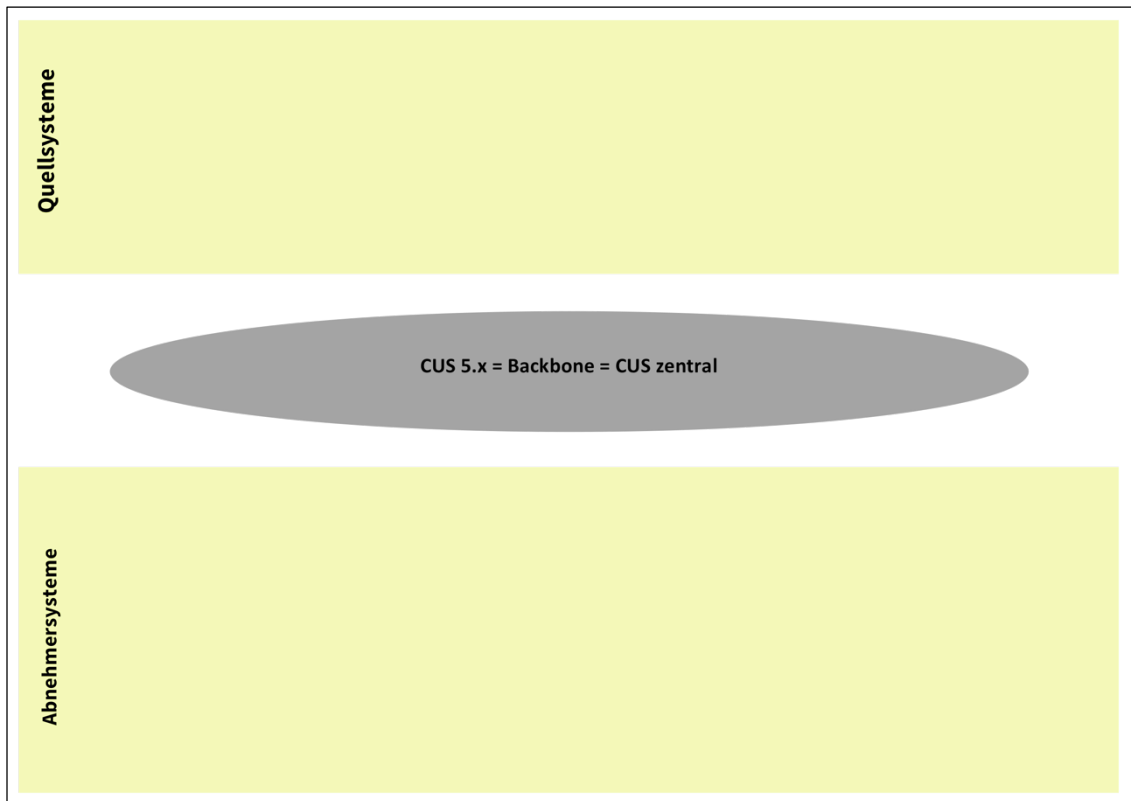
Systemkomponenten

5. Juli 2016

Hier siehst Du alphabetisch geordnet verschiedene Systemkomponenten.

AGSB
Audioserver
Cormere, TIP
CUS = Backbone = CUS zentral
Displayserver
Elektronischer Fahrplan
GEMS
ILTIS, Fahrweg und Zugstandort
INFO+
KIB Reporter
KIS SBB, FIS BLS
Kompo EVU (FOS)
LT-Adapter
MIKU
Monitor BLM
Plabe
RCS/Dispo
VDV 453/454
VDV 453/454

Printvorlage (A3) für Pretest. Die vorgeschriebenen Post-it mussten hier platziert werden. Posttest war identisch.



Wenn-Dann-Aussagen des Pretests. Posttest war identisch, aber mit veränderter Reihenfolge.

5. Juli 2016

Teil 4: Wenn-Dann-Aussagen

Stand Juni 2016

Nachfolgend findet Ihr **acht Aussagen**. Sie sind in der Wenn-Dann-Form gehalten. Bitte lest die Aussagen durch und kreuzt dann jeweils an, ob die Aussagen eurer Meinung nach stimmen oder nicht stimmen. Kreuzt auch an, wie sicher Ihr Euch mit der Antwort seid.

Aussage 1:

Wenn im CUS bei einem Extrazug 23h im Voraus ein Gleissektor zugewiesen wird, beispielweise Gleis 7, A und B, dann ist diese Anpassung im KIB sofort sichtbar.

- stimmt Ich bin mir meiner Antwort sicher
 stimmt nicht Ich bin mir meiner Antwort nicht sicher

Aussage 2:

Wenn ein Zug als normale Verspätung im KIB erfasst wird, dann wird das im Online-Fahrplan angezeigt.

- stimmt Ich bin mir meiner Antwort sicher
 stimmt nicht Ich bin mir meiner Antwort nicht sicher

Aussage 3:

Wenn die Wagenlenkung im CERES via Kompo-EVU eine geänderte Formation 2h vor Abfahrt an CUS liefert, dann muss der InfoSpez zwingend in CUS anpassen, damit die Formationsänderung am Perronanzeiger korrekt dargestellt und in der Akkustik auf die Formationsänderung hingewiesen wird.

- stimmt Ich bin mir meiner Antwort sicher
 stimmt nicht Ich bin mir meiner Antwort nicht sicher

Aussage 4:

Ein Zug hat einen erfassten ao Halt. Wenn der ao Halt kurzfristig im RCS Dispo gelöscht wird, weil der Halt nicht mehr nötig ist, dann hat dies auf die KI keinen Einfluss. Der ao Halt kann in RCS ohne Auswirkungen gelöscht werden.

- stimmt Ich bin mir meiner Antwort sicher
 stimmt nicht Ich bin mir meiner Antwort nicht sicher

Aussage 5:

Wenn in CUS zwei Minuten vor der Ankunft eine Anschlussmeldung ergänzt oder gekürzt wird, dann wird dies durch das ZP via Miku nicht an die Reisenden kommuniziert.

- stimmt Ich bin mir meiner Antwort sicher
 stimmt nicht Ich bin mir meiner Antwort nicht sicher

Aussage 6:

Wenn im KIB manuell ein Zug CUS-übersteuert und eine Gleisänderung vorgenommen wurde und zu einem späteren Zeitpunkt im CUS eine Gleisänderung vorgenommen wird (via LT-Adapter oder durch User), dann wird diese Gleisänderung im KIB verarbeitet und im Online-Fahrplan ausgegeben.

- stimmt Ich bin mir meiner Antwort sicher
 stimmt nicht Ich bin mir meiner Antwort nicht sicher
-

Aussage 7:

Wenn im KIB kurzfristig eine Anschlussmeldung ergänzt oder gekürzt wird, dann wird dies in der Fahrzeugplattform KIS angezeigt.

stimmt

Ich bin mir meiner Antwort sicher

stimmt nicht

Ich bin mir meiner Antwort nicht sicher

Aussage 8:

Wenn das Zugpersonal (ZP) vor Ankunft in einem Bahnhof eine Durchsage macht: «Ausstieg in Fahrtrichtung links», der Ausstieg dann aber effektiv rechts ist, dann wurde im KIB eine manuelle Gleisänderung vorgenommen.

stimmt

Ich bin mir meiner Antwort sicher

stimmt nicht

Ich bin mir meiner Antwort nicht sicher

Expertenlösung für den Pre-Posttest

Gruppen (weisse Kästen im Puzzle, hier blau)	Systemkomponenten	Quell-/ Abnehmer- systeme	Beschreibungen (Attribute) der Systemkomponenten	Beschreibung Datenfluss schwarz (Quell- und Abnehmersysteme)
3/3=100%	18/18 = 100%	18/18 = 100%	18/18 = 100%	12/12 = 100%
1 Leittechnik	ILTIS, Fahrweg und Zugstandort	Quellsystem	Integrales Leit- und Informationssystem (Stellwerk)	ZN-Ereignisse: Gleisbenützigungen, Zugstandort, eingestellte Fahrstrassen
2	LT-Adapter	Quellsystem	Empfängt Daten von der Leittechnik und sendet diese an Umsysteme	ZN-Ereignisse: Gleisbenützigungen, Zugstandort, eingestellte Fahrstrassen
3 Produktionspläne, Prognosen, Dispokommandos	RCS/Dispo	Quellsystem	Rail Control System / Dispositionssystem für den Zugverkehr	Produktionspläne, Prognosen, Dispokommandos, Anschlüsse (AMax)
4 Sollfahrplan/gleise	INFO+	Quellsystem	Fahrplandatenbank SBB / Ausland / KTU	Fahrpläne, Gleise/Sektoren, ausländische Halteorte, Beziehungen, Anschlussausnahmen
5 Formationen	Kompo EVU (FOS)	Quellsystem	Zentrale Datenbank für Formationen aller Reisezüge auf SBB-, BLS-, SOB-Netz	Formation, nächste Leistung der Komposition
6 Leitsysteme: Privatbahn, Tram/Bus	VDV 453/454	Quellsystem	Anbindung der Leitsysteme anderer Transportunternehmen	Verkehrsdaten Tram, Bus und anderer Bahnen
7 Gruppen	Plabe	Quellsystem	Platzbewirtschaftung, Gruppenreservationen	Gruppenreservationen
8	CUS = Backbone = CUS zentral	Zentralrechner	«Zentralrechner», empfängt, verarbeitet und sendet Daten	
9 Kundeninfo Bahnhof (KIB): Server	AGSB	Abnehmersystem	Ausgabesteuerung Bahnhof: Datenbank mit Logik und Steuerung	Extrazüge (sind nicht im Jahresfahrplan enthalten) Fahrplan, Echtzeitinformationen, Ereignismeldungen (Für AGSB, Displayserver, KIB Reporter, Audioserver)
10	Displayserver	Abnehmersystem	Steuert die einzelnen Anzeiger an	
11	KIB Reporter	Abnehmersystem	Protokolliert alle optischen und akustischen Ausgaben der AGSB	
12	Audioserver	Abnehmersystem	Erstellt die Audiodatei und steuert den Lautsprecher für die Ausgabe an	
13 Ereignisinfo	Monitor BLM	Abnehmersystem	Zugsunabhängige Ereignisinformation	Erfasste Ereignisinformationen Betriebslagemonitor (BLM)
14 Mobile und Internet-Ausgabesysteme	KIS SBB, FIS BLS	Abnehmersystem	Akkustische und optische Kundeninformation im Zug	Ankünfte/Abfahrten, Anschlüsse, Verspätungen, Ereignisinfos (Für KIS SBB, FIS BLS, GEMS, MIKU, Elektr. Fahrplan)
15	GEMS	Abnehmersystem	SMS-Abfahrtsbefehl	
16	MIKU	Abnehmersystem	Mobiles Informationssystem Kundenbetreuer	
17	Elektronischer Fahrplan	Abnehmersystem	sbb.ch, SBB Mobile, Push2Mobile	
18 Interne Info	Cormere, TIP	Abnehmersystem	Statistiktool Anschlüsse; Briefingtool Zugpersonal	Fahrpläne, Formationen; Anschlüsse
19 Leitsysteme: Privatbahn, Tram/Bus	VDV 453/454	Abnehmersystem	Schnittstelle zw. CUS und Systemen anderer Transportunternehmen	Fahrplandaten, Prognosen

Quantitatives Interview mit qualitativem Einstieg

Teil 5: Fragebogen mündlich – InfoSpez Subjektive Einschätzung auf Eignung und Akzeptanz des Visualisierungs-Puzzle

Datum:, VPN-Nr.:

- Visualisierung Ausprägung 1 (nur Text)
- Visualisierung Ausprägung 2 (mit Bild)

Herzlichen Dank, dass ich Dir noch einige Fragen bezüglich Deiner Erfahrungen mit dem Visualisierungs-Puzzle stellen darf. Dies ist der letzte Teil der Erhebung.

Ich möchte in diesem Gespräch zusammen mit Dir anschauen, was Du gut und hilfreich an der Visualisierung fandest und was weniger gut.

Das Gespräch wird ca. 20 min dauern, und ich würde es gern aufzeichnen, wenn Du damit einverstanden bist. Die Aussagen werden selbstverständlich vertraulich behandelt.

Frage	Notizen																																																																	
<p>1. Allgemeine Erfahrung mit dem Visualisierungs-Puzzle. Hinweis: es geht nur um das Visualisierungs-Puzzle, nicht um den Pre-/Posttest! Du hast das Visualisierungs-Puzzle ausprobiert.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wie waren Deine Erfahrungen damit? • Was an der Visualisierung fandest Du allgemein gut? • Was fandest Du allgemein schlecht, schwierig oder verbesserungsbedürftig? 																																																																		
<p>2. Eignung des Visualisierungs-Puzzels zum Lernen der Systemkomponenten und -zusammenhänge</p> <p><u>Wie sehr stimmst Du folgenden Aussagen zu:</u></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;"></th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Stimme gar nicht zu</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Stimme eher nicht zu</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Stimme eher zu</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Stimme voll zu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Die Auseinandersetzung mit dem Visualisierungs-Puzzle hat mich dabei unterstützt, dass ich mir die Komponenten und Beschreibungen besser merken konnte.</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Mein Wissen über die verschiedenen Systemkomponenten ist gewachsen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Mein Wissen über die verschiedenen Aufgaben der Systemkomponenten ist gewachsen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Mein Wissen über die Bildschirmkomponenten ist gewachsen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Mein Wissen über die Daten-/Informationsflüsse ist gewachsen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Alles in allem verfüge ich über ein verbessertes Verständnis der Systemzusammenhänge</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <p><u>Für wie geeignet hält Du gemäss Deiner Erfahrung das Visualisierungs-Puzzle für die folgenden Aspekte:</u></p> <p>Ich halte das Visualisierungs-Puzzle (völlig) ungeeignet, (sehr gut) geeignet, ...</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;"></th> <th style="width: 10%; text-align: center;">völlig ungeeignet</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">ungeeignet</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">geeignet</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">sehr gut geeignet</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>... für das verbessertes Kennen der verschiedenen Systemkomponenten</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>... für das verbessertes Kennen der verschiedenen Aufgaben der Systemkomponenten</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>... für das verbessertes Kennen der Bildschirmkomponenten</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>... für das verbessertes Kennen der Daten-/Informationsflüsse</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>... alles in allem für ein verbessertes Verständnis der Systemzusammenhänge</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> <p><u>Wo siehst Du das Einsatzgebiet des Visualisierungs-Puzzle:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Ausbildung <input type="checkbox"/> Arbeitsplatz <input type="checkbox"/> sonstiges 		Stimme gar nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll zu	Die Auseinandersetzung mit dem Visualisierungs-Puzzle hat mich dabei unterstützt, dass ich mir die Komponenten und Beschreibungen besser merken konnte .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mein Wissen über die verschiedenen Systemkomponenten ist gewachsen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mein Wissen über die verschiedenen Aufgaben der Systemkomponenten ist gewachsen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mein Wissen über die Bildschirmkomponenten ist gewachsen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mein Wissen über die Daten-/Informationsflüsse ist gewachsen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alles in allem verfüge ich über ein verbessertes Verständnis der Systemzusammenhänge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		völlig ungeeignet	ungeeignet	geeignet	sehr gut geeignet	... für das verbessertes Kennen der verschiedenen Systemkomponenten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	... für das verbessertes Kennen der verschiedenen Aufgaben der Systemkomponenten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	... für das verbessertes Kennen der Bildschirmkomponenten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	... für das verbessertes Kennen der Daten-/Informationsflüsse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	... alles in allem für ein verbessertes Verständnis der Systemzusammenhänge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Stimme gar nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll zu																																																														
Die Auseinandersetzung mit dem Visualisierungs-Puzzle hat mich dabei unterstützt, dass ich mir die Komponenten und Beschreibungen besser merken konnte .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																														
Mein Wissen über die verschiedenen Systemkomponenten ist gewachsen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																														
Mein Wissen über die verschiedenen Aufgaben der Systemkomponenten ist gewachsen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																														
Mein Wissen über die Bildschirmkomponenten ist gewachsen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																														
Mein Wissen über die Daten-/Informationsflüsse ist gewachsen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																														
Alles in allem verfüge ich über ein verbessertes Verständnis der Systemzusammenhänge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																														
	völlig ungeeignet	ungeeignet	geeignet	sehr gut geeignet																																																														
... für das verbessertes Kennen der verschiedenen Systemkomponenten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																														
... für das verbessertes Kennen der verschiedenen Aufgaben der Systemkomponenten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																														
... für das verbessertes Kennen der Bildschirmkomponenten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																														
... für das verbessertes Kennen der Daten-/Informationsflüsse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																														
... alles in allem für ein verbessertes Verständnis der Systemzusammenhänge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																														

Eignung der V.	<p><u>Was trifft am ehesten auf Dich zu:</u></p> <input type="checkbox"/> Ich lerne am besten durch Hören <input type="checkbox"/> Ich lerne am besten durch Sehen (visuell) <input type="checkbox"/> Ich lerne am besten durch Gespräche <input type="checkbox"/> Ich lerne am besten durch Bewegung																															
Akzeptanz	<p>3. Akzeptanz der Zielgruppe betreffend Visualisierungs-Puzzle</p> <p><u>Wie sehr stimmst Du folgenden Aussagen zu:</u></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;"></th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Stimme gar nicht zu</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Stimme eher nicht zu</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Stimme eher zu</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">Stimme voll zu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Die Materialien der Visualisierung, d.h. die Blechvorlage mit den magnetischen Teilen, haben mich angesprochen.</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Die Umsetzung, die Visualisierung als Puzzle aufzubauen, hat mich angesprochen.</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Der Umgang mit den vielen Einzelteilen empfand ich als mühsam.</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ich fand das Ganze etwas zu spielerisch umgesetzt.</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Ich kann mir gut vorstellen, das Visualisierungs-Puzzle während der Arbeitszeit, wenn einmal wenig läuft, in die Hand zu nehmen und zu versuchen es zusammenzusetzen.</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>		Stimme gar nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll zu	Die Materialien der Visualisierung, d.h. die Blechvorlage mit den magnetischen Teilen, haben mich angesprochen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Die Umsetzung, die Visualisierung als Puzzle aufzubauen, hat mich angesprochen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Der Umgang mit den vielen Einzelteilen empfand ich als mühsam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ich fand das Ganze etwas zu spielerisch umgesetzt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ich kann mir gut vorstellen, das Visualisierungs-Puzzle während der Arbeitszeit, wenn einmal wenig läuft, in die Hand zu nehmen und zu versuchen es zusammenzusetzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Stimme gar nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll zu																												
Die Materialien der Visualisierung, d.h. die Blechvorlage mit den magnetischen Teilen, haben mich angesprochen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																												
Die Umsetzung, die Visualisierung als Puzzle aufzubauen, hat mich angesprochen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																												
Der Umgang mit den vielen Einzelteilen empfand ich als mühsam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																												
Ich fand das Ganze etwas zu spielerisch umgesetzt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																												
Ich kann mir gut vorstellen, das Visualisierungs-Puzzle während der Arbeitszeit, wenn einmal wenig läuft, in die Hand zu nehmen und zu versuchen es zusammenzusetzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																												

Ende und Dank

Auswertung der Wirkungsmessung auf Eignung

Auswertungen der acht Versuchspersonen mit den fünf Indikatoren *Systemkomponenten*, *thematische Gruppierungen*, *Beschreibungen der Systemkomponenten*, *Beschreibungen des Daten-/Informationsflusses*, *Wenn-Dann-Aussagen*.

Farblgende für alle acht Auswertungen

Farblgende

Verbesserung des Wissens Mehr richtig gelegt/geschrieben, weniger falsch gelegt/geschrieben. VP war sicher, dass die richtig beantwortete Frage richtig beantwortet war. VP war unsicher, ob die falsch beantwortete Frage richtig beantwortet war.
Verschlechterung des Wissens Weniger richtig gelegt/geschrieben, mehr falsch gelegt/geschrieben. VP war unsicher, ob die richtig beantwortete Frage richtig beantwortet war. VP war sicher, dass die falsch beantwortete Frage richtig beantwortet war.
Keine Veränderung des Wissens
Keine sinnvolle Aussage möglich

VP01, hohe Elaboriertheit/mit Abbildung

	VP01 (w), mit Bild						Delta (Umfang)	Delta (Qualität)
	Pretest			Posttest				
	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent	Absolute Anzahl	Prozent
Systemkomponenten (SK) 18/18 = 100%								
richtig	13	18	72.22	18	18	100.00	5.00	27.78
falsch	5	18	27.78	0	18	0.00	-5.00	-27.78
nicht gelegt	0	18	0.00	0	18	0.00	0.00	0.00
sicher/richtig	11	13	84.62	18	18	100.00	7.00	15.38
unsicher/richtig	2	13	15.38	0	18	0.00	-2.00	-15.38
sicher/falsch	5	5	100.00	0	0	0.00	-5.00	-100.00
unsicher/falsch	0	5	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
Gruppen 3/3 = 100%								
richtig	1.5	3	50.00	3	3	100.00	1.50	50.00
Gruppen bezeichnet, die es so nicht gibt								
Beschreibungen der Systemkomponenten 18/18 = 100%								
richtig	8.5	18	47.22	16	18	88.89	7.50	41.67
falsch	7	18	38.89	1	18	5.56	-6.00	-33.33
nichts dazugeschrieben	2	18	11.11	0	18	0.00	-2.00	-11.11
SK gar nicht gelegt	0	18	0.00	0	18	0.00	0.00	0.00
Beschreibung des Daten-/Informationsflusses 12/12 = 100%								
richtig	4.5	12	37.50	8	12	66.67	3.50	29.17
falsch	1	12	8.33	3	12	25.00	2.00	16.67
nichts dazugeschrieben	5	12	41.67	0	12	0.00	-5.00	-41.67
SK gar nicht gelegt	0	12	0.00	0	12	0.00	0.00	0.00
Wenn-Dann-Aussagen 8/8 = 100%								
richtig	4	8	50.00	6	8	75.00	2.00	25.00
falsch	4	8	50.00	2	8	25.00	-2.00	-25.00
sicher/richtig	3	4	75.00	3	6	50.00	0.00	-25.00
unsicher/richtig	1	4	25.00	3	6	50.00	2.00	25.00
sicher/falsch	2	4	50.00	2	2	100.00	0.00	50.00
unsicher/falsch	2	4	50.00	0	2	0.00	-2.00	-50.00
Delta Umfang (Anzahl): Absolute Anzahl richtig gelegter/bezeichneter Elemente (Post- minus Pretest)								
Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige»)	31.5	59	256.94	51	59	430.556	19.50	
Delta Qualität (Prozent): Relative Anzahl richtig gelegter Teile (Post- minus Pretest)								
Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige»)/5			51.39			86.11	19.50	34.72

VP03, hohe Elaboriertheit/mit Abbildung

	VP03 (m), mit Bild						Delta (Umfang)		Delta (Qualität)	
	Pretest			Posttest			Absolute Anzahl	Prozent	Absolute Anzahl	Prozent
	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent				
Systemkomponenten (SK) 18/18 = 100%										
richtig	13	18	72.22	16	18	88.89	3.00	16.67		
falsch	1	18	5.56	2	18	11.11	1.00	5.56		
nicht gelegt	4	18	22.22	0	18	0.00	-4.00	-22.22		
sicher/richtig	11	13	84.62	16	16	100.00	5.00	15.38		
unsicher/richtig	2	13	15.38	0	16	0.00	-2.00	-15.38		
sicher/falsch	0	1	0.00	2	2	100.00	2.00	100.00		
unsicher/falsch	1	1	100.00	0	2	0.00	-1.00	-100.00		
Gruppen 3/3 = 100%										
richtig	1.5	3	50.00	3	3	100.00	1.50	50.00		
Gruppen bezeichnet, die es so nicht gibt	2									
Beschreibungen der Systemkomponenten 18/18 = 100%										
richtig	8	18	44.44	13.5	18	75.00	5.50	30.56		
falsch	2	18	11.11	2	18	11.11	0.00	0.00		
nichts dazugeschrieben	3	18	16.67	1	18	5.56	-2.00	-11.11		
SK gar nicht gelegt	4	18	22.22	0	18	0.00	-4.00	-22.22		
Beschreibung des Daten-/Informationsflusses 12/12 = 100%										
richtig	3.5	12	29.17	6.5	12	54.17	3.00	25.00		
falsch	2.25	12	18.75	4	12	33.33	1.75	14.58		
nichts dazugeschrieben	1.75	12	14.58	0	12	0.00	-1.75	-14.58		
SK gar nicht gelegt	3	12	25.00	0	12	0.00	-3.00	-25.00		
Wenn-Dann-Aussagen 8/8 = 100%										
richtig	7	8	87.50	7	8	87.50	0.00	0.00		
falsch	1	8	12.50	1	8	12.50	0.00	0.00		
sicher/richtig	6	7	85.71	6	7	85.71	0.00	0.00		
unsicher/richtig	1	7	14.29	1	7	14.29	0.00	0.00		
sicher/falsch	0	1	0.00	1	1	100.00	1.00	100.00		
unsicher/falsch	1	1	100.00	0	1	0.00	-1.00	-100.00		
Delta Umfang (Anzahl): Absolute Anzahl richtig gelegter/bezeichneter Elemente (Post- minus Pretest) Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige»)	33	59	283.33	46	59	405.56	13.00			
Delta Qualität (Prozent): Relative Anzahl richtig gelegter Teile (Post- minus Pretest) Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige»)/5			56.67			81.11	13.00	24.44		

VP06, hohe Elaboriertheit/mit Abbildung

	VP06 (m), mit Bild						Delta (Umfang)		Delta (Qualität)	
	Pretest			Posttest			Absolute Anzahl	Prozent	Absolute Anzahl	Prozent
	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent				
Systemkomponenten (SK) 18/18 = 100%										
richtig	11	18	61.11	18	18	100.00	7.00	38.89		
falsch	0	18	0.00	0	18	0.00	0.00	0.00		
nicht gelegt	7	18	38.89	0	18	0.00	-7.00	-38.89		
sicher/richtig	10	11	90.91	18	18	100.00	8.00	9.09		
unsicher/richtig	1	11	9.09	0	18	0.00	-1.00	-9.09		
sicher/falsch	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00		
unsicher/falsch	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00		
Gruppen 3/3 = 100%										
richtig	0	3	0.00	3	3	100.00	3.00	100.00		
Gruppen bezeichnet, die es so nicht gibt	3									
Beschreibungen der Systemkomponenten 18/18 = 100%										
richtig	4	18	22.22	10.5	18	58.33	6.50	36.11		
falsch	6	18	33.33	5	18	27.78	-1.00	-5.56		
nichts dazugeschrieben	1	18	5.56	0	18	0.00	-1.00	-5.56		
SK gar nicht gelegt	7	18	38.89	0	18	0.00	-7.00	-38.89		
Beschreibung des Daten-/Informationsflusses 12/12 = 100%										
richtig	5	12	41.67	7	12	58.33	2.00	16.67		
falsch	0.5	12	4.17	1.75	12	14.58	1.25	10.42		
nichts dazugeschrieben	0.5	12	4.17	1	12	8.33	0.50	4.17		
SK gar nicht gelegt	4	12	33.33	0	12	0.00	-4.00	-33.33		
Wenn-Dann-Aussagen 8/8 = 100%										
richtig	7	8	87.50	6	8	75.00	-1.00	-12.50		
falsch	1	8	12.50	2	8	25.00	1.00	12.50		
sicher/richtig	2	7	28.57	5	6	83.33	3.00	54.76		
unsicher/richtig	5	7	71.43	1	6	16.67	-4.00	-54.76		
sicher/falsch	1	1	100.00	0	2	0.00	-1.00	-100.00		
unsicher/falsch	0	1	0.00	2	2	100.00	2.00	100.00		
Delta Umfang (Anzahl): Absolute Anzahl richtig gelegter/bezeichneter Elemente (Post- minus Pretest) Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige»)	27	59	212.50	44.5	59	391.67	17.50			
Delta Qualität (Prozent): Relative Anzahl richtig gelegter Teile (Post- minus Pretest) Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige»)/5			42.50			78.33	17.50	35.83		

VP08, hohe Elaboriertheit/mit Abbildung

	VP08 (w), mit Bild						Delta (Umfang)		Delta (Qualität)	
	Pretest			Posttest			Absolute Anzahl	Relative Anzahl (Prozent)		
	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent				
Systemkomponenten (SK)										
18/18 = 100%										
richtig	11	18	61.11	18	18	100.00	7.00	38.89		
falsch	0	18	0.00	0	18	0.00	0.00	0.00		
nicht gelegt	7	18	38.89	0	18	0.00	-7.00	-38.89		
sicher/richtig	11	11	100.00	18	18	100.00	7.00	0.00		
unsicher/richtig	0	11	0.00	0	18	0.00	0.00	0.00		
sicher/falsch	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00		
unsicher/falsch	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00		
Gruppen										
3/3 = 100%										
richtig	1	3	33.33	1.5	3	50.00	0.50	16.67		
Gruppen bezeichnet, die es so nicht gibt										
1										
Beschreibungen der Systemkomponenten										
18/18 = 100%										
richtig	9	18	50.00	15	18	83.33	5.00	33.33		
falsch	1	18	5.56	2	18	11.11	1.00	5.56		
nichts dazugeschrieben	1	18	5.56	0	18	0.00	-1.00	-5.56		
SK gar nicht gelegt	7	18	38.89	0	18	0.00	-7.00	-38.89		
Beschreibung des Daten-/Informationsflusses										
12/12 = 100%										
richtig	5	12	41.67	10.5	12	87.50	5.50	45.83		
falsch	0.75	12	6.25	0.25	12	2.08	-0.50	-4.17		
nichts dazugeschrieben	0	12	0.00	0	12	0.00	0.00	0.00		
SK gar nicht gelegt	4	12	33.33	0	12	0.00	-4.00	-33.33		
Wenn-Dann-Aussagen										
8/8 = 100%										
richtig	5	8	62.50	4	8	50.00	-1.00	-12.50		
falsch	3	8	37.50	4	8	50.00	1.00	12.50		
sicher/richtig	0	5	0.00	0	4	0.00	0.00	0.00		
unsicher/richtig	5	5	100.00	3	4	75.00	-2.00	-25.00		
sicher/falsch	0	3	0.00	0	4	0.00	0.00	0.00		
unsicher/falsch	3	3	100.00	5	4	125.00	2.00	25.00		
Delta Umfang (Anzahl):										
Absolute Anzahl richtig gelegter/bezeichneter Elemente (Post- minus Pretest)										
Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige)										
	31	59	248.61	49	59	370.83	18.00			
Delta Qualität (Prozent):										
Relative Anzahl richtig gelegter Teile (Post- minus Pretest)										
Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige»)/5										
			49.72			74.17	18.00	24.44		

VP02, niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung

	VP02 (m), mit Text						Delta (Umfang)		Delta (Qualität)	
	Pretest			Posttest			Absolute Anzahl	Prozent		
	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent				
Systemkomponenten (SK)										
18/18 = 100%										
richtig	12	18	66.67	17	18	94.44	5.00	27.78		
falsch	3	18	16.67	1	18	5.56	-2.00	-11.11		
nicht gelegt	3	18	16.67	0	18	0.00	-3.00	-16.67		
sicher/richtig	8	12	66.67	17	17	100.00	9.00	33.33		
unsicher/richtig	4	12	33.33	0	17	0.00	-4.00	-33.33		
sicher/falsch	0	3	0.00	0	1	0.00	0.00	0.00		
unsicher/falsch	3	3	100.00	1	1	100.00	-2.00	0.00		
Gruppen										
3/3 = 100%										
richtig	0	3	0.00	2	3	66.67	2.00	66.67		
Gruppen bezeichnet, die es so nicht gibt										
Beschreibungen der Systemkomponenten										
18/18 = 100%										
richtig	4	18	22.22	8	18	44.44	4.00	22.22		
falsch	3	18	16.67	2	18	11.11	-1.00	-5.56		
nichts dazugeschrieben	7	18	38.89	6	18	33.33	-1.00	-5.56		
SK gar nicht gelegt	3	18	16.67	0	18	0.00	-3.00	-16.67		
Beschreibung des Daten-/Informationsflusses										
12/12 = 100%										
richtig	4	12	33.33	6	12	50.00	2.00	16.67		
falsch	0.25	12	2.08	4.5	12	37.50	4.25	35.42		
nichts dazugeschrieben	4.25	12	35.42	0	12	0.00	-4.25	-35.42		
SK gar nicht gelegt	1	12	8.33	0	12	0.00	-1.00	-8.33		
Wenn-Dann-Aussagen										
8/8 = 100%										
richtig	5	8	62.50	5	8	62.50	0.00	0.00		
falsch	3	8	37.50	3	8	37.50	0.00	0.00		
sicher/richtig	1	5	20.00	3	5	60.00	2.00	40.00		
unsicher/richtig	4	5	80.00	2	5	40.00	-2.00	-40.00		
sicher/falsch	2	3	66.67	0	3	0.00	-2.00	-66.67		
unsicher/falsch	1	3	33.33	3	3	100.00	2.00	66.67		
Delta Umfang (Anzahl):										
Absolute Anzahl richtig gelegter/bezeichneter Elemente (Post- minus Pretest)										
Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige)										
	25	59	184.72	38	59	318.06	13.00			
Delta Qualität (Prozent):										
Relative Anzahl richtig gelegter Teile (Post- minus Pretest)										
Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige»)/5										
			36.94			63.61	13.00	26.67		

VP04, niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung

	VP04 (w), mit Text						Delta (Umfang)	Delta (Qualität)
	Pretest			Posttest				
	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent		
Systemkomponenten (SK) 18/18 = 100%								
richtig	13	18	72.22	18	18	100.00	5.00	27.78
falsch	0	18	0.00	0	18	0.00	0.00	0.00
nicht gelegt	5	18	27.78	0	18	0.00	-5.00	-27.78
sicher/richtig	12	13	92.31	18	18	100.00	6.00	7.69
unsicher/richtig	1	13	7.69	0	18	0.00	-1.00	-7.69
sicher/falsch	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
unsicher/falsch	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
Gruppen 3/3 = 100%								
richtig	2	3	66.67	3	3	100.00	1.00	33.33
Gruppen bezeichnet, die es so nicht gibt								
Beschreibungen der Systemkomponenten 18/18 = 100%								
richtig	6.5	18	36.11	13	18	72.22	6.50	36.11
falsch	4	18	22.22	3	18	16.67	-1.00	-5.56
nichts dazugeschrieben	1	18	5.56	1	18	5.56	0.00	0.00
SK gar nicht gelegt	5	18	27.78	0	18	0.00	-5.00	-27.78
Beschreibung des Daten-/Informationsflusses 12/12 = 100%								
richtig	4	12	33.33	9.5	12	79.17	5.50	45.83
falsch	1.5	12	12.50	1	12	8.33	-0.50	-4.17
nichts dazugeschrieben	1.25	12	10.42	0	12	0.00	-1.25	-10.42
SK gar nicht gelegt	3	12	25.00	0	12	0.00	-3.00	-25.00
Wenn-Dann-Aussagen 8/8 = 100%								
richtig	6	8	75.00	6	8	75.00	0.00	0.00
falsch	2	8	25.00	2	8	25.00	0.00	0.00
sicher/richtig	5	6	83.33	5	6	83.33	0.00	0.00
unsicher/richtig	1	6	16.67	1	6	16.67	0.00	0.00
sicher/falsch	1	2	50.00	1	2	50.00	0.00	0.00
unsicher/falsch	1	2	50.00	1	2	50.00	0.00	0.00
Delta Umfang (Anzahl): Absolute Anzahl richtig gelegter/bezeichneter Elemente (Post- minus Pretest)								
Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige»)	31.5	59	283.33	49.5	59	426.39	18.00	
Delta Qualität (Prozent): Relative Anzahl richtig gelegter Teile (Post- minus Pretest)								
Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige»)/5			56.67			85.28	18.00	28.61

VP05, niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung

	VP05 (m), mit Text						Delta (Umfang)	Delta (Qualität)
	Pretest			Posttest				
	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent		
Systemkomponenten (SK) 18/18 = 100%								
richtig	12	18	66.67	18	18	100.00	6.00	33.33
falsch	1	18	5.56	0	18	0.00	-1.00	-5.56
nicht gelegt	5	18	27.78	0	18	0.00	-5.00	-27.78
sicher/richtig	10	12	83.33	18	18	100.00	8.00	16.67
unsicher/richtig	2	12	16.67	0	18	0.00	-2.00	-16.67
sicher/falsch	1	1	100.00	0	0	0.00	-1.00	-100.00
unsicher/falsch	0	1	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
Gruppen 3/3 = 100%								
richtig	2	3	66.67	3	3	100.00	1.00	33.33
Gruppen bezeichnet, die es so nicht gibt	2			0				
Beschreibungen der Systemkomponenten 18/18 = 100%								
richtig	8	18	44.44	16.5	18	91.67	8.50	47.22
falsch	1	18	5.56	1	18	5.56	0.00	0.00
nichts dazugeschrieben	1	18	5.56	0	18	0.00	-1.00	-5.56
SK gar nicht gelegt	5	18	27.78	0	18	0.00	-5.00	-27.78
Beschreibung des Daten-/Informationsflusses 12/12 = 100%								
richtig	5.5	12	45.83	7.5	12	62.50	2.00	16.67
falsch	0.25	12	2.08	2.25	12	18.75	2.00	16.67
nichts dazugeschrieben	1.25	12	10.42	0	12	0.00	-1.25	-10.42
SK gar nicht gelegt	3	12	25.00	0	12	0.00	-3.00	-25.00
Wenn-Dann-Aussagen 8/8 = 100%								
richtig	6	8	75.00	6	8	75.00	0.00	0.00
falsch	2	8	25.00	2	8	25.00	0.00	0.00
sicher/richtig	4	6	66.67	6	6	100.00	2.00	33.33
unsicher/richtig	2	6	33.33	0	6	0.00	-2.00	-33.33
sicher/falsch	2	2	100.00	2	2	100.00	0.00	0.00
unsicher/falsch	0	2	0.00	0	2	0.00	0.00	0.00
Delta Umfang (Anzahl): Absolute Anzahl richtig gelegter/bezeichneter Elemente (Post- minus Pretest)								
Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige»)	33.5	59	298.61	51	59	429.17	17.50	
Delta Qualität (Prozent): Relative Anzahl richtig gelegter Teile (Post- minus Pretest)								
Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige»)/5			59.72			85.83	17.50	26.11

VP07, niedrige Elaboriertheit/ohne Abbildung

	VP07 (m), mit Text						Delta (Umfang)	Delta (Qualität)
	Pretest			Posttest				
	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent	erreichte Anzahl (eA)	mögliche Anzahl (mA)	Prozent		
Systemkomponenten (SK) 18/18 = 100%								
richtig	11	18	61.11	18	18	100.00	7.00	38.89
falsch	0	18	0.00	0	18	0.00	0.00	0.00
nicht gelegt	7	18	38.89	0	18	0.00	-7.00	-38.89
sicher/richtig	8	11	72.73	18	18	100.00	10.00	27.27
unsicher/richtig	3	11	27.27	0	18	0.00	-3.00	-27.27
sicher/falsch	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
unsicher/falsch	0	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
Gruppen 3/3 = 100%								
richtig	1	3	33.33	3	3	100.00	2.00	66.67
Gruppen bezeichnet, die es so nicht gibt								
Beschreibungen der Systemkomponenten 18/18 = 100%								
richtig	5	18	27.78	15.5	18	86.11	10.50	58.33
falsch	4	18	22.22	1	18	5.56	-3.00	-16.67
nichts dazugeschrieben	0	18	0.00	1	18	5.56	1.00	5.56
SK gar nicht gelegt	7	18	38.89	0	18	0.00	-7.00	-38.89
Beschreibung des Daten-/Informationsflusses 12/12 = 100%								
richtig	5	12	41.67	3	12	25.00	-2.00	-16.67
falsch	0.25	12	2.08	4	12	33.33	3.75	31.25
nichts dazugeschrieben	0	12	0.00	2.25	12	18.75	2.25	18.75
SK gar nicht gelegt	4	12	33.33	0	12	0.00	-4.00	-33.33
Wenn-Dann-Aussagen 8/8 = 100%								
richtig	4	8	50.00	4	8	50.00	0.00	0.00
falsch	4	8	50.00	4	8	50.00	0.00	0.00
sicher/richtig	4	4	100.00	3	4	75.00	-1.00	-25.00
unsicher/richtig	0	4	0.00	1	4	25.00	1.00	25.00
sicher/falsch	1	4	25.00	1	4	25.00	0.00	0.00
unsicher/falsch	3	4	75.00	3	4	75.00	0.00	0.00
Delta Umfang (Anzahl): Absolute Anzahl richtig gelegter/bezeichneter Elemente (Post- minus Pretest)								
Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige»)	26	59	213.89	43.5	59	361.11	17.50	
Delta Qualität (Prozent): Relative Anzahl richtig gelegter Teile (Post- minus Pretest)								
Summe der fünf Teilgruppen (nur «richtige»)/5			42.78			72.22	17.50	29.44