

# **Monotonie in der Zugverkehrsleitung**

vorgelegt von

M.Sc. Jonas Christian Brügger

ORCID: 0000-0001-9116-6871

an der Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme der Technischen Universität Berlin

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender: Prof. Dr. Dietrich Manzey

Gutachter: Prof. Dr. Manfred Thüring

Gutachterin: Prof. Dr. Katrin Fischer

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 12. Februar 2021

Berlin 2021



## **Danksagung**

Für die Unterstützung bei meiner Doktorarbeit möchte ich einigen Menschen meinen herzlichen Dank aussprechen.

Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. Katrin Fischer von der Fachhochschule Nordwestschweiz, dafür, dass sie mich auf diesen Weg gebracht hat. Als Vorgesetzte und Kollegin hat sie in mir das Interesse für das Thema geweckt. Als meine Betreuerin für die Doktorarbeit hat sie mich stets mit fundiertem Feedback, hilfreichen Impulsen und Wertschätzung während der ganzen Arbeit immer unterstützt.

Meinem Doktorvater Prof. Dr. Manfred Thüring von der Technischen Universität Berlin danke ich für die inspirierenden Fachdiskussionen und die Begleitung der Arbeit. Ich habe die einfache Zusammenarbeit mit ihm sehr geschätzt.

Ganz besonders danke ich auch Dr. Peter Grossenbacher, der die Idee zu dieser Arbeit unterstützte und die Durchführung der Untersuchungen im Feld mit der Vermittlung der richtigen Kontakte ermöglichte. Den Schweizerischen Bundesbahnen danke ich für die Offenheit gegenüber dem Thema, das Vertrauen und die Koordination mit den Zugverkehrsleitenden.

Prof. Dr. Adrian Schwaninger, Prof. Dr. Frank Ritz und der Fachhochschule Nordwestschweiz danke ich für die Möglichkeit, die Doktorarbeit neben meiner Anstellung als wissenschaftlicher Mitarbeitender zu erstellen.

Ich danke allen meinen Arbeitskollegen und Arbeitskolleginnen, die mir vor allem mit ihrem methodischen Wissen auf viele Fragen mit Rat und Tat beiseite gestanden haben, allen voran sind dies Jasmin Zimmermann, Dr. Oliver Christ, Jonas Mumenthaler, Stefan Wahrstätter, Nicole Stoller und Rosario Carcò.

Bei Dr. Matthias Bachtler bedanke ich mich für die Programmierung der in den Experimenten verwendeten Software nach meinen Vorstellungen und den Serversupport.

Ich danke den Studierenden, die mich im Rahmen von Projektarbeiten bei den Planungen und Datenerhebungen für die beiden experimentellen Untersuchungen tatkräftig unterstützt haben -

Luana Geier, Martina Hiltbrand, Carola Rauber, Kathrin Zäch, Mario Niederhauser, Tanja Huber, Michael Wirth und Josua Peter.

Ich bedanke mich bei allen Zugverkehrsleitenden und Studierenden, die an den Untersuchungen teilgenommen haben.

Schließlich danke ich von ganzem Herzen meiner Mutter Margrit Brüngger, meiner Familie und allen Freunden, die mich emotional unterstützt und ermutigt haben, „dran zu bleiben“.

**Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Olten, den

Jonas Christian Brüngger

## **Zusammenfassung**

Monotonie stellt in der – hoch automatisierten – Zugverkehrsleitung ein aktuelles Problem dar. Theoretischer Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit ist, dass Monotonie ein Zustand ist, der sich bei den Betroffenen durch verschiedene Symptome auszeichnet. Im Erleben zeigt sie sich durch aufgabenbezogene Langeweile und aufgabenbezogene Müdigkeit. Zusätzlich zeigt sich Monotonie in einer Verringerung der Aufmerksamkeit und in einer daraus resultierenden reduzierten Leistung. Physiologische Veränderungen in Gestalt einer Reduktion der zentralnervösen Aktivierung gehören ebenfalls zu den Symptomen von Monotonie.

Ähnlich des Zustandes der Ermüdung oder des Stresses ist Monotonie eine Beanspruchungsreaktion. Der Zustand der Monotonie ist jeweils gebunden an eine auslösende Tätigkeit, die sich durch das Fehlen neuer Reize bei tiefer kognitiver Beanspruchung auszeichnet. Typische Merkmale solcher Tätigkeiten sind eine hohe Repetitivität und/oder Ereignisarmut. Monotonie entwickelt sich langsam über die Zeit hinweg und ist kurzfristig reversibel durch das Beenden bzw. Unterbrechen der sie evozierenden Tätigkeit.

Viele Berufsgruppen, insbesondere solche mit hoch automatisierten Tätigkeiten oder Überwachungsaufgaben, sind heute mit monotonieauslösenden Arbeitsbedingungen konfrontiert. So auch Berufsgruppen im Rahmen der Zugverkehrsleitung. Zugverkehrsleitende (ZVL) überwachen den Zugverkehr an Bildschirmen und steuern bei Bedarf Weichen und Signale an. In ihrer Funktion übernehmen sie Verantwortung für die Sicherheit von Lokführenden, Passagieren, Rangierenden, Bauarbeitenden und anderen Personen im Bahnverkehr.

Durch eine hohe Automatisierung ist die Aufgabe von ZVL über lange Zeiträume geprägt von typischen monotoniezeugenden Bedingungen.

Unklar ist bislang, welche Entstehungsbedingungen wie stark zu der Entstehung von Monotonie beitragen. Offen sind auch die Art und Ausprägung der auftretenden Symptome von Monotonie bei der Aufgabenausführung in der Zugverkehrsleitung.

Um Monotonie evidenzbasiert entgegenwirken zu können, ist es notwendig, Möglichkeiten der Reduktion zu testen.

---

In der vorliegenden Arbeit werden drei Hauptfragestellungen zu Entstehungsbedingungen, Symptomen und Möglichkeiten der Reduktion von Monotonie untersucht, die das Wissen zur Monotonie erweitern und einen verbesserten praktischen Umgang damit unterstützen sollen.

Zur Klärung dieser Fragestellungen wurden vier Untersuchungen realisiert.

In einer ersten Untersuchung wurden ZVL in Interviews nach ihren subjektiven Konzepten zu Monotonie befragt. Dabei zeigte sich, dass neben den bereits bekannten Entstehungsbedingungen für Monotonie auch neue, bisher nicht untersuchte Einflüsse auftauchen. Dies sind z. B. Aspekte der Teamzusammensetzung, Erfahrung, Tagesform, Arbeitsdauer und die räumliche Umgebung. Neu bzw. bislang nicht untersucht sind insbesondere die Schilderungen von verschiedenen Nachwirkungen von Monotonie, wonach Symptome auch mehrere Stunden andauern können.

In einer zweiten Untersuchung mit ZVL im Feld lag der Fokus auf den Entstehungsbedingungen von Monotonie. Als Symptome von Monotonie wurden das subjektive Erleben der ZVL als auch physiologische Indikatoren (Herzrate und Herzratenvariabilität) erfasst. Die Ergebnisse bestätigen mehrheitlich den Einfluss von Unterbelastung, hervorgerufen durch Repetitivität und Ereignisarmut, und der Aufgabendauer auf die Entstehung von Monotonie. Entgegen den Erwartungen konnte keine Interaktion von Unterbelastung und Aufgabendauer in Bezug auf die betrachteten Symptome von Monotonie festgestellt werden. Als mögliche Erklärung dafür wird antizipatives Erleben von Monotonie, vergleichbar mit Stress und psychischer Sättigung, vermutet. Dies könnte dazu führen, dass für Aufgaben und Zeiten, in denen eine tiefe Belastung erwartet wird (z. B. Schichten am Wochenende), Monotonie im Sinne einer selbsterfüllenden Prophezeiung verstärkt auftritt.

In der dritten Untersuchung stand die Wirkung von Ereignisarmut und Repetitivität als Entstehungsbedingungen von Monotonie im Fokus. Zu diesem Zweck wurden beide Bedingungen unabhängig voneinander manipuliert, um ihren Einfluss auf die Entstehung von Monotonie getrennt voneinander zu erfassen. Es zeigte sich, dass für die betrachtete Überwachungsaufgabe die Ereignisarmut einen deutlich stärkeren Effekt auf das Monotonieerleben hatte als eine hohe Repetitivität. Die Ergebnisse zeigen für die beiden Aufgabenmerkmale Ereignisarmut und Repetitivität keine Interaktion bezüglich ihrer Wirkung auf das Monotonieerleben. Als Grund für das Fehlen einer Interaktion wird angenommen, dass Repetitivität und Ereignisarmut Ausdruck desselben Merkmals, Stimulusvariabilität, sind.

In der vierten Untersuchung wurde der Frage nachgegangen, wie sich eine Erhöhung des Anforderungsniveaus durch Sekundäraufgaben als Möglichkeit zur Reduktion von Monotonie auswirkt. Die Sekundäraufgaben konnten die Unterbelastung reduzieren und wirkten damit direkt gegen die Ursachen von Monotonie. In Bezug auf die Gestaltung der Aufgabenbereicherung durch Sekundäraufgaben zeigte sich, dass ein höheres Anforderungsniveau in der Sekundäraufgabe die Monotonie stärker reduzierte als eine wenig anspruchsvolle Sekundäraufgabe.

Aufgrund der neuen Erkenntnisse zu Entstehungsbedingungen und Symptomen von Monotonie werden bestehende Monotoniekonzepte mit neuen Erkenntnissen angereichert und modifiziert. U. a. werden dabei berücksichtigt:

- der Einfluss von Erwartung auf Monotonie,
- die Stimulusvariabilität als relevante Qualität der Entstehungsbedingungen Repetitivität und Ereignisarmut,
- die neu identifizierten vermittelnden Einflussfaktoren Arbeitsdauer, Teamzusammensetzung und räumliche Umgebung,
- kurz- und mittelfristig anhaltende Nachwirkungen im Erleben von Monotonie.

Die in der vorliegenden Arbeit gewonnenen Erkenntnisse können als Grundlage für die Entwicklung konkreter Maßnahmen zur Reduktion von Monotonie verwendet werden. Um die Entstehung von Monotonie in der Zugverkehrsleitung zukünftig verhindern oder zumindest reduzieren zu können, wurden aus den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen Grundsätze abgeleitet, die bei der Aufgabengestaltung in Zukunft berücksichtigt werden sollten.

Die nächsten Forschungsschritte, um das psychologische Konzept Monotonie noch besser zu verstehen, wurden identifiziert und eine Reihe offener Fragen für die zukünftige Forschung beschrieben.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Zugverkehrsleitende und ihre Aufgaben.....</b>	<b>3</b>
2.1	Funktion von Zugverkehrsleitenden im System Bahn.....	3
2.2	Kognitive Anforderungen an Zugverkehrsleitende.....	5
2.3	Technische Unterstützung.....	8
2.3.1	Leit- und Informationssysteme.....	9
2.3.2	Dispositionsunterstützungssysteme.....	10
2.3.3	Zugreihenfolgeoptimierungssysteme.....	11
2.3.4	Alarmierungs- und Ereignisassistenten.....	11
2.4	Arbeitsbedingungen.....	13
2.4.1	Schichtarbeit.....	13
2.4.2	Wochenend- und Feiertagsarbeit.....	13
2.4.3	Tageszeit- und wochentagabhängiges Verkehrsaufkommen.....	14
<b>3</b>	<b>Das Konzept „Monotonie“.....</b>	<b>15</b>
3.1	Das Konzept „Monotonie“ in der Psychologie.....	15
3.1.1	Monotonie als Zustand der Person.....	15
3.1.2	Monotonie als Aufgabenmerkmal und Umgebungsbedingung.....	19
3.1.3	Abgrenzung zu verwandten Konzepten.....	23
3.1.3.1	Müdigkeit.....	23
3.1.3.2	Langeweile.....	25
3.1.3.3	Psychische Sättigung.....	26
3.1.3.4	Flow.....	29
3.1.3.5	Übersicht zur Abgrenzung.....	30
3.2	Symptome von Monotonie.....	33
3.2.1	Erlebenskomponenten.....	34
3.2.1.1	Aufgabenbezogene Langeweile.....	34
3.2.1.2	Passive aufgabenbezogene Müdigkeit.....	37
3.2.2	Leistungskomponenten.....	38
3.2.2.1	Fehlerrate.....	39
3.2.2.2	Reaktionszeit.....	40
3.2.2.3	Ausführungsgenauigkeit.....	41
3.2.2.4	Theoretische Modelle zur Abnahme von Aufmerksamkeit bei Monotonie.....	42
3.2.3	Physiologische Komponenten.....	46
3.2.3.1	Hirnaktivität.....	46
3.2.3.2	Kardiovaskuläre Merkmale.....	48
3.2.3.3	Hautleitfähigkeit.....	49
3.2.4	Symptome von Monotonie und vermutete negative betriebliche Auswirkungen in der Domäne der Zugverkehrsleitung.....	51

---

3.2.4.1	Aufgabenbezogene Langeweile.....	51
3.2.4.2	Passive aufgabenbezogene Müdigkeit.....	51
3.2.4.3	Erhöhte Fehlerrate .....	51
3.2.4.4	Verlängerte Reaktionszeiten.....	52
3.2.4.5	Reduzierte Ausführungsgenauigkeit .....	52
3.2.4.6	Physiologische Veränderungen .....	52
3.3	Entstehungsbedingungen von Monotonie (als Zustand).....	53
3.3.1	Aufgabenmerkmale und Umgebungsbedingungen.....	54
3.3.1.1	Unterbelastung.....	55
3.3.1.2	Repetitivität .....	56
3.3.1.3	Ereignisarmut .....	57
3.3.2	Individuelle Faktoren.....	58
3.3.3	Vermutete Entstehungsbedingungen für Monotonie in der Zugverkehrsleitung .....	60
3.3.3.1	Unterbelastung.....	60
3.3.3.2	Repetitivität .....	61
3.3.3.3	Ereignisarmut .....	62
3.3.3.4	Kognitive Bindung an die Arbeitsaufgabe .....	63
3.4	Erfassung von Monotoniesymptomen .....	64
3.4.1	Methoden und Instrumente zur Erfassung des Erlebens von Monotonie ..	64
3.4.2	Methoden und Instrumente zur Erfassung der Leistungskomponenten von Monotonie.....	66
3.4.3	Methoden und Instrumente zur Erfassung der physiologischen Komponenten von Monotonie .....	68
3.5	Verwendung des Monotoniekonzepts in der vorliegenden Arbeit.....	70
<b>4</b>	<b>Maßnahmen zum Umgang mit Monotonie.....</b>	<b>72</b>
4.1	Personenbezogene Maßnahmen .....	72
4.1.1	Auswahl monotonieresistenter Personen .....	73
4.1.2	Training.....	74
4.1.3	Pharmakologisches Neuroenhancement .....	74
4.2	Technische Maßnahmen .....	76
4.2.1	Akustische Stimulation.....	76
4.2.2	Dynamische Beleuchtung .....	77
4.2.3	Simulierte Ereignisse .....	78
4.2.4	Mechanisierung/Automatisierung.....	79
4.2.5	Gamification .....	80
4.3	Organisationale Maßnahmen .....	81
4.3.1	Arbeitsdauerbeschränkungen.....	82
4.3.2	Tätigkeitsunterbrechungen/-wechsel .....	82
4.3.3	Aufgabenerweiterung und Aufgabenbereicherung.....	83
4.3.4	Gruppenarbeit .....	84

4.4	Grenzen der Maßnahmen .....	84
<b>5</b>	<b>Fragestellungen und Ausblick auf die Untersuchungen.....</b>	<b>87</b>
5.1	Ableitung der Fragestellungen .....	87
5.1.1	Fragestellung 1: „Entstehungsbedingungen“ .....	87
5.1.2	Fragestellung 2: „Symptome“ .....	88
5.1.3	Fragestellung 3: „Möglichkeiten der Reduktion von Monotonie“ .....	88
5.2	Ausblick auf die Untersuchungen .....	89
<b>6</b>	<b>U1: Explorative Befragung in Interviews .....</b>	<b>90</b>
6.1	Ziel .....	90
6.2	Fragestellungen .....	90
6.3	Methodenwahl.....	90
6.4	Vorbereitung und Durchführung der Interviews.....	91
6.4.1	Leitfadenerstellung .....	91
6.4.2	Stichprobe .....	93
6.4.3	Datenerhebung .....	93
6.5	Auswertung .....	94
6.6	Ergebnisse zur Konzeptualisierung von Monotonie .....	97
6.7	Ergebnisse zu den Entstehungsbedingungen .....	98
6.7.1	Ereignisarmut.....	98
6.7.2	Repetitivität.....	100
6.7.3	Kognitive Bindung an die Arbeitsaufgabe.....	102
6.7.4	Sonstige Entstehungsbedingungen .....	103
6.8	Ergebnisse zu den Symptomen .....	106
6.8.1	Müdigkeit.....	106
6.8.2	Langeweile.....	107
6.8.3	Negative Emotionen .....	109
6.8.4	Aufmerksamkeit/Leistung .....	110
6.8.5	Nachwirkungen.....	111
6.9	Ergebnisse zu den Ideen zum Umgang mit und zur Bewältigung von Monotonie.....	113
6.9.1	Personenbezogene Maßnahmen.....	114
6.9.2	Technische Maßnahmen .....	115
6.9.3	Arbeitsorganisatorische Maßnahmen .....	117
6.9.4	Arbeitsbezogene Ablenkung.....	118
6.9.5	Nichtarbeitsbezogene Ablenkung.....	119
6.10	Diskussion.....	123
<b>7</b>	<b>U2: Empirische Untersuchung der Ursachen von Monotonie bei Zugverkehrsleitenden .....</b>	<b>127</b>
7.1	Ziel .....	127
7.2	Fragestellung.....	127

---

7.3	Hypothesen .....	128
7.4	Methode .....	129
7.4.1	Stichprobe .....	129
7.4.2	Design .....	130
7.4.3	Datenerhebung .....	133
7.4.4	Auswertung .....	135
7.4.5	Ausgeschlossene Daten .....	137
7.5	Ergebnisse .....	137
7.5.1	Monotonieerleben .....	137
7.5.2	Herzrate .....	140
7.5.3	Herzratenvariabilität .....	143
7.6	Diskussion .....	145
<b>8</b>	<b>U3: Experimentelle Untersuchung der Auswirkung spezifischer Aufgabenmerkmale auf Monotonie.....</b>	<b>151</b>
8.1	Ziel .....	151
8.2	Fragestellungen .....	151
8.3	Hypothesen .....	153
8.4	Methode .....	154
8.4.1	Stichprobe .....	154
8.4.2	Design .....	155
8.4.3	Überwachungsaufgabe .....	158
8.4.4	Datenerhebung .....	159
8.4.5	Auswertung .....	160
8.5	Ergebnisse .....	161
8.5.1	Monotonieerleben .....	161
8.5.2	Entdeckungsleistung ( $d'$ ) .....	163
8.5.3	Reaktionszeit .....	165
8.5.4	Weitere Ergebnisse .....	167
8.6	Diskussion .....	168
<b>9</b>	<b>U4: Experimentelle Untersuchung des Einflusses von Sekundäraufgaben auf Monotonie.....</b>	<b>174</b>
9.1	Ziel .....	175
9.2	Fragestellungen .....	175
9.3	Hypothesen .....	177
9.4	Methode .....	178
9.4.1	Stichprobe .....	178
9.4.2	Design .....	178
9.4.3	Überwachungsaufgabe .....	181
9.4.4	Aufgabenbereicherung .....	182

9.4.5	Datenerhebung .....	183
9.4.6	Auswertung .....	184
9.5	Ergebnisse .....	185
9.5.1	Monotonieerleben .....	185
9.5.2	Entdeckungsleistung ( $d'$ ) .....	187
9.5.3	Reaktionszeit .....	188
9.6	Diskussion .....	190
<b>10</b>	<b>Abschließende Diskussion der Untersuchungen .....</b>	<b>195</b>
10.1	Zusammenfassung der Fragestellungen und neue Erkenntnisse .....	195
10.1.1	Neue Erkenntnisse zu den Entstehungsbedingungen von Monotonie .....	195
10.1.2	Neue Erkenntnisse zu den Symptomen von Monotonie .....	198
10.1.3	Neue Erkenntnisse zu Möglichkeiten der Reduktion von Monotonie .....	201
10.1.4	Implikationen für die Zugverkehrsleitung .....	202
10.2	Kritische Reflexion und Grenzen der Arbeit .....	204
10.2.1	Anwendungsfeld .....	204
10.2.2	Realisiertes Forschungsdesign und eingesetzte Methoden .....	204
10.3	Offene Fragen .....	209
10.4	Ausblick .....	211
10.4.1	Kognitionspsychologische Forschung .....	211
10.4.2	Arbeits- und Automatisierungsgestaltung in der Praxis .....	212
	<b>Literatur .....</b>	<b>213</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>226</b>
A	Interviewleitfaden U1 .....	227
B	Erhebungsbogen U2 .....	235
C	Anhang U3 .....	245
	C.1 Einstellungen Software TRAINS U3 .....	245
	C.2 Instruktionen U3 .....	250
	C.3 Erhebungsbogen U3 .....	252
D	Anhang U4 .....	257
	D.1 Einstellungen Software TRAINS U4 .....	257
	D.2 Instruktionen U4 .....	258
	D.3 Erhebungsbogen U4 .....	262

**Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen**

EEG	Elektroenzephalogramm
EKG	Elektrokardiogramm
HR	Herzrate
HRV	Herzratenvariabilität
MART	Malleable Attentional Resources Theory
RCS	Rail Control System
RMSSD	Root Mean Square of Successive Differences
SBB	Schweizerische Bundesbahnen AG
TIP	Threat Image Projection
TSI	Thackray Scale Inventory
U1	Untersuchung 1
U2	Untersuchung 2
U3	Untersuchung 3
U4	Untersuchung 4
VG	Versuchsgruppe
ZVL	Zugverkehrsleitende

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: ZVL Arbeitsplatz in der Betriebszentrale Ost (Bildquelle: © SBB).....	4
Abbildung 2: Situationsbewusstsein (nach Endsley, 1995a, 1995b) .....	5
Abbildung 3: Topologische Karte aus dem Leit- und Informationssystem ILTIS (Siemens, 2019) .....	10
Abbildung 4: Fahrplandarstellung aus dem Dispositionsunterstützungssystem RCS-Dispo (Bildquelle: © Sandro Hartmeier).....	11
Abbildung 5: Konzept der Monotonie und verwandte Konzepte .....	33
Abbildung 6: Vereinfachte Darstellung des Müdigkeitsmodells von May und Baldwin (2009).....	37
Abbildung 7: Dynamic Model of Stress and Sustained Attention (nach Hancock & Warm, 1989).....	44
Abbildung 8: Statistisches Modell der Signaldetektionstheorie (Schwaninger, 2005b, S. 116).....	67
Abbildung 9: Bsp. EKG (Tarvainen & Niskanen, 2014, S. 11).....	69
Abbildung 10: Monotoniekonzept in der vorliegenden Arbeit .....	71
Abbildung 11: Exploratives Sequenz Design (In Anlehnung an Creswell & Plano Clark, 2011, S. 69).....	89
Abbildung 12: Codeüberlappung zur Bestimmung der Intracoder Übereinstimmung (nach MAXQDA, 2017) .....	96
Abbildung 13: Zusammenfassende Inhaltsanalyse (vgl. Mayring, 1991).....	97
Abbildung 14: Single-Item-Skala zur Messung des Erlebens von Monotonie .....	130
Abbildung 15: Arbeitsschichten in der Zugverkehrsleitung (die genauen Start- und Endzeiten können nach Arbeitsplatz variieren).....	134
Abbildung 16: Verwendetes EKG Gerät (Bildquelle: Mega Electronics Ltd, 2013, S. 10).....	134
Abbildung 17: Ablauf der Datenerhebung in U2 .....	135
Abbildung 18: Bsp. EKG-Daten vor der Artefaktkorrektur.....	136
Abbildung 19: Bsp. EKG-Daten nach der Artefaktkorrektur .....	136
Abbildung 20: Monotonieerleben nach Belastung.....	138
Abbildung 21: Herzrate nach Belastung .....	141
Abbildung 22: Herzratenvariabilität nach Belastung .....	143
Abbildung 23: Single-Item-Skala zur Messung des Erlebens von Monotonie .....	155
Abbildung 24: Bildschirmausschnitt aus der Software TRAINS zu der Überwachungsaufgabe (nicht repetitiv).....	158
Abbildung 25: Bildschirmausschnitt aus der Software TRAINS zu der Überwachungsaufgabe (repetitiv).....	158
Abbildung 26: Beispiel eines kritischen Ereignisses: unterstrichene Zugnummer.....	159

---

Abbildung 27: Beispiel eines kritischen Ereignisses: magentafarbiger Kreis .....	159
Abbildung 28: Ablauf der Datenerhebung in U3 .....	159
Abbildung 29: Monotonieerleben nach Repetitivität und Ereignishäufigkeit .....	162
Abbildung 30: Entdeckungsleitung $d'$ nach Repetitivität und Ereignishäufigkeit .....	164
Abbildung 31: Reaktionszeit nach Repetitivität und Ereignishäufigkeit .....	166
Abbildung 32: Single-Item-Skala zur Messung des Erlebens von Monotonie .....	179
Abbildung 33: Beispielbild für Anforderungsniveau 1 und 2 .....	183
Abbildung 34: Ablauf der Datenerhebung in U4 .....	184
Abbildung 35: $\Delta$ Monotonieerleben nach Anforderungsniveau U4 .....	186
Abbildung 36: Entdeckungsleistung ( $d'$ ) nach Anforderungsniveau U4 .....	188
Abbildung 37: Reaktionszeit nach Anforderungsniveau U4 .....	189
Abbildung 38: Modifiziertes Monotoniekonzept (neue Elemente jeweils in <b>Fett</b> dargestellt) .....	201
Abbildung 39: Single-Item-Skala zur Messung des Erlebens von Monotonie .....	208
Abbildung 40: Offene Fragen zum modifizierten Monotoniekonzept .....	210

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Hauptaufgabenbereiche und kognitive Anforderungen an die ZVL (nach Fischer, 2008, S. 7).....	7
Tabelle 2: Arten der technischen Unterstützung von ZVL getrennt nach Aufgabenbereichen.....	12
Tabelle 3: Arten der Monotonieinduktion.....	18
Tabelle 4: Übersicht Konzeptabgrenzung.....	31
Tabelle 5: Zusammenfassung der Symptome von Monotonie.....	50
Tabelle 6: Erwartete negative Konsequenzen durch Monotonie in der Zugverkehrsleitung.....	53
Tabelle 7: Entstehungsbedingungen von Monotonie und zugehörige Aufgabenmerkmale in der Zugverkehrsleitung.....	64
Tabelle 8: Signale und Entdeckung.....	67
Tabelle 9: HRV-Maße (vgl. Tarvainen & Niskanen, 2014, S. 20).....	69
Tabelle 10: Maßnahmen zum Umgang mit Monotonie bei Tätigkeiten mit überwachender Kontrolle.....	72
Tabelle 11: Codes für die Interviewauswertung.....	95
Tabelle 12: Konzeptualisierung von Monotonie durch ZVL.....	98
Tabelle 13: Zusammenfassung Ergebnisse Ereignisarmut.....	100
Tabelle 14: Zusammenfassung Ergebnisse Repetitivität.....	102
Tabelle 15: Zusammenfassung Ergebnisse kognitive Bindung an die Arbeitsaufgabe.....	102
Tabelle 16: Zusammenfassung Ergebnisse weitere Entstehungsbedingungen.....	104
Tabelle 17: Zusammenfassung Entstehungsbedingungen.....	105
Tabelle 18: Zusammenfassung Ergebnisse Müdigkeit.....	107
Tabelle 19: Zusammenfassung Ergebnisse Langeweile.....	109
Tabelle 20: Zusammenfassung Ergebnisse negative Emotionen.....	109
Tabelle 21: Zusammenfassung Ergebnisse Aufmerksamkeit/Leistung.....	111
Tabelle 22: Zusammenfassung Ergebnisse Nachwirkungen.....	112
Tabelle 23: Zusammenfassung Ergebnisse Symptome.....	113
Tabelle 24: Zusammenfassung Ergebnisse personenbezogene Maßnahmen.....	115
Tabelle 25: Zusammenfassung Ergebnisse technische Maßnahmen.....	117
Tabelle 26: Zusammenfassung Ergebnisse arbeitsorganisatorische Maßnahmen.....	118
Tabelle 27: Zusammenfassung Ergebnisse arbeitsbezogene Ablenkung.....	119
Tabelle 28: Zusammenfassung Ergebnisse nichtarbeitsbezogene Ablenkung.....	121
Tabelle 29: Zusammenfassung Ergebnisse Umgang und Bewältigung (Maßnahmen).....	122
Tabelle 30: Zusammenfassung Ergebnisse Umgang und Bewältigung (Copingstrategien).....	123

---

Tabelle 31: Alle Hypothesen und Unterhypothesen U2.....	129
Tabelle 32: Unabhängige Variablen U2.....	131
Tabelle 33: Kontrollvariablen U2 .....	132
Tabelle 34: Unterhypothesen zum Monotonieerleben U2 .....	137
Tabelle 35: Ergebnisse deskriptiv zu Monotonieerleben U2 .....	138
Tabelle 36: Parameterschätzungen für das Multilevelmodell zu Monotonieerleben als Funktion von Belastung und Messzeitpunkt .....	140
Tabelle 37: Hypothese und Unterhypothesen zur Herzrate U2.....	140
Tabelle 38: Ergebnisse deskriptiv zu Herzrate U2.....	141
Tabelle 39: Parameterschätzungen für das Multilevelmodell zu Herzrate als Funktion von Belastung und Messzeitpunkt.....	142
Tabelle 40: Unterhypothesen zur Herzratenvariabilität U2 .....	143
Tabelle 41: Ergebnisse deskriptiv zu Herzratenvariabilität U2 .....	143
Tabelle 42: Parameterschätzungen für das Multilevelmodell zu Herzratenvariabilität als Funktion von Belastung und Messzeitpunkt.....	145
Tabelle 43: Ergebnisse der Prüfung von Hypothese 1 aus U2.....	145
Tabelle 44: Ergebnisse der Prüfung von Hypothese 2 aus U2 .....	146
Tabelle 45: Ergebnisse der Prüfung von Hypothese 3 aus U2 .....	147
Tabelle 46: In U3 berücksichtigte Symptome von Monotonie und erwartete negative Konsequenzen in der Zugverkehrsleitung .....	152
Tabelle 47: Hypothesen und Unterhypothesen U3 .....	153
Tabelle 48: Unabhängige Variablen U3.....	157
Tabelle 49: Kontrollvariablen U3 .....	157
Tabelle 50: Bedingungen für die Datenerhebung U3.....	160
Tabelle 51: Versuchsgruppen und Reihenfolgen der Bedingungen.....	160
Tabelle 52: Deskriptive Ergebnisse zu Monotonieerleben U3.....	161
Tabelle 53: Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse zum Monotonieerleben U3	162
Tabelle 54: Deskriptive Ergebnisse zur Entdeckungsleistung (d') U3 .....	163
Tabelle 55: Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse zur Entdeckungsleistung (d') U3 .....	164
Tabelle 56: Deskriptive Ergebnisse zur Reaktionszeit U3 .....	165
Tabelle 57: Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse zur Reaktionszeit U3.....	166
Tabelle 58: Deskriptive Ergebnisse zur Bedingung 1 (repetitiv, ereignisarm) U3 .....	167
Tabelle 59: Korrelationsmatrix zur Bedingung 1 (repetitiv, ereignisarm) U3 .....	167
Tabelle 60: Hypothesen U4.....	177
Tabelle 61: Abhängige und unabhängige Variablen U4 .....	180
Tabelle 62: Kontrollvariablen U4 .....	181

---

Tabelle 63: Zeitpunkte für die Sekundäraufgabe (min:sek) (U4) .....	184
Tabelle 64: Deskriptive Ergebnisse zu $\Delta$ Monotonieerleben U4 .....	185
Tabelle 65: Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse zum $\Delta$ Monotonieerleben U4 .....	186
Tabelle 66: Ergebnisse der post-hoc-Tests zum $\Delta$ Monotonieerleben U4 .....	187
Tabelle 67: Deskriptive Ergebnisse zu Entdeckungsleistung ( $d'$ ) U4.....	187
Tabelle 68: Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse zur Entdeckungsleistung ( $d'$ ) U4 .....	188
Tabelle 69: Deskriptive Ergebnisse zur Reaktionszeit U4.....	189
Tabelle 70: Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse zur Reaktionszeit U4 .....	189



## 1 Einleitung

Monotonie als Folge defizitärer Arbeitsplatzgestaltung ist heute ein weitreichendes Problem. Eine typische Entstehungsbedingung von Monotonie ist die Unterforderung durch repetitive und ereignisarme Arbeitsabläufe. Gemäß dem medizinischen Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen (Landau & Pressel, 2009) wird geschätzt, dass 35–40 % der Arbeitsplätze in der Europäischen Union diese Entstehungsbedingungen in ausreichender Stärke zur Auslösung von Monotonie als Zustand erfüllen.

Der Zustand der Monotonie zeichnet sich bei den Betroffenen durch verschiedene Symptome aus. Im Erleben zeigt sie sich durch aufgabenbezogene Langeweile und aufgabenbezogene Müdigkeit. Zusätzlich zeigt sich Monotonie in einer Verringerung der Aufmerksamkeit und, vermittelt dadurch, in reduzierter Leistung. Physiologische Veränderungen, wie eine Reduktion der zentralnervösen Aktivierung, gehören ebenfalls zu den Symptomen von Monotonie.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren durch Arbeitsteilung und das Aufkommen von Fließbandarbeit vor allem körperlich arbeitende Handwerker von Monotonie betroffen (Davies, 1926). Seit einigen Jahrzehnten führen die Veränderungen von Arbeitstätigkeiten und der Einsatz von Automatisierung auch bei Arbeitenden, die vorwiegend geistige Arbeit verrichten, verstärkt zu Monotonie (Thackray, 1980).

Im Allgemeinen soll die Automatisierung Probleme vermeiden, oft schafft sie jedoch auch neue (Bainbridge, 1982; Manzey, 2012). Dadurch, dass mehr Aufgaben von Computern übernommen werden, werden Operateure technischer Systeme immer mehr in eine passive, rein überwachende Tätigkeit gedrängt. Eine hohe Zuverlässigkeit technischer Systeme und die daraus resultierende geringe Anzahl von Ereignissen, die eine menschliche Intervention benötigen, verstärken die Problematik zusätzlich. Solche Überwachungstätigkeiten zeichnen sich in der Regel durch monotonieauslösende Arbeitsbedingungen aus, die das Ausführen der nicht automatisierten „Restfunktionen“ erheblich erschweren können und die Arbeitsplatzattraktivität senken.

Besonders kritisch ist, dass viele durch monotonieauslösende Arbeitsbedingungen geprägte Überwachungstätigkeiten in der Praxis sicherheitsrelevant sind und Fehler katastrophale Folgen haben können, z. B. in der Luftfahrt, Kernkraft, Medizin, chemischen Industrie oder im Eisenbahnverkehr.

Zugverkehrsleitende, die den Eisenbahnverkehr überwachen, führen eine solche durch monotoniauslösende Arbeitsbedingungen geprägte Tätigkeit aus. Ihre Aufgaben sind das Überwachen des Zugverkehrs sowie das Ansteuern von Weichen und Signalen am Computer. Die typische Arbeit von ZVL ist über lange Zeiträume die der überwachenden Kontrolle ohne Eingriffe. Bei der Ausführung ihrer Aufgaben übernehmen die ZVL Verantwortung für die Sicherheit von Lokführern, Passagieren, Rangierenden, Bauarbeitenden und anderen Personen im Bahnverkehr.

Illustriert wird die Relevanz des Themas Monotonie in der Zugverkehrsleitung unter anderem durch die Ergebnisse des Untersuchungsberichts zu der Zugkollision in Bad Aibling am 09.02.2016. Bei der Kollision wurden 11 Personen getötet und 90 Personen z. T. schwer verletzt. Im Bericht wird festgestellt, dass die Unterforderung durch „größere Zeitfenster ohne Tätigkeit“ (Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung, 2018, S. 220) einer der direkt beitragenden Faktoren zum Unfall war. Im Zusammenhang mit der Unterforderung und der draus entstandenen Monotonie lenkte der verantwortliche ZVL sich mit Hilfe eines Onlinespiels auf seinem Mobiltelefon selber ab und reagierte deshalb verspätet und fehlerhaft in der Gefahrensituation.

Die übergeordneten Ziele der vorliegenden Arbeit sind, neues Wissen zu Entstehungsbedingungen und Symptomen von Monotonie zu generieren sowie Möglichkeiten zu ihrer Reduktion zu untersuchen.

## 2 Zugverkehrsleitende und ihre Aufgaben

In diesem Kapitel wird auf die Zugverkehrsleitenden und ihre Aufgaben im Kontext der Bahn eingegangen. Bei Beschreibungen wird dabei zum Zweck der Konkretisierung teilweise auf länderspezifische (Schweiz) oder organisationsspezifische (SBB) Fakten Bezug genommen. In anderen Ländern oder Organisationen können Funktionen, organisatorische Einbettung und technische Bedingungen von der Beschreibung in diesem Kapitel abweichen. Grundsätzlich bieten sich dank der europaweit geltenden übergeordneten Regelungen für die Zugverkehrsleitung aber vergleichbare Bedingungen in den meisten europäischen Staaten.

### 2.1 Funktion von Zugverkehrsleitenden im System Bahn

Zugverkehrsleitende sind die „Fluglotsen der Bahn“. Zu ihren Aufgaben gehören das Überwachen des Zugverkehrs sowie das Ansteuern von Weichen und Signalen. ZVL bedienen jeweils einen eigenen geografisch abgegrenzten Bereich. Sie sind bei Problemen von Zügen auf der Strecke die ersten Ansprechpartner der Lokführenden. Sie koordinieren Streckensperrungen für Baustellen, leiten relevante Informationen an die Kundeninformation und alarmieren in Notfällen die Blaulichtorganisationen.

Fischer (2008) unterscheidet fünf Aufgabenbereiche von ZVL: (1) Überwachung des fahrplanmäßigen Zugverkehrs im Sektor, (2) Einstellen des Kurzfristverkehrs entsprechend Tagesplanung, (3) Management von Verspätungen, (4) Steuerung von Rangierbewegungen / Manövern, (5) Management von Störungen und Notfallsituationen.

Die Zugverkehrsleitung, wie der Bahnverkehr insgesamt, ist stark reguliert. Mit der Regulation wird eine notwendige Konsistenz für die Steuerung des Zugverkehrs hergestellt und die Vorhersehbarkeit der Reaktion aller Beteiligten sichergestellt, um die Zuverlässigkeit des Systems auf hohem Niveau zu erhalten. Die Funktion der Zugverkehrsleitung und -steuerung ist es, aktiv den dem Zugverkehr inhärenten Risiken entgegenzuwirken und insbesondere Zugkollisionen und Entgleisungen zu verhindern.

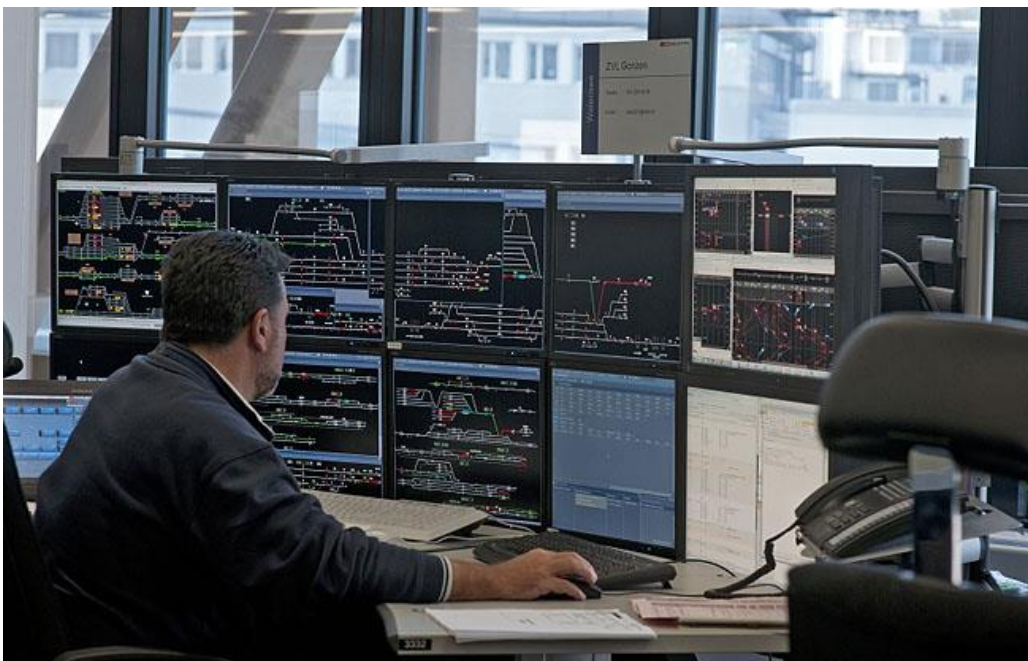
Bei der Ausführung ihrer Aufgaben haben die ZVL eine sicherheitsrelevante Funktion, bei der sie Verantwortung für die Sicherheit von Lokführenden, Passagieren, Rangierenden, Bauarbeitenden und anderen Personen im Bahnverkehr übernehmen, sie sind dabei immer an die Vorgaben der schweizerischen Fahrdienstvorschriften des Bundesamtes für Verkehr gebunden. Diese umfassen

die grundlegenden, sicherheitsrelevanten Regeln für alle Fahrten auf Schienen in der Schweiz. Konkret sind die ZVL verantwortlich für (Bundesamt für Verkehr, 2016):

- die rechtzeitige Fahrtstellung von Signalen,
- die Gewährleistung der Betriebssicherheit unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften / Reglemente und Abarbeitung von Checklisten,
- das Ausführen von Sofortmaßnahmen zur Verhinderung von Folgeschäden bei Ereignissen,
- und für die Auswirkungen der eigenen Dispositionsentscheide<sup>1</sup>.

Der Normalbetrieb ist weitgehend automatisiert und die Steuerung des Verkehrs wird größtenteils von der Technik übernommen. Eingriffe durch die Zugverkehrsleitenden sind meist noch bei dem Auftreten von Störungen, z. B. bei Ausfällen der Infrastruktur, Unfällen oder Fahrzeugstörungen sowie im Rangierbetrieb notwendig. Bereits heute sind aber auch die erwähnten Störungen und der Rangierbetrieb zumindest teilweise automatisiert.

Die typische Arbeit von ZVL ist meist über lange Zeiträume die der überwachenden Kontrolle an mehreren Bildschirmen (vgl. Abbildung 1) ohne Eingriffe.



*Abbildung 1: ZVL Arbeitsplatz in der Betriebszentrale Ost (Bildquelle: © SBB)*

---

<sup>1</sup> Disposition bedeutet in der Zugverkehrsleitung die Zuweisung von Fahrwegen an Züge

## 2.2 Kognitive Anforderungen an Zugverkehrsleitende

Die Aufgaben der Zugverkehrsleitung stellen verschiedene kognitive Anforderungen an die ZVL. Die kognitiven Anforderungen für die wichtigsten Aufgabenbereiche (vgl. Kapitel 2.1) von ZVL wurden in einer Untersuchung (Fischer, 2008) erfasst und beschrieben.

Ziel der Untersuchung war eine kognitive Modellierung in Form einer verallgemeinernden, abstrahierenden Beschreibung der kognitiven Anforderungen und Expertenleistungen von ZVL. Die verwendeten Methoden beinhalteten eine kognitive Aufgabenanalyse (Seamster, Redding & Kaempf, 1997) sowie Blickbewegungsuntersuchungen.

Als Grundlage für die Untersuchung wurde das Modell des Situationsbewusstseins (situation awareness) von Endsley (1995a, 1995b) gewählt und den Spezifika der Anforderungen an die ZVL angepasst. Das Modell des Situationsbewusstseins bezieht sich auf das Wissen eines Operators, in diesem Fall eines ZVL, über den Zustand der Objekte, die eine Situation konstituieren. Dabei wird Situationsbewusstsein in drei Ebenen unterteilt: (1) Wahrnehmung, (2) Verstehen, (3) Vorhersage. Zusätzlich werden auch die Elemente Entscheidung und Handlungsausführung im Modell berücksichtigt (siehe Abbildung 2).

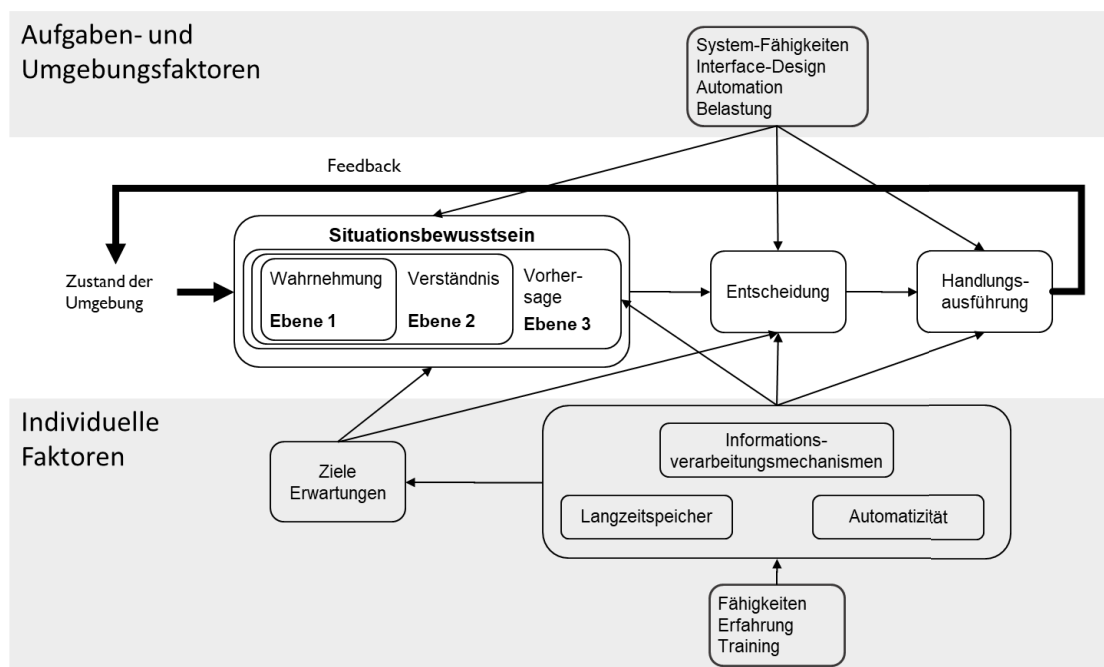


Abbildung 2: Situationsbewusstsein (nach Endsley, 1995a, 1995b)

Konkret bedeutet dies, dass aufgabenrelevantes Wissen, das Bestandteil des Situationsbewusstseins der ZVL ist, aufgabenspezifische Informationen über die dynamischen Zustände der Systemelemente „Züge - Gleisanlage - Fahrplan - Menschen - Situation“ beinhaltet. Für eine angemessene Aufgabenerfüllung müssen ZVL (Fischer, 2008):

- über ausreichend Information und Wissen über die aktuelle Situation im Sektor verfügen (z. B. Gleisverfügbarkeit, Verkehrsbelastung zur aktuellen Tageszeit), die Geschwindigkeiten der Züge kennen sowie topographische Kenntnisse haben (Ebene 1),
- die Bedeutung dieser Informationen verstehen, d. h. die Auswirkungen bestimmter Gegebenheiten in den Gleisanlagen bei den aktuellen Geschwindigkeiten der Züge und bestimmten anderen Situationsbedingungen abschätzen können (Ebene 2),
- aus dem Wissen von Ebene 1 und 2 das Verhalten der Züge im eigenen Sektor antizipieren, um Konflikte vorausschauend erkennen und lösen können (Ebene 3).

Zu Beginn einer Schicht, bei der Übernahme des zu überwachenden Gebietes, geschieht ein initialer Aufbau des Situationsabbildes. Danach wird versucht, über verschiedene Wahrnehmungsprozesse (Scanning, Screening, Monitoring) das Situationsbewusstsein ständig aufrecht zu erhalten. Hierzu müssen Züge hinsichtlich ihrer Geschwindigkeit und Pünktlichkeit sowie Strecken hinsichtlich relevanter Signale, Weichen und Störungen überwacht werden (Fischer, 2008). Aus der Fülle der zur Verfügung stehenden Informationen müssen jeweils die situativ aufgabenrelevanten Informationen selektiert werden, da unmöglich alle gleichzeitig von einem ZVL erfasst werden können.

Ein weiteres Ergebnis der Untersuchung ist eine Auflistung der Aufgabenbereiche von ZVL und den jeweils dazugehörigen kognitiven Anforderungen (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Hauptaufgabenbereiche und kognitive Anforderungen an die ZVL (nach Fischer, 2008, S. 7)

<b>Aufgabenbereiche</b>	<b>Kognitive Anforderungen</b>
Überwachung des fahrplanmäßigen Zugverkehrs im Sektor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientierung über relevante Situationsaspekte</li> <li>• Screening aller Systeme nach Auffälligkeiten und Abweichungen</li> <li>• Aufbau von fahrplan- und anlagenspezifischen mentalen Mustern bezüglich des aktuellen Solls</li> <li>• Mustererkennung</li> <li>• Identifizierung relevanter Abweichungen der Ist-Situation von Soll-Zuständen</li> <li>• möglichst frühzeitige Antizipation von Abweichungen, die in den nächsten Minuten zu Konflikten<sup>2</sup> / Handlungsbedarf führen könnten</li> </ul>
Einstellen des Kurzfristverkehrs entsprechend Tagesplanung <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• möglichst vollständige Aufnahme der zusätzlichen Fahrplaninformationen und Selektion aller für den eigenen Bereich relevanten Informationen</li> <li>• Update des mentalen Modells der Soll-Situation durch Integration neuer Informationen</li> <li>• mentale Simulation der Auswirkungen eingeplanter Veränderungen</li> <li>• antizipative Konflikterkennung bei Inkompatibilität mit bisherigen Fahrplananforderungen</li> <li>• antizipatives Problemlösen</li> </ul>
Management von Verspätungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• selektive Informationsaufnahme aller für den zu steuernden Sektor erforderlichen Informationen aus verschiedenen Informationsquellen</li> <li>• Identifizierung aller für den eigenen Sektor relevanten Verspätungen durch Mustererkennung</li> <li>• mentale Simulation in der Prognose von Verspätungsfolgen</li> <li>• Einschätzung der Handlungsrelevanz erkannter Muster</li> <li>• Priorisierung von Handlungserfordernissen</li> </ul>
Steuerung von Rangierbewegungen / Manövern	<ul style="list-style-type: none"> <li>• möglichst vollständige Informationsaufnahme über Rangierstraßen in Gesamt-, vor allem aber Detailansicht</li> <li>• gleichzeitige Berücksichtigung aller anderen relevanten Informationen in eigenen und angrenzenden Sektoren</li> <li>• kontinuierliches Monitoring der Rangierstraßen</li> <li>• Integration der Informationen zum Rangieren, Aktualisierung der mentalen Repräsentation der Situation und mentale Simulation der Rangieraktivitäten</li> <li>• Entscheidung über Vorliegen von Handlungsbedarf</li> <li>• antizipative Konflikterkennung bei Inkompatibilität mit programmierten Abläufen und anderen situativen Anforderungen im Sektor</li> <li>• antizipatives Problemlösen mit Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit weiterem geplantem und ungeplantem Verkehr</li> </ul>
Management von Störungen und Notfallsituationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wissensbasierte Informationsselektion und -aufnahme</li> <li>• aktive, konzeptgesteuerte, hypothesengeleitete Informationsbeschaffung zur Störungsanalyse</li> <li>• Interpretation und kategoriale Zuordnung von Störungsmeldungen</li> <li>• Einschätzung der Schwere von Störungen, möglicher Konsequenzen für den folgenden Verkehr sowie des Handlungsbedarfs</li> <li>• Priorisierung notwendiger Maßnahmen</li> <li>• mentale Simulation von Szenarios hinsichtlich Störungsquellen, Störungsverläufe und Handlungsmöglichkeiten</li> <li>• Problemlösen bei der Störungsbehebung</li> <li>• externe / interne Kommunikation und Koordination der eingeleiteten Maßnahmen</li> </ul>

<sup>2</sup> Konflikte bedeuten im Bahnverkehr, dass zwei Züge gleichzeitig für die Fahrt auf demselben Streckenabschnitt eingeteilt sind. Von der Bahntechnik wird jeweils ein Zug Prioritär behandelt während der Andere warten muss bis der Streckenabschnitt wieder frei ist.

<sup>3</sup> Das Einstellen des Kurzfristverkehrs bedeutet die manuelle Eingabe von Zugdaten in das System, das für die vollautomatisierte Abwicklung des fahrplanmäßigen Zugverkehrs zuständig ist. Dies betrifft Neu- oder Umlanungen von Zügen mit einem Zeithorizont von weniger als einem Tag

Im Bericht stellt Fischer (2008) außerdem fest, dass die meisten Handlungen, die von ZVL in den beschriebenen Aufgaben ausgeführt werden, Routinehandlungen sind, einzige Ausnahmen bilden solche im Management von Störungen und in Notfallsituationen.

Bei der Betrachtung der kognitiven Anforderungen (Tabelle 1), könnte man zum Schluss kommen, dass die Arbeit der ZVL reich an Abwechslung und Ereignissen ist. Abwechslung von der passiven Überwachungsaufgabe und Ereignisse wie Störungen kommen jedoch in der ZVL Arbeit nicht oft vor. Die verschiedenen Aufgabenbereiche nehmen in der Regel sehr unterschiedlich viel Arbeitszeit in Anspruch.

Die Überwachung des fahrplanmäßigen Zugverkehrs im Sektor als rein passive Aufgabe nimmt den größten Teil der Arbeitszeit in Anspruch und muss gegebenenfalls auch parallel zu den anderen Aufgaben ausgeführt werden. Ein Unterbrechen der Überwachung während der Arbeit ist nicht möglich, sie sollte kontinuierlich während der gesamten Arbeitszeit aufrechterhalten werden.

Die Routinetätigkeiten beim Einstellen des Kurzfristverkehrs entsprechend Tagesplanung, Management von Verspätungen und in der Steuerung von Rangierbewegungen sind meist in wenigen Sekunden oder Minuten erledigt, sie müssen in vielen, jedoch nicht in allen Arbeitsschichten ausgeführt werden.

Die einzige Nicht-Routinetätigkeit, das Management von Störungen und Notfallsituationen, muss vergleichsweise selten verrichtet werden.

Die Tätigkeiten der ZVL in allen Aufgabenbereichen werden durch technische Hilfsmittel unterstützt. Diese Hilfsmittel erleichtern die Aufgabenausführung durch eine Vereinfachung der kognitiven Anforderungen teilweise stark. Auf diese Hilfsmittel wird im folgenden Absatz eingegangen.

### **2.3 Technische Unterstützung**

ZVL werden zur Bewältigung ihrer Aufgaben von verschiedenen technischen Systemen unterstützt. Nachfolgend werden die wichtigsten technischen Systeme und ihre Aufgaben in dem soziotechnischen System aufgezeigt.

Die technischen Systeme übernehmen gezielt verschiedene Funktionen in der Zugverkehrsleitung. Zur Verdeutlichung wird auf vier Arten der im heutigen Bahnverkehr zentralen, technischen Systeme eingegangen: Leit- und Informationssysteme, Dispositionsunterstützungssysteme, Zugreihenfolgeoptimierungssysteme sowie Alarmierungs- und Ereignisassistenten. Diese Liste der technischen Systeme in der Bahnverkehrssteuerung ist nicht vollständig und abschließend, gibt aber einen Überblick über das Ausmaß der vorhandenen technischen Unterstützung von ZVL bei ihren Aufgaben.

Im Anschluss wird aufgezeigt, welche Aufgabenbereiche in welcher Form durch diese Systeme unterstützt werden.

### **2.3.1 Leit- und Informationssysteme**

Leit- und Informationssysteme in der Zugverkehrsleitung verknüpfen Ist-Daten aus dem Bahnbetrieb mit den Soll-Fahrplandaten und berechnen die Fahrplanabweichungen für jedes Fahrzeug auf dem Schienennetz (BAV, 2017).

Leit- und Informationssysteme bilden die operative Ebene für die Bahnautomatisierung. Von einem PC-Arbeitsplatz aus können ZVL mit Hilfe eines Leit- und Informationssystems den gesamten Bahnbetrieb durch Regelbedienhandlungen per Mausclick und mit Tastatureingaben steuern. Die Umsetzung der getätigten Bedienungen in Form von Signal- und Weichenschaltungen findet automatisch statt (Siemens, 2019).

Leitsysteme zeigen die aktuellen Zugläufe mit Visualisierung der Zugnummern in topologischen Darstellungen, die den von ZVL überwachten und gesteuerten Bereichen entsprechen (vgl. Abbildung 3).



Abbildung 3: Topologische Karte aus dem Leit- und Informationssystem ILTIS (Siemens, 2019)

Mit Hilfe integrierter Zugdatenbanken, welche alle Fahrplaninformationen beinhalten, wird eine völlig automatische Abwicklung des Regelverkehrs ermöglicht (inkl. Sonderzüge, Baustellen, etc.). Bei der automatischen Abwicklung der Zuglenkung werden alle Zugfahrstraßen automatisch gestellt. Die Automatik berücksichtigt dabei die Beziehungen der Züge untereinander, d. h. sie wartet Anschlüsse ab, organisiert Zugskreuzungen und sorgt für gewünschte Reihenfolgen.

Neben den Informationen für die automatische Zuglenkung werden in einem Leit- und Informationssystem auch die Daten für die automatisierte Fahrgast-Informationsanzeige verwaltet (Siemens, 2019).

### 2.3.2 Dispositionsunterstützungssysteme

Systeme zur Dispositionsunterstützung berechnen den Ist-Zustand, visualisieren den Soll-Zustand und bilden Fahrprognosen des Zugverkehrs im gesamten Netz. Die Systeme liefern ein einheitliches Prozessabbild mit Fahrplandarstellung in Echtzeit (vgl. Abbildung 4). Betriebsrelevante Informationen aus verschiedenen Systemen werden auf einer standardisierten Bedienoberfläche zusammengeführt (SBB, 2017). Mit Hilfe der Fahrprognosen können die Folgen verschiedener Entscheidungen im Voraus im System sichtbar gemacht werden.

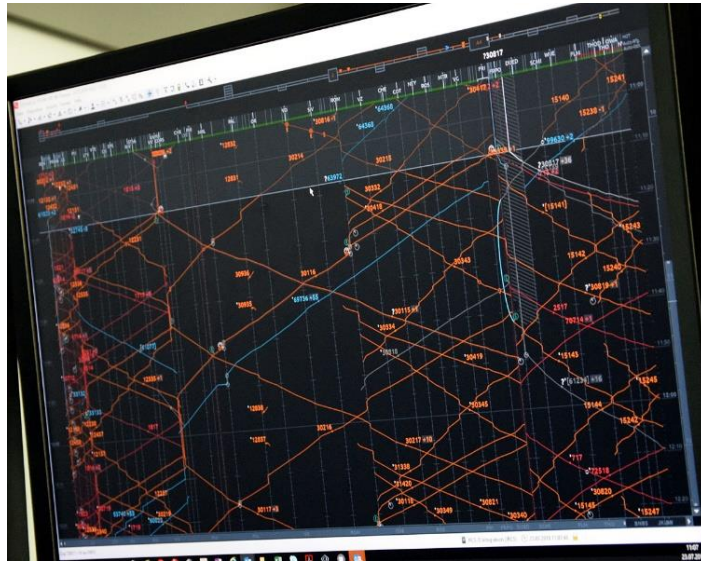


Abbildung 4: Fahrplandarstellung aus dem Dispositionsunterstützungssystem RCS-Dispo (Bildquelle: © Sandro Hartmeier)

### 2.3.3 Zugreihenfolgeoptimierungssysteme

Systeme zur Zugreihenfolgeoptimierung berechnen die optimale Reihenfolge von Zügen an neuralgischen Punkten im Schienennetz. Sie erkennen dispositive Abweichungen zwischen Fahrplan und optimalem Zustand, berechnen automatisch Zuglenkdaten neu und übermitteln diese direkt an das Leitsystem (SBB, 2017).

### 2.3.4 Alarmierungs- und Ereignisassistenten

Ein Alarmierungs- und Ereignisassistent dient als Kommunikationsinstrument bei technischen und betrieblichen Störungen. Er kanalisiert alle relevanten Informationen zu einem Ereignis. Ein Alarmierungs- und Ereignisassistent leitet alle Informationen und getroffenen Entscheidungen automatisch, schnell, zielgerichtet und individuell an die betroffenen Stellen weiter (SBB, 2017).

Die vorhandenen technischen Systeme unterstützen die ZVL auf unterschiedliche Weise und in unterschiedlichen Aufgabenbereichen. Zur Übersicht wird in Tabelle 2 dargestellt, welche Art der Unterstützung die ZVL in den verschiedenen Aufgabenbereichen, in denen sie tätig sind, durch die technischen Systeme erhalten.

Tabelle 2: Arten der technischen Unterstützung von ZVL getrennt nach Aufgabenbereichen

<b>Aufgabenbereiche</b>	<b>Art der technischen Unterstützung</b>
Steuerung des fahrplanmäßigen Zugverkehrs im Sektor	<p>Im Bereich des fahrplanmäßigen Zugverkehrs findet eine vollständig automatische Abwicklung des Regelverkehrs durch die technischen Systeme statt. Dies beinhaltet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• automatisches stellen von Zugfahrstraßen,</li> <li>• Berücksichtigen von Anschlüssen,</li> <li>• Kreuzen von Zügen und</li> <li>• die automatische Kundeninformation.</li> </ul>
Überwachung des fahrplanmäßigen Zugverkehrs im Sektor	<p>Die Wahrnehmung von relevanten Hinweisreizen betreffend Überwachung des fahrplanmäßigen Zugverkehrs durch die ZVL wird durch die vorhandene Technik stark unterstützt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Signal- und Weichenstellungen, Gleisbelegungen, Zuglage und -geschwindigkeit werden auf grafischen Bedienoberflächen angezeigt.</li> <li>• Das Verstehen der Situation wird neben der Visualisierung des Ist-Zustandes durch eine Echtzeit-Anzeige des geplanten Soll-Zustands im gesamten Netz unterstützt. Abweichungen zwischen dem Ist- und Soll-Zustand werden hervorgehoben.</li> <li>• Die Vorhersage des Systemverhaltens wird durch verschiedene Ansichten des geplanten und künftigen Schienenverkehrs sowie der dabei auftretenden Konflikte in Form von Zugfahrtprognosen unterstützt.</li> </ul>
Einstellen des Kurzfristverkehrs entsprechend Tagesplanung	<p>Entscheidungen und die Ausführung von Handlungen beim Einstellen des Kurzfristverkehrs entsprechend Tagesplanung werden durch die Technik unterstützt durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die automatisierte Optimierung der Reihenfolge von Zügen an neuralgischen Punkten im Schienennetz.</li> <li>• automatische Vorschläge für optimale Fahrstraßen,</li> <li>• automatische Zugdatengenerierung (z. B. für die Kundeninformation oder Konflikterkennung).</li> </ul>
Management von Verspätungen	<p>Das Management von Verspätungen wird technisch unterstützt durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das automatische Anschlussmanagement (beim Entscheid, welche Anschlüsse im Falle einer Verspätung gehalten werden).</li> <li>• die Anzeige und Hervorhebung von Informationen zu Verspätungen und daraus resultierenden Konflikten auf verschiedenen grafischen Darstellungen.</li> <li>• automatische Kundeninformation</li> </ul>
Steuerung von Rangierbewegungen / Manövern	<p>Die Steuerung von Rangierbewegungen / Manövern wird unterstützt durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• automatische Vorschläge für optimale Fahrstraßen</li> <li>• digitale Übermittlung der Anfragen von Rangierleitenden vor Ort</li> <li>• automatisches Schalten von Rangiersignalen und Weichen entsprechend der vorgenommenen Planung.</li> </ul>
Management von Störungen und Notfallsituationen	<p>Das Management von Störungen und Notfallsituationen wird unterstützt durch</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• visuelle Hervorhebung von technischen Störungen auf verschiedenen grafischen Darstellungen</li> <li>• akustische Störungsmeldung</li> <li>• automatische zielgerichtete Informationsweiterleitung an betroffene Stellen</li> <li>• Zugfahrtsprognosen unter der Berücksichtigung aktueller Einschränkungen durch eine Störung.</li> <li>• vordefinierte und anpassbare Störungskonzepte zur Zuglenkung und Kundeninformation (z. B. zu Ersatzzügen) für bestimmte Streckenabschnitte</li> <li>• eine Auswahl von Textbausteinen für eine störungsspezifische Kundeninformation</li> </ul>

Das Ausmaß an technischer Unterstützung bei der Ausführung der Aufgaben in der Zugverkehrsleitung ist insgesamt sehr hoch. In allen Aufgabenbereichen der Zugverkehrsleitung gibt es technische Unterstützung und Automatisierung. Die Steuerung des fahrplanmäßigen Zugverkehrs im Sektor als Aufgabenbereich ist vollständig automatisiert und benötigt die ZVL nicht mehr.

Die Erfüllung der kognitiven Anforderungen, die an die ZVL gestellt werden, wird durch die Unterstützung der technischen Systeme stark vereinfacht. Dies betrifft kognitive Anforderungen zu allen Elementen des Situationsbewusstseins (Endsley, 1995a), zur Entscheidungsfindung und zur Handlungsausführung.

## **2.4 Arbeitsbedingungen**

Innerhalb der Bahnverkehrsunternehmen sind ZVL durch ihre Funktion mit bestimmten Arbeitsbedingungen konfrontiert. Nachfolgend soll auf drei zentrale Bedingungen eingegangen werden: (1) Schichtarbeit, (2) Wochenend- und Feiertagsarbeit und (3) tageszeit- und wochentagabhängiges Verkehrsaufkommen.

### **2.4.1 Schichtarbeit**

Züge verkehren rund um die Uhr auf den Schienennetzen vieler Bahnverkehrsunternehmen. Dies führt dazu, dass 24 Stunden am Tag ZVL zur Überwachung und Steuerung des Bahnverkehrs benötigt werden.

ZVL arbeiten in den Bahnverkehrsunternehmen typischerweise in einem 3-Schicht-Modell mit achtstündigen Schichten. Die Frühschicht beginnt um ca. 04:00 Uhr morgens und dauert bis zum Mittag. Die Mittelschicht dauert vom Mittag bis zum Abend um ca. 20:00 Uhr. Die Spätschicht dauert vom Abend bis zum bereits erwähnten Beginn der nächsten Frühschicht.

Während jeder Schicht haben die ZVL eine 20-minütige Pause in der Schichtmitte. Damit die Ausführung der ZVL-Funktionen auch während der Pause sichergestellt werden kann, müssen diese für die Dauer der Pause abgelöst werden.

### **2.4.2 Wochenend- und Feiertagsarbeit**

Da Züge auch an den Wochenenden und Feiertagen verkehren, ist auch an diesen eine Überwachung und Steuerung des Bahnverkehrs durch ZVL notwendig.

### 2.4.3 Tageszeit- und wochentagabhängiges Verkehrsaufkommen

Das Verkehrsaufkommen bezieht sich auf die Anzahl der Züge, die in einer Region gleichzeitig die Schienen befahren. Es variiert systematisch nach Tageszeit und Wochentag.

Zeiten mit besonders hohem Verkehrsaufkommen sind die sogenannten Hauptverkehrszeiten (ugs. „Rush Hour“). Die Hauptverkehrszeiten im Bahnverkehr dauern unter der Woche (Montag bis Freitag) ca. von 06:00 Uhr bis 09:00 Uhr und von 16:00 Uhr bis 19:00 Uhr. Am Wochenende gibt es keine Hauptverkehrszeiten. Gründe für die Hauptverkehrszeiten sind hauptsächlich der Ausbildungs- und Arbeitsverkehr (BFS, 2017).

Im Gegensatz zu den Hauptverkehrszeiten ist das Verkehrsaufkommen in den Rand- und Nachtverkehrszeiten besonders gering. Als Randverkehrszeiten gelten im Allgemeinen die frühen Morgenstunden, die Abendstunden nach den Ladenschlusszeiten und das Wochenende (Samstag und Sonntag). Die Nachtverkehrszeit dauert von ca. Mitternacht bis ca. 04:30 Uhr, sie beschreibt im Bahnverkehr die Zeiten, in denen kaum oder keine Züge zum Zweck der Personenbeförderung mehr verkehren. Typischerweise sind in den Nachtverkehrszeiten noch Güterzüge und Baustellenzüge auf dem Schienennetz aktiv.

Zusammenfassend zeigen sich in der Zugverkehrsleitung besondere Herausforderungen, die zu bewältigen sind. Zur Erfüllung ihrer sicherheitskritischen Funktion müssen ZVL stetig eine große Menge Information überwachen. Durch einen hohen Grad an technischer Unterstützung und Automatisierung sind ZVL überwiegend in einer passiven Rolle. Die Arbeitsbedingungen in der Zugverkehrsleitung führen zu langen Zeiträumen mit niedriger Belastung durch ein geringes Verkehrsaufkommen.

Eine Folge der beschriebenen Bedingungen, denen ZVL ausgesetzt sind, ist Monotonie. Nachfolgend wird auf die theoretischen Grundlagen zu Monotonie und ihre Auswirkungen in der Zugverkehrsleitung eingegangen.

### 3 Das Konzept „Monotonie“

#### 3.1 Das Konzept „Monotonie“ in der Psychologie

##### 3.1.1 Monotonie als Zustand der Person

Im medizinischen Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen (Landau & Pressel, 2009) wird Monotonie als Zustand einer Person definiert. Ähnlich dem Zustand der Ermüdung oder des Stresses ist Monotonie eine Beanspruchungsreaktion, die mit einer temporär begrenzten Verschlechterung der Leistung in Aufgaben, bestimmten Erlebenskomponenten wie auch körperlichen Anpassungen einhergeht.

Monotonie wird hier an die Arbeitstätigkeit gebunden und als Zustand von reversibler, herabgesetzter psychischer Aktivität beschrieben. Sie ist als Zustand typischerweise zeitlich auf eine Arbeitsschicht begrenzt und nicht als langfristige Folge zu betrachten. Die Reversibilität des Zustands zeigt sich, wenn sich die Arbeitstätigkeit, die ausgeführt wird, oder die Umstände, in denen die Arbeitstätigkeit ausgeführt wird, verändern. In diesen Fällen bildet sich der Zustand der Monotonie ohne Verzögerung zurück. Voraussetzung für das Auftreten von Monotonie sind bestimmte Tätigkeitsmerkmale wie Einförmigkeit, Reizarmut und Repetitivität. Monotonie zeigt sich in der subjektiven Wahrnehmung, dem Verhalten wie auch durch physiologische Merkmale.

Problematisch an dieser Definition des medizinischen Lexikons der beruflichen Belastungen und Gefährdungen (Landau & Pressel, 2009) ist insbesondere die Bindung von Monotonie an Arbeit, bzw. die Arbeitsschicht. Das Erleben von Monotonie setzt nicht Arbeit sondern vielmehr einen Aufgabenbezug oder eine Tätigkeit voraus (vgl. Hacker & Richter, 1984). Es ist durchaus denkbar, auch in der Freizeit Monotonie zu erleben.

Auch im Dorsch – Lexikon der Psychologie (Wirtz, 2014) wird Monotonie als Zustand verstanden. Der Zustand der Monotonie wird nach dieser Definition ausgelöst durch langandauernde, gleichförmige, reizarme Tätigkeiten, die einen mittleren Grad geistiger Anspannung erfordern. Als Symptome von Monotonie werden Schläfrigkeit, geistige Stumpfheit sowie eine Herabsetzung der Leistungs- und Reaktionsfähigkeit genannt.

Physiologische Reaktionen, die mit Monotonie einhergehen, haben ihre Ursache in einer Zunahme der Vaguswirkung. Wird die monotonieauslösende Tätigkeit beendet, schwindet auch der Zustand

der Monotonie. Wirtz (2014, S. 661) stellt im Weiteren fest, dass die Anfälligkeit für Monotonie interindividuell unterschiedlich ist und Menschen mit „geringerer geistiger Begabung“ eine höhere Resistenz gegenüber Monotonie haben sollen.

Unklar bleibt, warum in der Definition von Wirtz (2014) ein mittlerer Grad geistiger Anspannung für Monotonie vorausgesetzt wird. In anderen Definitionen, in denen die geistige Beanspruchung thematisiert wird, kann überzeugend dargelegt werden, dass eher die Unterbeanspruchung und ihre damit einhergehende tiefe geistige Anspannung ein Auslöser für Monotonie ist (vgl. Welford, 1965). Diese Annahme wurde in empirischen Studien bestätigt (Dunn, 2011; Havermans, Vancleef, Kalamatianos & Nederkoorn, 2015; Ralph, Onderwater, Thomson & Smilek, 2017).

Kritisch ist die Aussage zu betrachten, dass Menschen mit geringerer geistiger Begabung weniger anfällig für das Erleben von Monotonie sind. Während Wirtz hier Bartenwerfer (1970) als Quelle heranzieht, berichtet eben dieser Autor später, dass es empirisch keine Hinweise auf einen solchen Zusammenhang gibt (Bartenwerfer, 1985).

In der Deutschen Industrie-Norm DIN EN ISO 10075-1:2000 (vgl. Demerouti et al., 2012) wird Monotonie definiert als ein „langsam entstehender Zustand herabgesetzter Aktivierung, der bei langdauernden, einförmigen und sich wiederholenden Arbeitsaufgaben oder Tätigkeiten auftreten kann und der hauptsächlich mit Schläfrigkeit, Müdigkeit, Leistungsabnahme und -schwankungen, Verminderung der Umstellungs- und Reaktionsfähigkeit sowie Zunahme der Schwankungen der Herzschlagfrequenz einhergeht“ (Demerouti et al., 2012 S. 88). Monotonie wird dabei als ermüdungsähnlicher Zustand unter den negativen Beanspruchungsfolgen in ein Belastungs-Beanspruchungs-Modell eingeordnet.

Insgesamt wirkt die Auswahl der verschiedenen Symptome in dieser Definition von Demerouti und Kollegen (2012) für die Beschreibung von Monotonie arbiträr. Es bleibt zum Beispiel unklar, warum gerade die Schwankungen der Herzschlagfrequenz als einziges physiologisches Symptom erwähnt wird und nicht beispielsweise die Veränderungen in der Hirnaktivität oder der Hautleitfähigkeit. Eine Differenzierung des verwendeten Müdigkeitskonzepts, wie sie z. B. von May und Baldwin (2009) in aktive und passive aufgabenbezogene Müdigkeit sowie Schläfrigkeit vorgenommen wird, wäre für diese Definition hilfreich, um Unklarheiten zu vermeiden. Mit einer solchen Differenzierung könnte das Konzept der Monotonie auch besser zum in Beziehung gesetzten Ermüdungskonzept abgegrenzt werden.

Eine weitere Definition sieht Monotonie als Zustand eines Organismus, in dem eine kognitive Unterbeanspruchung dazu führt, dass dieser nicht mit voller Effizienz arbeiten kann (Welford, 1965). Welford (1965) ging davon aus, dass der Mensch einen gewissen minimalen „Durchsatz“ (throughput) an Information benötigt, um effizient und aufmerksam agieren zu können.

Die Sichtweise von Welford (1965) erscheint unvollständig, da der Bezug von Monotonie zu einer Tätigkeit fehlt. Während die Unterbeanspruchung sicherlich ein contribuierender Faktor für Monotonie ist, sollte sie nicht alleine auf diesen reduziert werden. In einer übersteigerten Form würde diese Sichtweise bedeuten, dass jegliche Form von Ruhe oder auch Pausen Monotoniezustände auslösen. Erkenntnisse aus der Erholungsforschung zeigen, dass dies so nicht zutrifft (Wieland-Eckelmann, 1994).

Sowohl Smith (1955) als auch Thackray, Bailey und Touchstone (1975) definieren das Konzept der Monotonie ebenfalls als Zustand des Menschen, aber eingeschränkt allein auf die Erlebenskomponente. Sie setzen Monotonie mit Langeweile gleich und verwenden dafür den Doppelbegriff der „Langeweile-Monotonie“ (boredom-monotony). Monotonie wird dabei definiert als „das Erleben, das beim Ausführen von uniformen oder repetitiven Aufgaben entsteht“ (Smith, 1955, S. 322).

Auch die Einschränkung auf die Erlebenskomponente, wie sie von Smith (1955) und Thackray, Bailey und Touchstone (1975) vorgenommen wird, muss als unvollständig betrachtet werden, um das Syndrom Monotonie zu beschreiben. Zu viele andere Symptome gehen mit diesen Erlebenskomponenten einher.

Durch die Definition von Monotonie als Erleben, das beim Ausführen von uniformen oder repetitiven Aufgaben entsteht, besteht die Gefahr eines Zirkelschlussarguments, wobei Monotonie das ist, was unter monotonen Bedingungen ausgelöst wird. Ein zusätzliches Problem bei dieser Art der Begriffsbestimmung ist die Annahme, dass die gleichen Bedingungen von unterschiedlichen Menschen auf dieselbe Weise erlebt werden, bzw. zum selben Zustand führen. Damit bleiben individuelle Unterschiede unberücksichtigt.

Generell kann festgestellt werden, dass die vorgestellten Definitionen von Monotonie als *Zustand der Person* Lücken aufweisen. Dies in den Aspekten Tätigkeits- bzw. Aufgabenbezug, Beanspruchungsgrad, Abgrenzung zum Ermüdungskonzept sowie individueller Unterschiede.

Zur Induktion von Monotonie als *Zustand der Person* werden in psychologischen Untersuchungen unterschiedliche Methoden verwendet. Typischerweise werden dafür Aufgaben verwendet, die sich durch einförmige, ereignisarme und/oder repetitive Tätigkeiten auszeichnen. Die Aufgaben sind außerdem so gestaltet, dass sie geringe Anforderungen an die kognitiven Fähigkeiten der Teilnehmenden stellen.

Tabelle 3: Arten der Monotonieinduktion

Nr.	Name	Aufgabe bzw. Aktivität
1	Vollautomatisiertes Autofahren	In einem Simulator müssen die Teilnehmenden ein vollautomatisch fahrendes Auto überwachen. Das Auto fährt dabei mit konstanter Geschwindigkeit (125 km/h) auf der Mittelspur einer sechsspurigen Autobahn (Körber, Cingel, Zimmermann & Bengler, 2015).
2	Lange Autobahnfahrt	Die Teilnehmenden fahren über eine Länge von 428 Kilometer (ca. 4,5 Stunden) auf einem Autobahnabschnitt bei tiefem Verkehrsaufkommen (A 81, südlich von Stuttgart, Deutschland) (Schmidt, 2010; Schmidt, Schrauf, Simon, Buchner & Kincses, 2011).
3	Anzeigeüberwachung	Die Teilnehmenden überwachen an einem Monitor zwei künstlich erzeugte, sich langsam verändernde Werte. Dabei haben sie die Aufgabe, darauf zu achten, dass die Werte einen vorbestimmten Wertebereich nicht über- bzw. unterschreiten (Johansson, Cavalini & Pettersson, 1996).
4	Simulierte Radarkontrollaufgabe	Die Teilnehmenden überwachen einen Radarbildschirm und sollen dabei bestimmte Veränderungen der simulierten Flugnummern (Wechsel des letzten Buchstabens der Nummer von “C“ auf “N“) feststellen und per Tastendruck melden. Insgesamt finden diese melderelevanten Ereignisse 20 Mal während der einstündigen Aufgabe statt (Thackray et al., 1977).
5	Abtippen	Die Teilnehmenden müssen während 42 Minuten wiederholt präsentierte Buchstabenpaare auf einer Tastatur abtippen (McBain, 1970).

Die verschiedenen Aufgaben, die zur Monotonieinduktion verwendet werden, befinden sich dabei auf einem breiten Spektrum von sehr abstrakt (Abtippen) bis zu sehr konkret (lange Autobahnfahrt).

Vorteil der konkreteren Aufgaben ist eine bessere Übertragbarkeit von Ergebnissen auf praktische Kontexte. Nachteil sind die meist aufwändigere Organisation der Versuche (Mittfahrten) bzw. teuren Versuchsanlagen (z. B. Simulator etc.), die dafür benötigt werden.

### 3.1.2 Monotonie als Aufgabenmerkmal und Umgebungsbedingung

In diesem Abschnitt wird auf verschiedene Konzeptualisierungen und Definitionen von Monotonie anderer Autoren eingegangen, die Monotonie als Aufgabenmerkmal und Umgebungsbedingung verstehen.

Grundsätzlich wird für die vorliegende Arbeit *Monotonie als Zustand* einer Person verstanden, nicht als Merkmal einer Aufgabe oder Umgebungsbedingung (siehe 3.5 „Verwendung des Monotoniekonzepts in der vorliegenden Arbeit“). Die Auseinandersetzung mit anderen Auffassungen bzw. alternativen Positionen zum Konzept dient dem Darstellen des aktuellen wissenschaftlichen Diskurses in der Arbeit. Die Ziele dabei sind ein breit abgestütztes Verständnis von Monotonie zu bieten sowie das Aufzeigen in der Wissenschaft bestehender Differenzen und Unklarheiten.

Auf verschiedene Entstehungsbedingungen von Monotonie als Zustand, die sich zu großen Teilen mit den in diesem Abschnitt beschriebenen Aufgabenmerkmalen und Umgebungsbedingungen überschneiden, wird unter 3.3 „Entstehungsbedingungen von Monotonie (als Zustand)“ differenziert eingegangen.

Der Zusammenzug von Aufgabenmerkmal und Umgebungsbedingung in diesem Abschnitt ergibt sich aus der Schwierigkeit, diese bei der Betrachtung von Monotonie eindeutig voneinander zu trennen. Insbesondere bei Überwachungsaufgaben ist eine klare Trennung der beiden Konzepte oft nicht möglich. In der Zugverkehrsleitung muss das Ausmaß des Verkehrsaufkommens beispielsweise sowohl als Teil der Überwachungsaufgabe selbst als auch als Umgebungsbedingung betrachtet werden. Als Teil der Aufgabe, weil das Verkehrsaufkommen (z. B. die Anzahl Züge) bestimmt, wie viele Elemente in der Überwachung auf Abweichungen vom Soll-Zustand (z. B. Pünktlichkeit) geprüft werden müssen. Als Teil der Umgebung, weil das Verkehrsaufkommen Repetitivität und die Menge an neuen visuellen Reizen bestimmt.

In Fahrexperimenten mit Spurhaltung sind die Kurven der Straße sowohl Teil der Aufgabe als auch Teil der Umgebung. Dies soll allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass diese Schwierigkeit nicht für alle Elemente der Aufgaben bzw. der Umgebung gilt. Beispielsweise würde die

Raumgestaltung wohl in den meisten Fällen als Umgebungsbedingung betrachtet werden und die Taktgeschwindigkeit eines Fließbandes als Merkmal der Aufgabe.

Im Unterschied zu den Definitionen von Monotonie als Zustand der Person wird in anderen Texten Monotonie als Umgebungsbedingung im Sinne einer äußeren Belastung definiert. Beispielsweise definiert McBain (1970) Monotonie als exogenen aufgabenbezogenen Faktor, der die objektive Charakteristik der Umwelt hat, sich nicht oder lediglich in einer repetitiven und vorhersagbaren Weise zu verändern. Auch andere Autoren verwenden diese Formulierung zur Definition von Monotonie (Davies, Shackleton & Parasuraman, 1983; Dunn, 2011; O’Hanlon, 1981), wobei Davies et al. (1983) ergänzend hinzufügen, dass zusätzlich eine geringe wahrgenommene Kontrolle des Individuums über die Situation besteht. Sie stellen fest, dass Monotonie das Gegenteil von Variabilität ist. Subjektive Erlebenskomponenten wie Langeweile sowie verringerte Aktivierung (arousal) und Aufmerksamkeit sind in dieser Sichtweise die Folgen von Monotonie.

In dieser Definition von McBain (1970) fehlt das Eingehen auf Unterbeanspruchung bzw. die Ereignisarmut, die in anderen Definitionen enthalten ist, die später entstanden sind.

Johansson (1989) unterscheidet in ihrer Sichtweise der Monotonie als Umgebungsbedingung zwischen zwei Formen von Monotonie; die repetitive und die ereignisarme Monotonie. Als repetitiv-monoton werden Situationen verstanden, bei denen Reize, Abläufe von Geschehnissen und Körperbewegungen sich oft und in hoher Taktfrequenz wiederholen. Als typisches Beispiel für repetitiv-monotone Umgebungen führt sie Fließbandarbeiten auf. Ereignisarme Monotonie zeichnet sich im Gegensatz dazu durch konstante, gleichbleibende Reize mit wenigen oder nur schwer wahrzunehmenden Ereignissen oder Veränderungen aus. Typischerweise tritt diese Art von Monotonie bei Überwachungsaufgaben in Kontrollräumen (z. B. in Kraftwerken, bei der Flugsicherung, in der Zugverkehrsleitung, bei der Satellitenüberwachung usw.) auf.

Konzeptuell erscheint eine solche Trennung zwischen repetitiver und ereignisarmer Monotonie sinnvoll, insofern dadurch unterschiedliche Merkmale differenziert werden. Praktisch ist eine strenge Trennung aber schwierig aufrechtzuerhalten, da beiden beschriebenen Formen der Monotonie dieselben Auswirkungen zugeschrieben werden und viele Tätigkeiten sowohl Elemente von repetitiver als auch ereignisarmer Monotonie enthalten. Dies gilt auch für die beiden von Johansson genannten Beispiele.

Peter et al. (1990) betrachten die vollständige Reizdeprivation, also das Fehlen von Umgebungsreizen, als äußerste Form der Monotonie. Eine ähnliche Ansicht teilt Greschner (2011) in seinen Untersuchungen von Maßnahmen gegen Schläfrigkeit im Straßenverkehr, wobei er Monotonie als Umgebungsbedingung definiert, in der ein Mangel an äußeren Reizen herrscht. Demnach sind insbesondere folgende Bedingungen als monoton zu betrachten: (1) lang andauernde, repetitive oder eintönige Tätigkeiten, (2) kurze Zyklusdauer von sich wiederholenden Operationen, (3) kurze Anlernzeiten, (4) soziale Isolierung, (5) geringe Möglichkeiten der körperlichen Bewegung und (5) eine dunkle Umgebung. Als Beispiele für solche Arbeitsbedingungen werden die hochautomatisierten Arbeitsplätze von Flugzeugpilot\*innen, Lokführer\*innen und generell von Überwachungstätigkeiten genannt.

Die Betrachtungsweise von Peter et al. (1990) und Greschner (2011) kann auch als Extremvariante der von Johansson (1989) vorgeschlagenen ereignisarmen Monotonie verstanden werden. Sie greift aber zu kurz, da eine vollständige Reizdeprivation nicht mit dem Ausführen einer Aufgabe einhergeht, sondern höchstens mit großem Aufwand in Deprivationstanks hergestellt werden kann. Wenn das Fehlen von Reizen die einzige Bedingung für das Auslösen von Monotoniezuständen wäre, könnte diesem Problem kaum etwas an praktischer Relevanz abgewonnen werden.

Die Sichtweise von Monotonie als Umgebungsbedingung ist problematisch für die Verwendung in einem psychologisch-wissenschaftlichen Kontext, da sie im Allgemeinen keine direkten Schlussfolgerungen auf die Auswirkungen zulässt. Sie vernachlässigt das Individuum vollständig. Die Umgebungsbedingungen werden als objektiv und absolut verstanden, jedoch können Umgebungsbedingungen wie Ereignisarmut, Repetitivität und Vorhersagbarkeit durchaus individuell unterschiedlich wahrgenommen oder subjektiv interpretiert werden. Diese Art der Definition von Monotonie kann nicht erklären, warum verschiedene Menschen die gleiche repetitive, vorhersagbare Situation mit sehr unterschiedlichen Auswirkungen erleben. Gerade repetitive Rituale, wie sie in verschiedenen Formen der Meditation oder in religiösen Praktiken vorkommen, werden von den Praktizierenden oft als positiv, befreiend und als Flow-Zustand (siehe 3.1.3.4 Flow) erlebt. Dies gilt auch für Arbeitstätigkeiten. So können auch an einem Fließband arbeitende Personen Flow-Erleben haben (vgl. LeFevre, 1988).

Eine Gemeinsamkeit der Definitionen von Monotonie als Umgebungsbedingung ist das Fehlen von neuen Reizen als auslösende Bedingung für Monotonieerleben. Dies ist unabhängig davon, ob dieses Fehlen von neuen Reizen durch Repetitivität oder Ereignisarmut zustande kommt.

Monotonie als Konzept wird also in der Psychologie nicht konsistent verwendet. Einer der Hauptunterschiede stellt hierbei die Beschreibung von Monotonie entweder als Zustand einer Person (Demerouti et al., 2012; Landau & Pressel, 2009; Thackray et al., 1977; Welford, 1965; Wirtz, 2014) oder als Umgebungsbedingung (Davies et al., 1983; Dunn, 2011; Greschner, 2011; McBain, 1970; O’Hanlon, 1981) dar.

Mehrere Autoren (Bartenwerfer, 1985; Melamed, Ben-Avi, Luz & Green, 1995a) versuchen, diese Problematik der inkonsistenten Verwendung des Begriffs durch das Einführen von Begriffen aufzulösen, die eine klare Unterscheidung der verschiedenen Konzepte ermöglichen.

Bartenwerfer (1985, S. 8) schlägt beispielsweise vor, jeweils Formulierungen wie „monotone Arbeit“, „einförmige Arbeit“ oder „Monotonie der Arbeit“ zu verwenden, wenn mit Monotonie die Arbeitsbedingungen gemeint sind. Für Monotonie, die auf innere Vorgänge oder Zustände von Menschen referenziert, schlägt er die Begriffe „Monotoniezustand“, „Monotoniegefühl“ und „Monotonieempfindung“ vor. Ein anderer Vorschlag ist die Unterscheidung in objektive und subjektive Monotonie (Melamed et al., 1995a). Die objektive Monotonie steht dabei für die Monotonie als Umgebungsbedingung, die subjektive Monotonie für Monotonie als Zustand.

Die Einführung differenzierter Begriffe für das Konzept Monotonie löst das Problem der inkonsistenten Begriffsverwendung jedoch nur teilweise. Sie können in einigen Fällen sogar Verwirrung verursachen, insbesondere weil in Texten kaum durchgehend für jede Verwendung des Begriffs Monotonie geklärt werden kann, ob nun objektive oder subjektive Monotonie gemeint ist (vgl. Dunn, 2011).

Monotonie wird in allen Definitionen als negativ bzw. nicht wünschenswert für Betroffene dargestellt. Die unterschiedlichen Definitionen von Monotonie konzentrieren sich dabei vor allem auf das Individuum, die Aufgabe und die Umgebungsbedingungen. Folglich wird eher auf einzelne Aspekte von Monotonie fokussiert und dabei kaum die Betrachtungsweise eines System- oder sogar globalen Kontextes in die Definition miteinbezogen (z. B. könnte Ereignisarmut bei der Überwachung durchaus positiv im Sinne der Systemstabilität gedeutet werden).

Kritisch ist ebenfalls die in allen Definitionen enthaltene linear sequenzielle Ursache-Wirkungs-Beziehung. Wechselbeziehungen zwischen monotonen Umgebungsbedingungen und Monotoniezuständen durch Verhaltensveränderungen konnten bereits empirisch nachgewiesen werden (z. B.

Nederkoorn, Vancleef, Wilkenhöner, Claes & Havermans, 2016). Ziel dieser Verhaltensänderungen ist es, den Zustand der Monotonie zu unterbrechen, entweder durch Veränderungen der Umgebung oder durch zusätzliche Reize. Die beobachteten Verhaltensänderungen sprechen gegen eine lineare Ursache-Wirkungs-Beziehung. Es muss von einer dynamischen, gegenseitigen Beeinflussung von Umgebungsbedingung und Monotoniezustand ausgegangen werden.

### **3.1.3 Abgrenzung zu verwandten Konzepten**

In diesem Abschnitt werden Konzepte vorgestellt, die mit Monotonie verwandt sind. Diese Verwandtschaft kann sich sowohl auf die Ursachen als auch auf die Symptome beziehen. Es wird auf Müdigkeit, Langeweile, psychische Sättigung und auf das Flow-Konzept eingegangen. Zur Abgrenzung werden neben Ähnlichkeiten auch Unterschiede zu Monotonie genannt.

#### **3.1.3.1 Müdigkeit**

Ermüdung ist eine vorübergehende Beeinträchtigung der psychischen und körperlichen Funktionstüchtigkeit, die von Intensität, Dauer und Verlauf der vorangegangenen Beanspruchung abhängt (Demerouti et al., 2012). Der Grad der Ermüdung zeigt das Bedürfnis nach Erholung an. Bei physischen Beanspruchungen wird von physischer Müdigkeit und bei psychischen Beanspruchungen von mentaler bzw. psychischer Müdigkeit gesprochen.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass, je stärker die Intensität und je länger die Dauer einer Beanspruchung sind und je seltener bzw. kürzer die Ruhezeiten sind, desto eher tritt Ermüdung ein. Sie entsteht durch qualitative und quantitative Überbeanspruchung (Schmidt, 2010).

Obwohl es neben Ähnlichkeiten konzeptuell eindeutige Unterschiede zwischen Müdigkeit und Monotonie gibt, wird in empirischen Untersuchungen teilweise nicht klar zwischen den beiden Konzepten unterschieden.

Dadurch, dass eintönige, repetitive und ereignisarm gestaltete Aufgaben zur Induktion von Müdigkeit und auch von Monotonie verwendet werden, besteht die Gefahr, dass beide Konzepte miteinander verwechselt bzw. vermischt werden (Boksem, Meijman & Lorist, 2005; Karrer-Gauß, 2012; Schmidt, 2010; Welford, 1965). Eine Folge dieser Vermischung ist, dass Ergebnisse nicht angemessen differenziert werden können.

Müdigkeit macht sich subjektiv durch eine Reduktion von Affektivität, Konzentrationsfähigkeit, Aufmerksamkeit und Motivation bemerkbar (Straussberger, 2006). Müdigkeitssymptome auf physiologischer Ebene sind eine eingeschränkte motorische und sensomotorische Koordination, verringerte Präzision von Bewegungsabläufen, abflachende Atmung, Schwankungen der Herzrate (Karrer-Gauß, 2012) sowie häufiges Blinzeln, erhöhte Variabilität der Herzrate, verringerte Hautleitfähigkeit und endokrine Aktivität (Straussberger, 2006). Auf psychischer Ebene zeigen sich Rezeptions- und Wahrnehmungsstörungen sowie eine Abnahme der Konzentrations-, Aufmerksamkeits- und Denkfähigkeit, eine Motivationsabnahme, Reizbarkeit, das subjektive Müdigkeitsgefühl sowie das Bedürfnis nach Schlaf (Karrer-Gauß, 2012).

Im Gegensatz zur Monotonie ist Müdigkeit nicht an spezifische Situationsmerkmale oder eine Aufgabe gebunden. Während Monotonie ohne Zeitverzögerung durch eine Umgebungs- oder Aufgabenveränderung aufgehoben werden kann, muss Müdigkeit vom Menschen erholt werden, typischerweise durch Schlaf (Hacker & Richter, 1984; Karrer-Gauß, 2012). In diesen unterschiedlichen Aufhebungsprozessen liegt ein Hauptunterschied zur Monotonie.

Faktoren, die einen großen Einfluss auf Müdigkeit haben können, sind unter anderem der zirkadiane Rhythmus (National Research Council, 2011) und verschiedene Medikamente.

Eine spezielle Form der Müdigkeit ist die passive aufgabenbezogene Müdigkeit (May & Baldwin, 2009). Darauf wird in Kapitel 3.2.1.2 (S. 37) eingegangen.

Die bestehenden Konzeptualisierungen von Müdigkeit basieren entweder auf physiologischen Symptomen oder auf vorangehenden Beanspruchungen. Die Erlebensdimension von Müdigkeit wurde bisher eher im Kontext von Studien zu unterschiedlichen Krankheitsbildern berücksichtigt (z. B. Jenkin, Koch & Kralik, 2006; Richardson & Ream, 1996). Aus psychologischer und praxisorientierter Sicht wäre eine Konzeptdifferenzierung wünschenswert, die stärker auf die Erlebensdimensionen von Müdigkeit im Arbeitskontext eingeht. Dies wäre auch für eine klarere Abgrenzung zwischen Müdigkeit und Monotonie von Nutzen.

Die Induktion von Müdigkeit durch Unterforderung und eintönige Situationen (z.B. Karrer-Gauß, 2012) macht es zudem schwierig, das Konzept klar von Monotonie zu unterscheiden. Hinzu kommt die Schwierigkeit, klar zu bestimmen, ob Symptome wie eine Abnahme der Aufmerksamkeit oder die erhöhte Variabilität der Herzrate, die in der Literatur häufig als Auswirkungen von

Müdigkeit genannt werden, tatsächlich durch Müdigkeit selbst oder nicht doch durch den müdigkeitsähnlichen Zustand der Monotonie hervorgerufen wurden. Eine solche systematische Verzerrung kann zu einer einseitigen Betrachtung von Müdigkeit und zu einer diffusen Abgrenzung zum Konzept Monotonie führen.

### 3.1.3.2 Langeweile

Langeweile wird in der vorliegenden Arbeit als Symptom des Monotoniezustands betrachtet (3.2.1.1 Aufgabenbezogene Langeweile). Sie kann aber auch als ein mit Monotonie verwandtes Konstrukt angesehen werden, dem andere auslösende Bedingungen als Monotonie zugrunde liegen.

Konzeptuell wird zwischen drei verschiedenen Auslösern für Langeweile unterschieden: (1) der Person, (2) der Situation und der (3) Interaktion zwischen Situation und Person (Mercer-Lynn, Bar & Eastwood, 2014). Insbesondere durch die Betrachtung der Person selbst als ursächlicher Auslöser ist eine klare Differenzierung zur Monotonie gegeben. Eine Ursache für Langeweile wird z. B. darin gesehen, dass eine Person ihre eigenen Sehnsüchte (desires) nicht kennt und deswegen unfähig ist, diese zu befriedigen (Wangh, 1975). Alternativ wird die Unfähigkeit zur eigenen Aufmerksamkeitsregulation als eine in der Person liegende Ursache für Langeweile betrachtet (Fisher, 1993).

Umgangssprachlich wird der Begriff Langeweile sehr breit verwendet. Fisher (1993) definiert Langeweile als vorübergehenden, affektiven bzw. emotionalen Zustand, in dem das Individuum ein beherrschendes Gefühl der Interesselosigkeit gegenüber der gegenwärtig ausgeführten Tätigkeit hat.

Eastwood, Frischen, Fenske und Smilek (2012, S. 482) definieren Langeweile nicht über das Erleben äußerer Entstehungsbedingungen, sondern mithilfe des Begriffs der Aufmerksamkeit und Attribution: „Langeweile ist der aversive Zustand, der entsteht, wenn wir (a) nicht fähig sind, unsere Aufmerksamkeit mit internaler oder externaler Information, welche für eine befriedigende Beschäftigung notwendig ist, zu beschäftigen, (b) fokussiert darauf sind, dass wir nicht fähig sind, Aufmerksamkeit aufzubringen und an einer befriedigenden Aktivität teilnehmen können, (c) diesen aversiven Zustand mit der Umgebung attribuieren.“

Das Konzept der Langeweile wird von mehreren Autoren in verschiedene Formen bzw. Dimensionen unterteilt. Unterteilt wird zwischen einer generellen Form der Langeweile, die sich primär auf das emotionale Erleben beschränkt und prinzipiell unabhängig von einer Aufgabe und Umgebungsbedingungen auftreten kann, und zwischen einer spezifisch aufgabenbezogenen Form, wie in der oben beschriebenen Definition von Fisher (1993). Zur generellen Form zählt z. B. die Beschreibung der „existentiellen Langeweile“ (Doehlemann, 1991). In dieser wird Langeweile als Paradoxie beschrieben, als „leeres Sehnen“ und „ziellooses Streben“. Bei den Experimenten von Haager, Kuhbander und Pekrun (2016) wird diese Art der Langeweile als „nebensächliche Langeweile“ (incidental boredom) beschrieben. Acee et al. (2010) nennen diese Form „selbstfokussierte Langeweile“ (self-focused boredom) und charakterisieren sie als Emotion mit den parallel existierenden Anteilen „frustriert“, „genervt“, „ungeduldig“, „apathisch“ und „müde“.

Im Unterschied dazu stehen die Formen der Langeweile, die spezifisch aufgabenbezogen sind (vgl. task focussed boredom, Acee et al., 2010; task related boredom, Haager et al., 2016) (siehe auch Kapitel 3.2.1.1 Aufgabenbezogene Langeweile).

Die genannten Differenzierungen basieren primär auf unterschiedlichen Auslösern von Langeweile, resultieren aber nicht in unterschiedlichem, subjektiv emotionalem Erleben (Mercer-Lynn, Bar, & Eastwood, 2014).

Die umgangssprachlich breite Verwendung des Begriffs der Langeweile führt in der wissenschaftlichen Verwendung zu Schwierigkeiten. Insbesondere lädt die umgangssprachliche Verwendung zu Zirkelschlüssen ein, wenn Ursache und Wirkung nicht klar getrennt werden. Für die vorliegende Arbeit soll gelten, was in der überwiegenden Mehrheit der vorliegenden wissenschaftlichen Texte gilt: Langeweile wird als eine Emotion verstanden.

### **3.1.3.3 Psychische Sättigung**

Die psychische Sättigung ist nach Demerouti et al. (2012) ein Zustand der nervös-unruhevollen, stark affektbetonten Ablehnung einer sich wiederholenden Tätigkeit oder Situation, bei der Betroffene das Gefühl des Auf-der-Stelle-Tretens oder des Nicht-Weiterkommens erleben.

Nach Bartenwerfer (1985) kann psychische Sättigung, in Abhängigkeit von individuellen inneren Einstellungen, aus repetitiven Arbeitssituationen entstehen. In einem weiterentwickelten Modell

zur psychischen Sättigung definieren Schulz-Hardt, Rott, Meinken und Frey (2001, S. 143) psychische Sättigung als einen „Verlust intrinsischer Motivation zur Ausführung einer Handlung, der sich durch fortwährende Wiederholung dieser Handlungsausführung ergibt“. Die Autoren beschreiben dabei „den Sättigungspunkt als denjenigen Punkt, an dem die intrinsische Motivation auf null gesunken ist“. Intrinsische Motivation wird dabei verstanden als Motivation, die aus inneren Anreizen der Sache bzw. der Aufgabe (z. B. dem Schwierigkeitsgrad, dem Neuigkeitsgrad, etc.) entsteht (Wirtz, 2014).

Die Ablehnung und Abneigung gegen eine Handlung entstehen, wenn sie aufgrund extrinsischer Motivation (z. B. durch äußere Anreize wie Belohnung oder Bestrafung) weiter ausgeführt wird und es dadurch zu einer Übersättigung kommt. Der Sättigungsprozess wird umso mehr beschleunigt, je geringer die wahrgenommene Sinnhaftigkeit der Aufgabe ist. Insbesondere drei Bedingungen werden als Voraussetzung für das Entstehen von psychischer Sättigung genannt: (1) wiederholte Ausführung einer Handlung, (2) benötigte bewusste Regulierung der Handlung, und (3) kein Vorwärtkommen trotz dauernden Aufwandes (Schulz-Hardt, Rott, et al., 2001).

Psychische Sättigung und der Zustand der Monotonie können entsprechend sehr ähnliche situative Umstände als Ursachen haben. Der Unterschied zur Monotonie besteht in der benötigten und bewussten Handlungsregulierung; beispielsweise führen durch Übung automatisierte Handlungen zu keiner Sättigung. Grund dafür ist, dass automatisierte Handlungen keine bewusste Handlungsregulierung erfordern und dadurch nur wenig kognitive Ressourcen benötigen. Entsprechend führen auch Fließbandarbeiten, die in der Ausführung lediglich einfache Handgriffe erfordern, ebenfalls zu keiner Sättigung, da die (geübten) Handgriffe selbst nicht mehr bewusst als Handlung reguliert bzw. wahrgenommen werden.

Im Falle der Monotonie wird jedoch genau das zum Problem; dass die „Haupthandlung“ nicht mehr verfügbar ist. In diesen Fällen wird nur noch ein sich wiederholender, diffuser Rhythmus wahrgenommen und das als Monotonie wahrgenommene „Dämmern“ wird zur neuen Haupthandlung (Schulz-Hardt, Rott, et al., 2001).

Wie der Zustand der Monotonie gilt auch der Zustand der psychischen Sättigung als ermüdungsähnlicher Zustand, der sich durch mehrere Symptome auszeichnet. Wie Monotonie und Ermüdung kann die psychische Sättigung bei Arbeitstätigkeiten entstehen, ist reversibel und bewirkt eine Leistungsminderung (Hacker & Richter, 1984). In einem Experiment mit 66 Versuchspersonen

konnte die Gruppe von Schulz-Hardt, Meinken, Rott und Frey (2001) nachweisen, dass Aufgaben, die eine bewusste Ausführung erfordern (schwer automatisierbar sind) und eine persönliche Relevanz haben, zu einer höheren Sättigung führen als andere Aufgaben.

Im Gegensatz zu Monotonie ist die psychische Sättigung mit starken negativen Emotionen gegenüber den sie auslösenden Handlungen verbunden. So beschreibt Richter (2000) als Folge von psychischer Sättigung, dass in Einzelfällen auch sozial nicht konforme Verhaltensweisen wie Wutausbrüche gezeigt werden. Im Vergleich zu den anderen Beanspruchungsfolgen (z. B. Monotonie, Müdigkeit) kann psychische Sättigung bereits vor der Ausführung einer Tätigkeit antizipativ erlebt werden (Demerouti et al., 2012; Richter, 2000; Schulz-Hardt, Rott, et al., 2001).

Typische Symptome erlebter psychischer Sättigung sind die bereits erwähnten negativen Emotionen wie Ärger oder Wut, eine Reduktion von Motivation und Trägheit (Straussberger, 2006). Als physiologische Symptome zeigen sich generell eine Steigerung des zentralnervösen Aktivierungsniveaus, z. B. eine gesteigerte Kreislaufaktivität (Herzrate), und eine gesteigerte Hautleitfähigkeit (Demerouti et al., 2012; Straussberger, 2006). Psychische Sättigung kann mit verstärkten Leistungsschwankungen und einer generellen Reduktion von Leistung bei der Ausführung der auslösenden Aufgabe einhergehen (Hacker & Richter, 1984; Schulz-Hardt, Rott, et al., 2001; Straussberger, 2006).

Die als Voraussetzung für eine psychische Sättigung benötigte bewusste Handlungsregulierung (vgl. Schulz-Hardt, Rott, et al., 2001) weist direkt auf eine Bedingung für den Zustand der Monotonie hin: die Automatisierbarkeit von Handlungen bei der Ausführung einer Tätigkeit. Schlussfolgernd wird klar, dass Maßnahmen gegen Monotonie, die darauf basieren, die Automatisierbarkeit der auszuführenden Handlungen zu verringern, nicht zwingend eine Situationsverbesserung herbeiführen. Dies kann dann der Fall sein, wenn Aufgaben und Bedingungen, die Monotonie erzeugen, so verändert werden (z. B. durch das Hinzufügen von schwer automatisierbaren Elementen, wie das Merken von Zwischenergebnissen), dass sie stattdessen zu psychischer Sättigung führen (vgl. Schulz-Hardt, Meinken, et al., 2001).

Genau wie der Zustand der Monotonie muss auch die psychische Sättigung für Betroffene als unerwünscht betrachtet werden.

### 3.1.3.4 Flow

Flow ist ein Konzept aus der positiven Psychologie und der Glücksforschung. Flow beschreibt einen subjektiven Zustand, von dem Personen berichten, wenn sie vollkommen involviert in etwas sind. In einem Flow-Zustand vergessen Personen die Zeit, Ermüdung und alles andere, bis auf die Aktivität selbst (Csikszentmihalyi, 2014). In der Phänomenologie bildet Flow damit den Gegensatz zur Monotonie als Zustand einer Person. Konträr zur Monotonie werden durch das Flow-Erleben Zeitspannen verkürzt wahrgenommen sowie passive Ermüdung und aufgabenbezogene Langeweile reduziert.

Eine Ähnlichkeit zur Monotonie besteht darin, dass in beiden Konzepten das Erleben einer Situation dadurch gekennzeichnet ist, dass einzelne Handlungen reduziert wahrgenommen werden.

Diese Wahrnehmungsreduktion einzelner Handlungen findet bei Monotonie durch eine Automatisierung der Handlungsausführung statt, wodurch die einzelnen Handlungen nur noch als unbewusste Nebenhandlung ausgeführt werden (Schulz-Hardt, Rott, et al., 2001). Im Flow-Konzept erfolgt diese Reduktion, wenn Personen in ihrer Aufgabe aufgehen und Handlungen dadurch im Bewusstsein der Person, auf einer übergeordneten Tätigkeitsebene, repräsentiert werden.

Das Flow-Konzept von Csikszentmihalyi (2014) leitet sich aus zwei zentralen Dimensionen ab: den Anforderungen (challenges) und den Fähigkeiten (skills) einer Person. Konzeptuell ist dadurch eine enge Verwandtschaft zum Monotoniekonzept gegeben. Während Flow entsteht, wenn sowohl die Fähigkeiten einer Person als auch die Anforderungen einer Aufgabe hoch sind, entsteht Monotonie bei einer Imbalance der beiden Dimensionen; wenn die Fähigkeiten zwar hoch, die Anforderungen jedoch tief sind.

Während der Flow-Zustand subjektiv als positiv und wünschenswert betrachtet wird, kann er aber durchaus negative Auswirkungen auf die Aufgabenausführung haben. Negative Aspekte von Flow werden von Schüler (2014) ausführlich thematisiert. Zu diesen Aspekten zählen: (1) eine Reduktion des Aufmerksamkeitsfokus; (2) die Vernachlässigung von nicht Flow relevanten Zielen und Werten, (3) die Überschätzung der eigenen Fähigkeiten (unrealistischer Optimismus), (4) die Vernachlässigung von relevanten Zeitinformationen und Plänen basierend auf zeitlichen Abläufen, (5) eine verminderte Risikowahrnehmung und erhöhte Risikobereitschaft (6) sowie Suchtverhalten bezüglich Flow erzeugender Aktivitäten.

Flow beeinflusst einige der gleichen Erlebenskomponenten wie Monotonie (Zeitwahrnehmung, passive Ermüdung und aufgabenbezogene Langeweile), jedoch in konträrer Wirkungsweise. Für beide Konzepte wird eine reduzierte Wahrnehmung von einzelnen Handlungen beschrieben.

Die zwei zentralen Dimensionen bei der Entstehung von Flow, Anforderungen und Fähigkeiten, können auch für die Beschreibung der Entstehung von Monotonie herbeigezogen werden. Das Flow-Konzept zeigt durch die Auswirkungen der unterschiedlichen Ausprägungen von Anforderungen und Fähigkeiten Wege zur Verhinderung bzw. Aufhebung des Monotoniezustandes auf. So kann eine Anforderungserhöhung nicht nur einen Monotoniezustand abbauen, sondern auch ein Flow-Erleben ermöglichen.

Während Flow subjektiv als wünschbar gilt, sind die beschriebenen negativen Auswirkungen für die Aufgabenausführung nicht zu unterschätzen. Für die Ausführung von Aufgaben in der Überwachung, wie sie in dieser Arbeit thematisiert werden, sind die Reduktion des Aufmerksamkeitsfokus, die Vernachlässigung von Zielen, Zeitinformationen und Plänen, unrealistischer Optimismus und eine erhöhte Risikobereitschaft zu erwähnen. Die Reduktion von Monotonie auf Kosten dieser negativen Auswirkungen ist als problematisch anzusehen.

### **3.1.3.5 Übersicht zur Abgrenzung**

Zur Übersicht werden in Tabelle 4 die zentralen Auslöser, Symptome und spezifischen Merkmale der beschriebenen Konzepte Monotonie, Müdigkeit, Langeweile, psychische Sättigung und Flow zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 4: Übersicht Konzeptabgrenzung

Konzept	Auslösende / Notwendige Bedingungen	Symptome	Spezifische Merkmale
<b>Monotonie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetitive und/oder ereignisarme Tätigkeit mit geringen kognitiven Anforderungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgabenbezogene Langeweile</li> <li>• Passive aufgabenbezogene Müdigkeit</li> <li>• Verminderte Leistungsfähigkeit (Signalentdeckung, Ausführungsgenauigkeit)</li> <li>• Veränderungen in der Hirnaktivität</li> <li>• Verringerung der Herzrate und Hautleitfähigkeit</li> <li>• Erhöhung der Herzratenvariabilität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Langsame Entwicklung über die Zeit</li> <li>• Schnell reversibel durch Tätigkeitsveränderung</li> </ul>
<b>Müdigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorgehende intensive und/oder lang andauernde Beanspruchung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduktion der Affektivität, Konzentrationsfähigkeit, Aufmerksamkeit und Motivation</li> <li>• Bedürfnis nach Schlaf</li> <li>• Eingeschränkte motorische und sensomotorische Koordination</li> <li>• Abflachende Atmung</li> <li>• Erhöhung der Herzratenvariabilität</li> <li>• Verringerung der Hautleitfähigkeit und endokrinen Aktivität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicht an spezifische Situationsmerkmale oder eine Aufgabe gebunden</li> <li>• Braucht zur Aufhebung Erholung, typischerweise durch Schlaf</li> </ul>

Tabelle 4: Übersicht Konzeptabgrenzung (Fortsetzung)

Konzept	Auslösende / Notwendige Bedingungen	Symptome	Spezifische Merkmale
<b>Langeweile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unkenntnis der eigenen Sehnsüchte</li> <li>• Unfähigkeit zur Selbstregulation der eigenen Aufmerksamkeit</li> <li>• Repetitive und/oder ereignisarme Tätigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beherrschendes Gefühl der Interesselosigkeit</li> <li>• Erleben von Frustration, Genervtheit, Ungeduld, Apathie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emotion</li> </ul>
<b>Psychische Sättigung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholte Ausführung einer Handlung</li> <li>• Benötigte bewusste Regulierung der Handlung</li> <li>• Kein Vorwärtsskommen trotz dauernden Aufwandes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verlust intrinsischer Motivation</li> <li>• Stark negativer Affekt (z. B. Ärger, Wut)</li> <li>• Verminderte Leistungsfähigkeit</li> <li>• Steigerung des zentralnervösen Aktivierungsniveaus (z. B. eine gesteigerte Herzrate und Hautleitfähigkeit)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kann antizipativ erlebt werden</li> </ul>
<b>Flow</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Anforderungen bei gleichzeitig hohen Fähigkeiten einer Person</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitspannen werden verkürzt wahrgenommen</li> <li>• Ermüdung und Langeweile sind reduziert</li> <li>• Reduktion des Fokus der Aufmerksamkeit</li> <li>• Überschätzung der eigenen Fähigkeiten</li> <li>• Erhöhte Risikobereitschaft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kann Suchtverhalten bezüglich erzeugender Aktivitäten auslösen</li> </ul>

Obwohl konzeptionell eine Verwandtschaft zwischen Monotonie, der psychischen Sättigung und dem Flow-Konzept besteht, können diese durch ihre Symptomatik voneinander abgegrenzt werden.

Die Abgrenzung von Monotonie als Zustand zu den Konzepten Müdigkeit und Langeweile ist dagegen unscharf. Insbesondere bei der passiven aufgabenspezifischen Müdigkeit und bei der aufgabenspezifischen Langeweile zeigen sich teilweise Überlappungen der Konzepte (Abbildung 5). Auf diese wird unter anderem im folgenden Abschnitt, der sich mit den Symptomen von Monotonie beschäftigt, genauer eingegangen.

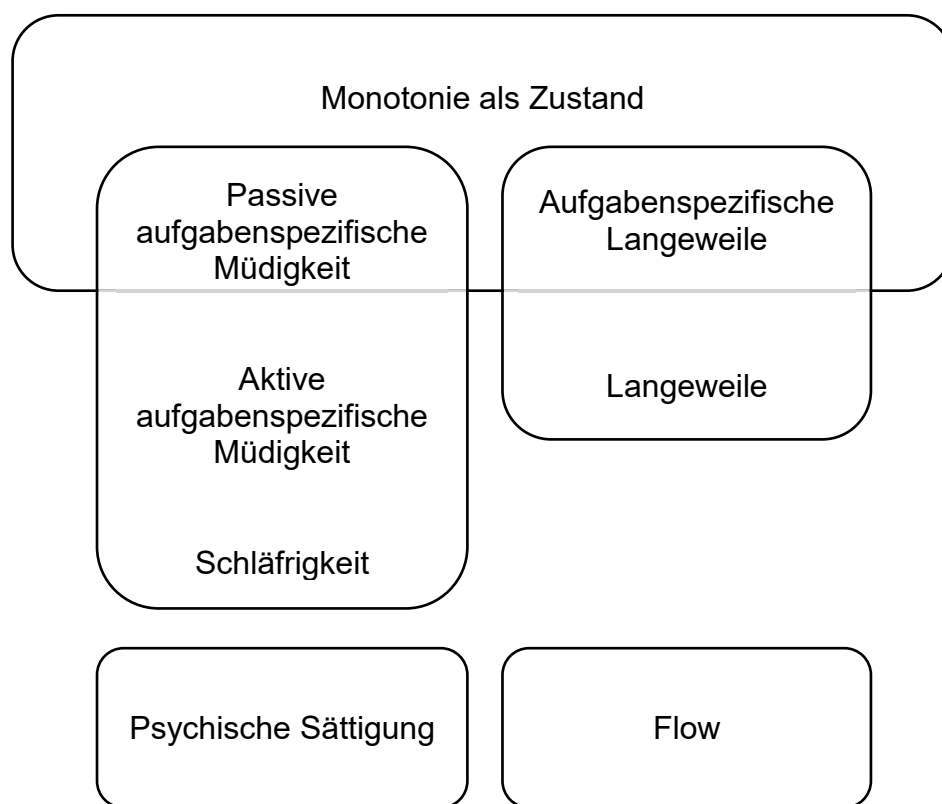


Abbildung 5: Konzept der Monotonie und verwandte Konzepte

### 3.2 Symptome von Monotonie

Aus den bisher aufgelisteten Sichtweisen und Definitionen von Monotonie geht hervor, dass verschiedene, gleichzeitig auftretende Symptome mit Monotonie in Verbindung gebracht werden. Monotonie hat entsprechend den Charakter eines Syndroms. Sie kann nicht an einem einzigen Symptom festgemacht werden, vielmehr zeichnet sie sich durch ein gleichzeitiges und gemeinsames Auftreten mehrerer Symptome aus (Landau & Pressel, 2009). Im Folgenden werden die

Symptome von Monotonie beschrieben, wobei davon ausgegangen wird, dass Monotonie den Zustand einer Person beschreibt. Zur besseren Übersicht werden die Symptome unterteilt in Erlebens-, Leistungs- sowie physiologische Komponenten.

- **Erlebenskomponenten:** Hierzu zählen die aufgabenbezogene Langeweile und die passive aufgabenbezogene Müdigkeit.
- **Leistungskomponenten:** Dies sind die Erhöhung der Fehlerrate, eine verlängerte Reaktionszeit und eine verminderte Ausführungsgenauigkeit.
- **Physiologische Komponenten:** Bei den physiologischen Komponenten handelt es sich um Kennzeichen, die sich bei Monotonie durch Veränderungen in Körperfunktionen bemerkbar machen. Hierzu gehören eine Senkung der Herzrate, eine erhöhte Herzratenvariabilität, bestimmte Potentialschwankungen im Elektroenzephalogramm (EEG) sowie Veränderungen des Hautleitwiderstandes.

Nach der Beschreibung der Symptome, wird aufgezeigt, auf welche Weise sich diese negativ auf die betriebliche Praxis der Zugverkehrsleitung auswirken können.

### 3.2.1 Erlebenskomponenten

Als Erlebenskomponenten von Monotonie werden alle Symptome verstanden, die bewusst wahrgenommen und erlebt werden.

#### 3.2.1.1 Aufgabenbezogene Langeweile

Die aufgabenbezogene Langeweile grenzt sich von anderen Formen der Langeweile (siehe dazu auch Abschnitt 3.1.3.2 Langeweile) durch ihre auslösenden Bedingungen ab (Mercer-Lynn, Bar, & Eastwood, 2014). Im Unterschied zu Auslösern anderer Formen von Langeweile können sich Betroffene den als langweilig empfundenen Aktivitäten nicht alleine durch das Überwinden von inneren Barrieren und das Aufbringen von genügend Motivation entziehen. Durch die Aufgabe selbst besteht eine Bindung an die Situation bzw. die Aktivität, die erst mit der Beendigung der Aufgabe verschwindet.

Wie in Abschnitt 3.1.1 beschrieben, wird Langeweile von mehreren Autoren gleichgesetzt mit dem Zustand der Monotonie und entsprechend als Synonym zu Monotonie verwendet (Smith, 1955; Thackray, 1981; Thackray et al., 1977; Welford, 1965). Diese Gleichsetzung der Konzepte

ist problematisch, da sie den Begriff der Monotonie auf reines Erleben des Individuums beschränkt.

Eine differenziertere Betrachtung erhält Langeweile z. B. in den Untersuchungen von Melamed (1995a) und Johansson, Cavalini und Pettersson (1996), in denen Langeweile lediglich als eine von mehreren subjektiv wahrgenommenen Merkmalen von Monotonie verstanden wird.

O’Hanlon (1981) definiert Langeweile als psychophysiologischen Zustand mit emotionalen, motivationalen und wahrnehmungsbezogenen Begleitumständen, der aus Aufgabensituationen mit gleichförmiger oder repetitiver sensorischer Stimulation entsteht. O’Hanlon entfernt sich durch diese Definition von der Beschreibung von Langeweile als emotionales Erleben und beschreibt das, was andere Autoren mit dem Zustand der Monotonie beschreiben.

Langeweile entsteht aus der subjektiven Einschätzung, dass die ausgeführte Tätigkeit oder Situation nicht genügend oder nur auf unpassende Weise Stimulation bietet. Sie wird auch als Zustand beschrieben, „in dem man tun muss, was man nicht tun will, und nicht tun kann, was man tun will“ (Davies et al., 1983, S. 2).

Langeweile wird beschrieben als „subjektiver Widerwillen gegen die Einförmigkeit, Gleichförmigkeit und Abwechslungslosigkeit der Arbeit“ (Münsterberg, 1912, S. 117).

Fenichel (1934, S. 270) wiederum beschreibt diesen Widerwillen als „unlustvolles Erleben von Impulslosigkeit“. Er beschreibt Langeweile als Unlustgefühl, das aus dem Widerstreit zwischen dem Bedürfnis intensiver psychischer Betätigung und dem Mangel der Anregung dazu, bzw. der Unfähigkeit dazu, sich dazu anregen zu lassen, entsteht.

Der Definition von O’Hanlon kann entnommen werden, dass die Ursachenbeschreibung inhaltlich nicht von jener der Monotonie unterschieden werden kann. Die von verschiedenen Autoren beschriebene ungenügende Stimulation bzw. Einförmigkeit und Abwechslungslosigkeit sowie der Mangel an Anregung bei der Beschreibung der aufgabenbezogenen Langeweile weisen klare inhaltliche Übereinstimmungen mit dem beschriebenen Konzept der Monotonie auf. Es handelt sich also nicht um ein unabhängiges Phänomen, sondern um ein Merkmal, das in den Symptomverband des Syndroms der Monotonie gehört.

Für die Beschreibung des Gefühls von Langeweile ist in gewissem Sinne der Begriff bereits selbst-erklärend. So wird bei der Betrachtung des Begriffs klar, dass es sich hier um einen Zustand handeln muss, bei dem eine bestimmte Zeit (Weile) als langsamer vergehend (oder länger) erscheint als gewohnt (vgl. Fenichel, 1934). Popitz (1957 nach Bellebaum, 1990, S. 106) schreibt dazu: „Das Subjekt ortet sich nicht mehr an einer Zeitstelle, sondern empfindet nur noch Dauer.“ Demnach zeichnet sich Langeweile insbesondere dadurch aus, dass eine Person dem Ablauf der Zeit selbst seine Aufmerksamkeit zuwendet, wodurch sie sich des gefühlt verzögerten Gangs der Zeit auf unangenehme Weise bewusst wird. Der gefühlte, verlangsamte Ablauf der Zeit bei Langeweile ist eine Illusion der Wahrnehmung und abhängig von der betroffenen Person unterschiedlich ausgeprägt (Zakay, 2014).

In einem Experiment wurde dieses Phänomen genauer untersucht. Zunächst wurde Langeweile induziert, indem die Versuchspersonen zwischen 30 Sekunden und 12 Minuten lang wiederholt von null bis zehn zählen mussten. Danach hatten sie die Aufgabe, zehn Sekunden lang mental ein X vor ihrem geistigen Auge zu visualisieren. Es wurden keine Effekte von Langeweile auf die Zeitwahrnehmung gefunden. In einer Nachbefragung gaben die Teilnehmenden an, dass die Zeit während des Erlebens von Langeweile gefühlt langsamer ablief (Überschätzung der Dauer), sie jedoch durch Unaufmerksamkeit teilweise auch die gestellte Aufgabe aus den Augen verloren („lose track of what they were doing“), was eher zu einer Unterschätzung der Dauer sorgte. Die beiden beschriebenen Effekte hoben sich über alle Versuchsdurchläufe im Experiment gegenseitig auf (Geiwitz, 1966).

Es bleibt unklar, wie sinnvoll die theoretische Abgrenzung von verschiedenen Formen der Langeweile aufgrund der auslösenden Bedingung ist, insbesondere, weil die mit dem Begriff beschriebene Emotion dieselbe bleibt.

Aus praktischen Überlegungen erscheint die Abgrenzung hingegen sinnvoll, insbesondere dann, wenn es darum geht, Langeweile zu reduzieren. Es scheint klar, dass Langeweile, die bei Aktivitäten ohne spezifische Ziele entsteht (z. B. Warten), auf andere Weise reduziert werden kann, als solche, die während der Aufgabenausführung, z. B. an Überwachungsarbeitsplätzen, entsteht.

Die weitgehende Übereinstimmung der beschriebenen Ursachen und auch die Tatsache, dass die Konzepte aufgabenbezogener Langeweile und Monotonie von einigen Autoren gleichgesetzt wer-

den, zeigt auf, dass diese nicht unabhängig voneinander auftreten. Monotonie wird hier als übergeordnetes Konzept betrachtet, das die aufgabenbezogene Langeweile als Symptom miteinschließt.

### 3.2.1.2 Passive aufgabenbezogene Müdigkeit

Unter der aufgabenbezogenen Müdigkeit wird nach dem Müdigkeitsmodell von May und Baldwin (2009) (Abbildung 6) eine Form von Müdigkeit verstanden, die durch die Eigenschaften der ausgeführten Tätigkeit bestimmt wird. Sie grenzt sich von der schlafbezogenen Müdigkeit ab, die konsequent als Schwierigkeit, wach zu bleiben, definiert wird (Karrer-Gauß, 2012).

Die passive aufgabenbezogene Müdigkeit zeichnet sich dadurch aus, dass sie in Situationen mit Unterbeanspruchung auftritt, während die aktive aufgabenbezogene Müdigkeit aus einer mentalen Überbeanspruchung entsteht. Die passive aufgabenbezogene Müdigkeit wird entsprechend auch als Gegenstück zu der aktiven aufgabenbezogenen Müdigkeit gesehen (Körper et al., 2015).

Beide Formen der aufgabenbezogenen Müdigkeit können die schlafbezogene Müdigkeit verstärken, d. h. die Schwierigkeit, wach zu bleiben, erhöhen (May & Baldwin, 2009).

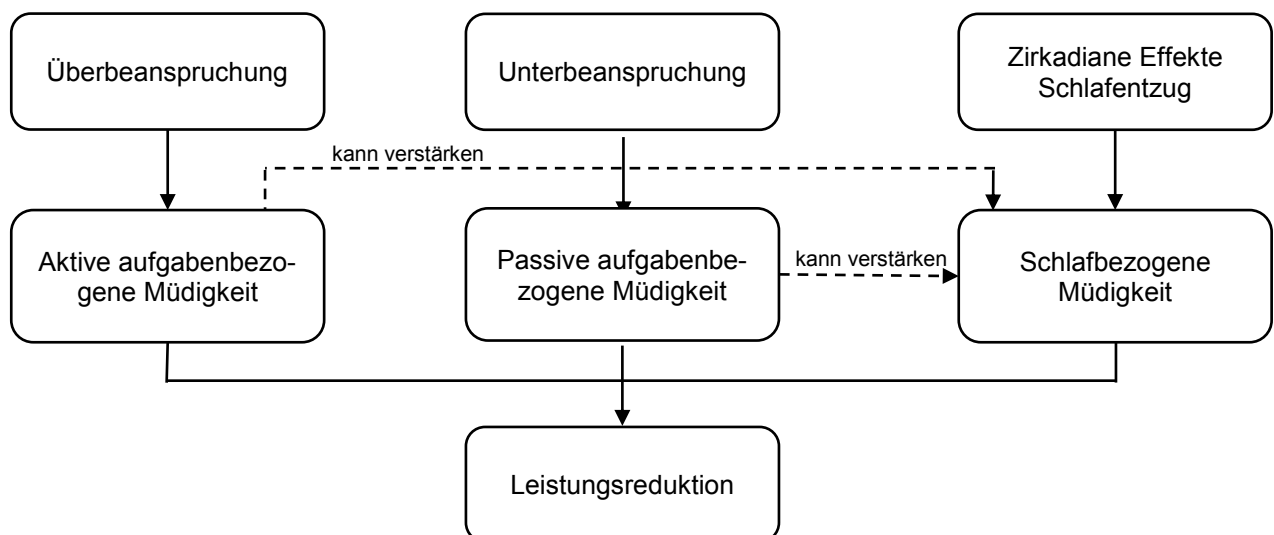


Abbildung 6: Vereinfachte Darstellung des Müdigkeitsmodells von May und Baldwin (2009).

Als passive Müdigkeit verstehen wir die Art von Müdigkeit, die bei einer Aufgabe mit sehr geringer Beanspruchung und hoher Vorhersehbarkeit, also unter typischen Bedingungen für Monotonieerleben, entsteht. De Waard (1996) geht davon aus, dass diese Art von Müdigkeit entsteht, weil

es einer andauernden Anstrengung bedarf, einer nicht beanspruchenden Aufgabe seine Aufmerksamkeit zuzuwenden. Im Gegensatz dazu gehen Saxby, Matthews, Warm, Hitchcock und Neubauer (2013) sowie Desmond und Hancock (2001) davon aus, dass durch die Unterbeanspruchung eine Loslösung von der Aufgabe entsteht, bei der auch die benötigten Ressourcen für die Aufrechterhaltung der für die Aufgabe benötigten Wachheit entzogen werden.

Eine andere Erklärung für ein sehr spezifisches Beispiel dieser Art von Müdigkeit liefert Wertheim (1978), der sich mit dem Phänomen der „highway hypnosis“ auseinandersetzte. Er beschreibt „highway hypnosis“ als einen tranceähnlichen Zustand, der durch eine unzureichende kognitive Verarbeitung der motorischen Bewegungen der Augen in vorhersehbaren Situationen während Fahraufgaben ausgelöst wird. Konkret entwickeln sich durch die vorhersehbaren Situationen automatisch ablaufende Bewegungsprogramme der Augenmuskeln (z. B. gleichförmig hin- und herpendelnde Augenbewegungen), die aufmerksamkeitsgesteuerte Augenbewegungen ersetzen. Die Ersetzung führt zu einem Schlafzustand mit offenen Augen („state of sleeping with open eyes“, Karrer, Briest, Vöhringer-Kuhnt, Baumgarten & Schleicher, 2005, S. 466).

Die Entstehungsbedingungen für passive aufgabenbezogene Müdigkeit sind praktisch dieselben wie diejenigen von Monotoniezuständen.

Konzeptuell ist die passive aufgabenbezogene Müdigkeit nicht vom Zustand der Monotonie zu unterscheiden. Es handelt sich um ein Phänomen, das von verschiedenen Autoren unterschiedlich definiert/beschrieben wird.

In der Folge werden die passive aufgabenbezogene Müdigkeit und der Zustand der Monotonie als Synonym betrachtet.

Bei der Beschreibung der passiven aufgabenbezogenen Müdigkeit wird oft ein Fokus auf die Erlebenskomponenten des Phänomens gesetzt, weshalb sie in diesem Abschnitt eingeordnet ist.

### **3.2.2 Leistungskomponenten**

Eine Leistungsabnahme bzw. -schwankung wird von diversen Autoren als Symptom von Monotonie als Zustand genannt und wurde auch empirisch nachgewiesen (z. B. Botez & Mamali, 1969; Demerouti et al., 2012; Dunn & Williamson, 2012a). Als Komponenten sind insbesondere die Signalentdeckung und die Ausführungsgenauigkeit von dieser Leistungsabnahme betroffen.

Der Leistungsbegriff ist in der Psychologie (im Vergleich zur Physik) kaum verallgemeinerbar, in Untersuchungen ist er stets an bestimmte Aufgaben gebunden.

Die Leistungsabnahme bei Monotonie ist bedingt durch eine Reduktion der Aufmerksamkeit. Die Reduktion der Aufmerksamkeit gegenüber der Tätigkeit bzw. einzelner Handlungen wird als typisches Symptom von Monotonie gesehen (Dunn, 2011; Körber et al., 2015; Peter et al., 1990; Schmidt et al., 2009; Thackray et al., 1977). Dies wirkt sich auf verschiedene Leistungsparameter der Signalentdeckung, wie die Fehlerrate und die Reaktionszeit, sowie auf die Ausführungsgenauigkeit aus. Die Aufmerksamkeit ist dabei das latente Konstrukt, das von Monotonie beeinflusst wird. Die Leistungsparameter sind die manifesten bzw. operationalisierten Variablen, mit denen das Konstrukt der Aufmerksamkeit messbar gemacht wird.

Ergebnisse zu diesen Leistungsparametern werden in den folgenden drei Unterpunkten dieses Abschnittes erläutert. Im letzten Unterpunkt wird vertieft auf verschiedene theoretische Modelle zur Erklärung der Aufmerksamkeitsabnahme bei Monotoniezuständen eingegangen.

### **3.2.2.1 Fehlerrate**

Während eines Zustands von Monotonie nimmt die Sensitivität zur Unterscheidung von Signalen ab. Entsprechend werden mehr Fehler in Aufgaben gemacht, bei denen Signale richtig erkannt und entsprechend reagiert werden muss.

In einem Laborexperiment am Bildschirm mussten 40 Teilnehmende zwei Aufgaben bearbeiten, bei denen sie Urteile über am Bildschirm präsentierte Stimuli fällen sollten. Beispielsweise wurde den Teilnehmenden ein Bild mit einem Kreis gezeigt, worauf diese beurteilen mussten, ob es sich tatsächlich um einen Kreis oder eine Linie handelt. Bei der als monotoner wahrgenommenen Aufgabe wurden im Vergleich deutlich mehr Urteilsfehler gemacht als bei der weniger monoton wahrgenommenen Aufgabe (Dunn, 2011). Ein ähnliches Ergebnis zeigte sich nach dem Ausführen einer passiven bzw. aktiven Überwachungsaufgabe, wobei die Versuchspersonen einen Stroop-Interferenz-Test durchführten. Beim Stroop-Interferenz-Test geht es darum, dass eine Person die Farbe eines visuell dargebotenen (rot oder grün gefärbten) Wortes benennen muss, wobei das Wort teilweise der Farbe des Wortes widerspricht (z. B. wenn das Wort „rot“ in grüner Farbe dargeboten wird). Es konnte aufgezeigt werden, dass die Fehlerrate unter den Bedingungen, die bei den Versuchspersonen Monotonieerleben auslösten, größer war (Johansson et al., 1996).

In einem Experiment mit einer als monoton erlebten, simulierten Radarüberwachungsaufgabe (Mackworth clock test) mit hoher Repetitivität und tiefer Ereignisrate verschlechterte sich die Signalentdeckung (Treffer-Rate) über die Zeit (4 Blöcke x 4 Minuten) deutlich (Ralph et al., 2017). Die Fehlalarmrate blieb stabil über die Zeit.

Die Fehlerrate bei einer Signalentdeckungsaufgabe verschlechterte sich unter monotonen Bedingungen auch in einem Experiment, bei dem Versuchspersonen die Buchstaben bzw. Zeichen D, O und C in zufälliger Reihenfolge während 12 Minuten jeweils 40 Millisekunden lang gezeigt wurden (Helton & Warm, 2008). Die Aufgabe bestand darin, bei Auftreten des Buchstabens O, eine Taste zu betätigen.

In einer Vigilanzaufgabe (Sustained Attention to Response Test, SART), bei der kurz auftauchende Zahlen erkannt werden mussten, war die Fehlerrate der Versuchsgruppen beim Erkennen unter monotonen Bedingungen (wenige Ereignisse) tiefer als jene der Vergleichsgruppe (Manly, Robertson, Galloway & Hawkins, 1999).

Neben der Unterscheidung von Signalen erhöhen sich durch Monotonie auch Bedienfehler durch das Abweichen von vorgegebenen Prozessschritten und Reihenfolgen. Bei einem Experiment mit Operateuren aus einem Kraftwerk, welche vorgegebene Schalthandlungen aufgrund von angezeigten Lichtsignalkombinationen ausführen mussten, konnte der negative Einfluss von Monotonie auf Bedienungsfehler aufgezeigt werden (Botez & Mamali, 1969).

### **3.2.2.2 Reaktionszeit**

Monotoniezustände führen auch zu erhöhten Reaktionszeiten auf Signale. Bisherige Untersuchungen zeigen dies sowohl für visuelle als auch für akustische Signale.

In drei der im Abschnitt 3.2.2.1 zum Thema Fehlerraten erwähnten Untersuchungen konnte über die Zeit eine Verlangsamung der Reaktionszeiten auf visuelle Signale nachgewiesen werden (Helton & Warm, 2008; Manly et al., 1999; Ralph et al., 2017). In einer simulierten Radar-Kontrollaufgabe zeigten Versuchspersonen mit starkem Monotonieerleben die langsameren Reaktionszeiten auf kritische Ereignisse als die Versuchspersonen mit geringem Monotonieerleben (Thackray et al., 1977).

In einer Untersuchung mit Lokführenden auf Hochgeschwindigkeitszügen wurde aufgezeigt, dass mit Monotonie auch eine langsamere Reaktion auf akustische Signale im Führerstand einhergeht (Endo & Kogi, 1975). Eine Verlangsamung der Reaktionszeit auf akustische Signale während des Monotoniezustandes zeigten auch Autofahrer\*innen in einer Studie während einer vierstündigen Fahrt auf der Autobahn (Schmidt et al., 2011)

Entgegen den Erwartungen konnte keine Verschlechterung der Reaktionszeit unter monotonen Bedingungen bei einer Fahraufgabe im Simulator festgestellt werden (Körper et al., 2015). Die Autoren vermuten, dass die Versuchsdauer der Aufgabe mit 42 Minuten zu kurz war, um einen signifikanten Einfluss auf die Reaktionszeiten aufzuzeigen.

### **3.2.2.3 Ausführungsgenauigkeit**

Die Ausführungspräzision motorischer Handlungen verschlechtert sich bei Monotoniezuständen.

In einer Fahrsimulatorstudie mit 25 Versuchspersonen konnte bei vier einstündigen und sich unterscheidenden Autofahrten aufgezeigt werden, dass zwei Maße der Ausführungsgenauigkeit unter der Monotoniebedingung schlechter waren als unter nicht monotonen Bedingungen. Einerseits waren die lateralen Abweichungen der Fahrer (Spurhaltung) deutlich größer unter der Monotoniebedingung, andererseits tendierten diese dazu, näher am Straßenrand zu fahren und die Fahrtrichtung später und schroffer zu korrigieren (Larue, Rakotonirainy & Pettitt, 2011).

In einer anderen Fahrsimulatorstudie mit 56 Fahrern zeigten Versuchspersonen unter den monotonen Bedingungen in einer Geradausfahraufgabe die schlechteren Leistungen bezüglich der Spurhaltung, was sich durch größere und häufigere Lenkradbewegungen zeigte (Thiffault & Bergeron, 2001).

Die Ausführungsgenauigkeit im Sinne der Einhaltung einer vorgegebenen Geschwindigkeit ist beim Erleben von Monotonie ebenfalls reduziert. Bei einer Lokführerstandsufgabe mit 56 Teilnehmenden (28 davon Lokführer oder Lokführerinnen), wurde untersucht, wie genau vorgegebene Geschwindigkeiten auf einer Simulatorstrecke eingehalten werden. In der Bedingung, die ein stärkeres Monotonieerleben auslöste, wurden häufigere Abweichungen von der vorgegebenen Geschwindigkeit festgestellt als unter der Alternativbedingung (Dunn & Williamson, 2011).

Alle bisher genannten Leistungsparameter basieren auf der psychischen Grundfunktion der Aufmerksamkeit. Deshalb sollen im folgenden Abschnitt einige Modelle beschrieben werden, die beschreiben, auf welche Weise Monotonie zu einer Reduktion von Aufmerksamkeit führen kann.

### **3.2.2.4 Theoretische Modelle zur Abnahme von Aufmerksamkeit bei Monotonie**

Aufmerksamkeit wurde in den „Prinzipien der Psychologie“ (Principles of Psychology, James, 1890) bereits früh beschrieben:

„Jeder weiß, was Aufmerksamkeit ist. Es ist die Besitzergreifung des Geistes, in deutlicher und lebhafter Weise, von einem von anscheinend mehreren gleichzeitig möglichen Objekten oder Gedankengängen. Zuwendung und Konzentration des Bewusstseins gehören zu ihren Voraussetzungen. Sie impliziert Vernachlässigung einiger Dinge, um andere besser verarbeiten zu können.“ (James, 1890, S. 403)

In einer aktuellen Definition aus dem Lexikon der Psychologie (Wirtz, 2014) sind die kognitionspsychologischen Grundlagen der Definition von James klar wiederzuerkennen. Neu kommt die Unterscheidung verschiedener Dimensionen hinzu, die eine differenziertere Sichtweise auf das Konzept der Aufmerksamkeit zulässt:

„A.[Aufmerksamkeit] bezieht sich auf die Fähigkeit, Informationen zu selektieren und andere zu ignorieren, um diese zur Grundlage von Wahrnehmung, Denken und Handlungen zu machen. Neben der Selektionsfunktion der A., aber mit dieser im Zusammenhang stehend, kann A. auch durch eine Dimension der Intensität i. S. der Aktivierung bzw. alertness und der Vigilanz (Wachsamkeit) charakterisiert werden, wobei die beiden Aspekte unabhängig voneinander betrachtet und erforscht werden.“ (Wirtz, 2014, S. 208)

Im Laufe der Zeit wurden verschiedene psychologische Theorien zur Erklärung von Aufmerksamkeitsphänomenen postuliert. Insbesondere zwei übergreifende Arten von Theorien haben sich etabliert, die Filtertheorien und die Ressourcentheorien.

Zu den Filtertheorien gehören Broadbents (1957) Theorie der frühen Auswahl, Treismans (Treisman, 1964) Attenuations/Dämpfungstheorie und die Theorie der späten Selektion von Deutsch und Deutsch (1963). Zu den Ressourcentheorien zählen Kahnemans (1973) Theorie, die von einer einzelnen Aufmerksamkeitsressource ausgeht, und die multiple Ressourcentheorie von Wickens (2002).

Als Grundlage zur Erklärung der Aufmerksamkeitsreduktion durch den Zustand der Monotonie eignet sich die Theorie der multiplen Ressourcen am besten. Aufbauend auf dieser im Folgenden beschriebenen Theorie wurden verschiedene Erklärungsmodelle postuliert, auf die ebenfalls näher eingegangen wird.

Die Theorie der multiplen Ressourcen basiert auf der Erkenntnis, dass in verschiedenen Dual-Task-Experimenten die Varianz der gezeigten Leistung nicht ausreichend durch unterschiedliche Aufgabenschwierigkeiten oder durch die Ressourcenzuweisung (Präferenz einer Aufgabe) einer einzelnen Ressource erklärt werden konnte (Wickens, 1981, 2002). Es wurde aufgezeigt, dass die Aufmerksamkeitsleistung bei zwei gleichzeitigen Aufgaben, die dieselben sensorischen Dimensionen von Ressourcen (z. B. auditive oder visuelle) beanspruchen, stärker beeinträchtigt wird als bei Aufgaben, die unterschiedliche Dimensionen beanspruchen.

Ausgehend von diesen Ergebnissen wird angenommen, dass Aufgaben, die unterschiedliche Ressourcen zur Bearbeitung benötigen, sich nicht gegenseitig beeinträchtigen. Neben den bereits erwähnten sensorischen Dimensionen von Ressourcen werden in der Theorie auch die Dimensionen der Reaktion (z. B. vokal oder manuell) und der Art der Verarbeitung im Arbeitsgedächtnis (räumlich oder verbal) berücksichtigt.

Im Gegensatz dazu interferieren Aufgaben, die dieselben Ressourcen beanspruchen, da sie in Bezug auf die benötigten aber limitierten Ressourcen in Konkurrenz stehen.

Aufbauend auf der Idee der Aufmerksamkeitsressourcenmodelle liefert das „Dynamic Model of Stress and Sustained Attention“ (Hancock & Warm, 1989) einen Erklärungsansatz des Symptoms der Aufmerksamkeitsreduktion bei Monotonie (Abbildung 7).

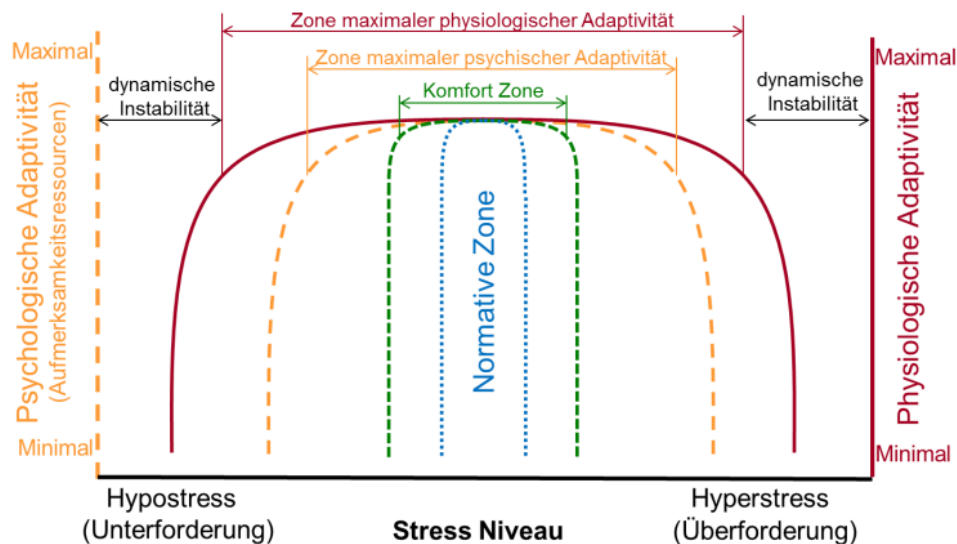


Abbildung 7: *Dynamic Model of Stress and Sustained Attention* (nach Hancock & Warm, 1989)

Das Modell bildet die Abhängigkeit von Aufmerksamkeitsressourcen und Beanspruchung ab. Bei einer tiefen Beanspruchung, wie sie durch langdauernde, einförmige und sich wiederholende Arbeitsaufgaben entsteht, verringert sich die Möglichkeit zur Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeit über die Zeit (Vigilanz). Das Modell zeigt auf, wie ein optimales Beanspruchungsniveau durch Unter- oder auch durch Überforderung verlassen und die Kapazität zur Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeit über die Zeit für die Aufgabe reduziert wird.

Das Modell zeigt auch, inwiefern je nach Ausmaß der Unterforderung die Möglichkeit zur Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeit verringert ist. Dem Modell entsprechend werden verschiedene Beanspruchungs- bzw. Stressniveaus und ihre Konsequenzen in Form von Zonen beschrieben: (1) Eine Zone der optimalen Beanspruchung, die eine maximale Aufmerksamkeit ohne Kompensationen ermöglicht (Normative Zone), (2) ein von Betroffenen gesuchtes Beanspruchungsniveau, das als angenehm empfunden wird (Komfort Zone) und eine hohe Aufmerksamkeit gegenüber der Aufgabe ermöglicht, und schlussendlich zwei Zonen, die (3) die psychischen und (4) physiologischen Grenzen für die Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeit aufzeigen. Werden diese unter- bzw. überschritten, folgt ein Zustand dynamischer Instabilität, der sich dadurch auszeichnet, dass die Möglichkeit, die für eine Aufgabe nötige Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten, stetig abnimmt und die Wahrscheinlichkeit für einen Zusammenbruch dieser zunimmt.

Auch wenn das Modell von Hancock und Warm (1989) nicht direkt auf Monotonie eingeht, zeigt es den Zusammenhang von Unterforderung als Voraussetzung von Monotoniezuständen und Aufmerksamkeitsreduktion. Auf das allgemein bekanntere und oft in den vorliegenden Zusammenhängen fälschlicherweise verwendete Modell von Yerkes und Dodson (1908) wird nicht eingegangen, da es keine fundierte Grundlage für die Erklärung von Aufmerksamkeit oder deren Reduktion bietet (Teigen, 1994).<sup>4</sup>

Einen anderen Erklärungsansatz für die Reduktion von Aufmerksamkeit in langdauernden, einförmigen und sich wiederholenden Arbeitsaufgaben gibt die Theorie der veränderbaren Aufmerksamkeitsressourcen (Malleable Attentional Resources Theory, MART) von Young und Stanton (2002a), die als Erweiterung von Wickens Modell der multiplen Ressourcen (1981, 2002) gesehen werden kann.

In der Theorie der veränderbaren Aufmerksamkeitsressourcen werden die von Wickens postulierten Ressourcen als dynamisch betrachtet. Abhängig von den Aufgabenanforderungen variieren sie über die Zeit. Diese Adaption an die Aufgabenanforderungen führt bei einer Unterbeanspruchung dazu, dass die vorhandenen Ressourcen abnehmen. Mit MART werden Leistungsminderungen, die mit Monotonie assoziiert sind, durch einen Mangel an vorhandenen Aufmerksamkeitsressourcen erklärt (Young & Stanton, 2002a).

In einer Fahrsimulatorstudie (Young & Stanton, 2002b) konnten die sich verändernden Aufmerksamkeitsressourcen basierend auf unterschiedlichen Aufgabenanforderungen bestätigt werden. Physiologische Effekte, wie sich verlangsamende Geschwindigkeiten des Blutflusses im Gehirn, die die sich verändernden Ressourcen begleiten und erklären, wurden ebenfalls in verschiedenen Studien gefunden (Ayaz et al., 2010, 2012; Matthews et al., 2010; Shaw et al., 2013).

Zwei Hypothesen, die im Einklang mit MART erklären, was passiert, wenn bei Monotonie Aufmerksamkeitsressourcen verringert werden, sind die Mindlessness-Hypothese und die Hypothese der wandernden Gedanken (mind-wandering) (Helton et al., 2005; Thomson, Besner & Smilek, 2015).

---

<sup>4</sup> Eine ausführliche Kritik der Verwendung des Modells von Yerkes und Dodson als Erklärungsgrundlage für Aufmerksamkeitsphänomene findet sich in einer Abhandlung von Teigen (1994). Eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Punkte: In der ursprünglichen Untersuchung, auf der das Modell von Yerkes und Dodson basiert, wurden Mäuse mit Hilfe von unterschiedlich starken Elektroschocks dazu trainiert, auf Helligkeitsunterschiede (Aufgabenschwierigkeit) von Stimuli zu reagieren. In späteren Zitationen wurden aus den Elektroschocks dann wahlweise Motivation oder zentralnervöse Aktivierung. Aus der unabhängigen Variable des Lernerfolgs wurde (auch in Lehrbüchern) Aufmerksamkeit oder generell Leistung. Als Gründe für die häufige falsche Verwendung werden das Verlassen auf Sekundär- und Tertiärquellen, sowie konzeptuelle Vagheit genannt.

Die Mindlessness-Hypothese geht davon aus, dass Aufgaben, die eine Reaktion auf seltene Ereignisse, getrennt durch lange Zeitintervalle, erfordern, nicht genügend Stimulation zur Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeit bieten. Die notwendigen Aufmerksamkeitsressourcen werden deshalb der Aufgabe bzw. der Wahrnehmung (Thomson et al., 2015) entzogen. In Folge werden solche Aufgaben nach kurzer Zeit in einer „gedankenlosen Routine“ (thoughtless, routinized manner, Helton et al., 2005, S. 250) statt mit der notwendigen Aufmerksamkeit ausgeführt. Die Erklärung der Aufmerksamkeitsreduktion durch die Mindlessness-Hypothese wird auch gestützt von Untersuchungsergebnissen von Manly, Robertson, Galloway und Hawkins (1999). Diese konnten aufzeigen, dass Personen, die im Alltag zu kognitiven Fehlern durch Gedankenlosigkeit neigen, mehr Fehler in einer Aufmerksamkeitsaufgabe mit tiefer Ereigniswahrscheinlichkeit machten als eine Vergleichsgruppe (Manly et al., 1999).

Die Hypothese der wandernden Gedanken vermutet im Gegensatz dazu, dass die Aufmerksamkeitsressourcen nicht einfach verschwinden, sondern neu gegen innen ausgerichtet werden. Als Folge tendieren Personen zu selbst generierten, aufgabenunabhängigen Gedanken und zu einer reduzierten Repräsentation der Umwelt („Tagträumen“) (Smallwood & Schooler, 2006; Thomson et al., 2015).

Die MART-Theorie liefert Erklärungen für die Reduktion von Aufmerksamkeit und Leistung bei Monotoniezuständen. Des Weiteren konnten auch physiologische Hinweise zur Validierung des Modells gefunden werden. Die Theorie bietet eine Grundlage für die Mindlessness-Hypothese und die Hypothese der wandernden Gedanken, die helfen zu erklären, welche kognitiven Abläufe bei Monotoniezuständen involviert sind.

### **3.2.3 Physiologische Komponenten**

Die physiologischen Symptome von Monotonie beziehen sich im Allgemeinen auf eine verringerte Aktivierung des zentralen Nervensystems und eine Zunahme der Vaguswirkung im vegetativen Nervensystem (Wirtz, 2014). Konkret sind dabei Veränderungen der Hirnaktivität und Veränderungen an kardiovaskulären Merkmalen sowie der Hautleitfähigkeit festzustellen.

#### **3.2.3.1 Hirnaktivität**

In Studien mit EEG-Messungen wurden in verschiedenen Frequenzbändern Veränderungen bei der Ausführung Monotonie-auslösender Tätigkeiten nachgewiesen. Konkret wurden Anstiege in

den Alpha- und Theta-Aktivitäten nachgewiesen. Gleichzeitig nahm die Beta-Aktivität ab (O'Hanlon & Beatty, 1977).

In einem Experiment zum Zustand der „highway hypnosis“ wurde aufgezeigt, dass die Alpha-Aktivität der Fahrer\*innen im EEG unter monotonen Bedingungen über die Zeit zunimmt, was mit einer Reduktion der Aufmerksamkeit in Verbindung gebracht wurde (Wertheim, 1978).

In einer Simulatorstudie, in der 29 Teilnehmende auf einer deutschen Autobahn fahren mussten, konnten Zusammenhänge zwischen sprunghaften Ausbrüchen der Aktivität im Alpha-Frequenzband (Alpha spindle rate) und Monotonieerleben sowie Aufmerksamkeit aufgezeigt werden (Schmidt et al., 2009).

Kiroi und Aslanyan (2006) zeigten in einer Studie mit 19 Probanden, die eine Überwachungsaufgabe ausführen mussten, dass lang anhaltende monotone Bedingungen zu einer Erhöhung der Ausschläge (power) in den Alpha- (1), Theta- und Beta-Frequenzbändern führte. Sie konnten ebenfalls aufzeigen, dass Monotoniezustände sich von den Zuständen des normalen Schlaf-Wach-Zyklus unterscheiden, da sie keine intrinsischen, selbstregulatorischen Mechanismen haben, die für ein periodisches Auftreten des Zustandes sorgen.

Peter et al. (1990) fanden in einer Studie mit EEG-Messungen bei Lastwagenfahrer\*innen und Lokführer\*innen heraus, dass professionelles Training die physiologischen Symptome (Hirnaktivität und kardiovaskuläre Aktivität) von Monotonie nicht lindert. In ihrer Untersuchung betrachteten sie ebenfalls das Alpha-Frequenzband.

In einem dreistündigen Experiment mit 17 Versuchspersonen konnte bei einer sehr repetitiven und wenig fordernden Aufgabe eine Erhöhung der Ausschlagsstärke in den Alpha- (1), Beta- und Theta-Frequenzbändern über die Zeit festgestellt werden (Boksem et al., 2005).

Bei der Untersuchung von Alterseffekten in Bezug auf verschiedene Grade der Arbeitsbelastung zeigten Wascher et al. (2016), dass jüngere Probanden bei einer vier bis fünfstündigen Arbeit unter monotonen Bedingungen stärkere Reaktionen in der Hirnaktivität (Alpha-Frequenzband) zeigten als ältere.

### 3.2.3.2 Kardiovaskuläre Merkmale

Von den verschiedenen kardiovaskulären Merkmalen sind insbesondere eine sinkende bzw. tiefe Herzrate und eine steigende bzw. hohe Herzratenvariabilität für den Zustand der Monotonie kennzeichnend. Ein erhöhter Blutdruck entsteht bei hohen Beanspruchungen und zeichnet Stresszustände aus. Messungen des Blutdrucks sind nicht sensitiv für Situationen mit tiefen Beanspruchungen, wie sie bei Monotoniezuständen gegeben sind (Johansson et al., 1996; Ohsuga, Shimono & Genno, 2001).

#### *Tiefe Herzrate*

In einem experimentellen Setting mit 21 Versuchspersonen und einer repetitiven Vigilanzaufgabe mit wenigen Ereignissen konnte eine Verringerung der Herzrate über die Zeit aufgezeigt werden, gleichzeitig zeigte sich bei den Versuchspersonen vermehrt Langeweile (Pattyn, Neyt, Henderickx & Soetens, 2008).

Schmidt et al. (2009) konnten eine Reduktion der Herzrate unter monotonen Bedingungen aufzeigen, die jedoch nicht mit dem Erleben von Monotonie korrelierte. Im Experiment von Johansson et al. (1996) ergab sich für die als monoton erlebte Bedingung eine tiefere Herzrate als in der Vergleichsbedingung, sie unterschied sich jedoch nicht von der Kontrollbedingung, in der sich die Versuchspersonen entspannen konnten.

Peter et al. (1990) zeigten auf, dass die Herzrate unter monotonen bzw. reizarmen Bedingungen bei einer Überwachungsaufgabe über die Zeit sinkt, jedoch sprunghaft zunimmt, sobald der monotone Zustand unterbrochen wird.

#### *Hohe Herzratenvariabilität*

Einen Zusammenhang der Herzratenvariabilität und Monotonie postuliert, wie bereits beschrieben, die Deutsche Industrie Norm, DIN EN ISO 10075-1:2000 (vgl. Demerouti et al., 2012), dies aber ohne konkrete empirische Quellen zu nennen. Dennoch können einige Hinweise zu diesem Zusammenhang gefunden werden.

Leider ist in vielen Studien nicht angegeben, welche Indikatoren für die Herzratenvariabilität gemessen, bzw. verwendet wurden, was die Nachvollziehbarkeit und Interpretation der Untersuchungsergebnisse erschwert.

Bei Lokführenden konnte auf Hochgeschwindigkeitsstrecken der Einfluss von Monotonie in Form einer Erhöhung der Herzratenvariabilität (gemessen als RMSSD, Root Mean Square of Successive Differences) bei gleichzeitiger Senkung der Herzrate aufgezeigt werden (Boucsein & Backs, 2000; Myrtek et al., 1994).

Experimentelle Untersuchungen an Industriearbeitsplätzen zeigten über mehrere Arbeitsschritte neben Monotonieerleben einen gleichzeitigen Anstieg der Herzratenvariabilität (gemessen als RMSSD) (Tomaschek, 2014).

Im Experiment von Ohsuga et al. (2001) zeigte sich unter der monotonen, im Vergleich zu der nichtmonotonen (Stress-)Bedingung, eine Erhöhung der Herzratenvariabilität (mittlere Frequenz) über die Zeit. Dieses Ergebnis wurde von den Autoren auf Unterschiede in der Aktivierung des sympathischen und parasympathischen Nervensystems zurückgeführt.

Bei langen Fahrten (6,5 Stunden) auf monotonen Strecken stieg die Herzratenvariabilität (gemessen als STD HR, Standard deviation of instantaneous heart rate values per minute) von Versuchspersonen über die Zeit deutlich an, gleichzeitig nahm die Aufmerksamkeit ab. Beide Zustände konnten durch Pausen erholt werden (O’Hanlon, 1972).

Bei den z. T. langdauernden Experimenten, die unter monotonen Bedingungen durchgeführt werden (z. B. O’Hanlon, 1972), ist eine Trennung von Müdigkeitseffekten und dem Zustand der Monotonie oft schwierig.

### **3.2.3.3 Hautleitfähigkeit**

Die Hautleitfähigkeit gilt als informationsreiches Abbild zentralnervöser Prozesse. Eine kurzfristige Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit der Haut gilt als zuverlässiger Indikator für eine Orientierungsreaktion, die zur Bereitstellung von Aufmerksamkeitsressourcen zur Reizverarbeitung dient (Burk, 2005).

Die Ergebnisse verschiedener Studien zum Zusammenhang von Monotonie und Hautleitfähigkeit sind inkonsistent (Nederkoorn et al., 2016). Larue, Rakotonirainya und Pettitt (1983) zeigten in einem Laborexperiment mit 25 Teilnehmenden, die eine Fahraufgabe ausführten, auf, dass Monotonie mit einer gesenkten Hautleitfähigkeit in Verbindung steht. Gegenteilige Befunde bezüglich der Hautleitfähigkeit zeigten zwei Untersuchungen mit 64 Teilnehmenden (London, Schubert &

Washburn, 1972), in denen die Teilnehmenden 30 Minuten lang die Buchstaben c und d auf ein Blatt Papier schreiben mussten.

Auf den ersten Blick sind die inkonsistenten Ergebnisse bezüglich des Zusammenhangs von Hautleitfähigkeit und Monotonie erstaunlich. Grundsätzlich wäre zu erwarten, dass Monotonie als Phänomen mit tiefer physiologischer Erregung und einer tiefen Hautleitfähigkeit einhergeht. Dies würde auch den Schlussfolgerungen von Mercer und Eastwood (2010) sowie Nederkorn et al. (2016) entsprechen.

Es kann vermutet werden, dass durch die Versuchsaufgabe in den Untersuchungen von London et al. (1972) bei den Versuchspersonen nicht wie erwartet Monotonie bzw. Langeweile induziert wurde, sondern psychische Sättigung. Dies würde eine gesteigerte Hautleitfähigkeit durch den gesteigerten Erregungszustand schlüssig erklären.

Tabelle 5 bietet einen zusammenfassenden Überblick über die Symptome der Monotonie.

*Tabelle 5: Zusammenfassung der Symptome von Monotonie*

<b>Bereich</b>	<b>Komponente</b>	<b>Veränderung</b>
Erleben	Aufgabenbezogene Langeweile	↑
	Passive aufgabenbezogene Müdigkeit	↑
Leistung	Fehlerrate	↑
	Reaktionszeit	↑
	Ausführungsgenauigkeit	↓
Physiologie	EEG Alpha-Aktivität	↑
	EEG Theta-Aktivität	↑
	EKG Herzrate	↓
	EKG Herzratenvariabilität	↑
	Hautleitfähigkeit	(↓)*

\* widersprüchliche Informationen

Um zu verstehen, welche Konsequenzen diese Symptome in der Zugverkehrsleitung haben, werden nachfolgend ihre negativen betrieblichen Auswirkungen beschrieben.

### **3.2.4 Symptome von Monotonie und vermutete negative betriebliche Auswirkungen in der Domäne der Zugverkehrsleitung**

Im Kontext der Zugverkehrsleitung können die beschriebenen Symptome von Monotonie unterschiedliche negative Auswirkungen haben. In den folgenden Absätzen wird strukturiert nach den Symptomen auf erwartete direkte Konsequenzen bei der Arbeitsausführung der ZVL sowie auf sich ergebende indirekte Konsequenzen in dem Bahnsystem und in den Bahnunternehmen eingegangen.

#### **3.2.4.1 Aufgabenbezogene Langeweile**

Die aufgabenbezogene Langeweile als Erlebenskomponente von Monotonie wird von ZVL als negativ und unerwünscht erlebt.

Durch Langeweile verringert sich auch das Erleben der Sinnhaftigkeit der eigenen Arbeit. Für das Bahnsystem ist dies, insbesondere hinsichtlich der sicherheitsrelevanten Funktion von ZVL, als problematisch zu betrachten.

Es kann vermutet werden, dass die erlebte Langeweile mittel- und langfristig zu Unzufriedenheit und einer erhöhten Fluktuation der ZVL führt. Gegebenenfalls kann Langeweile auch zu unzulässigen Nebenbeschäftigungen (z.B. am Mobiltelefon, im Internet), wie in dem Fall von Bad Aibling (Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung, 2018) führen, die dann wiederum zu einer Reduktion der Aufmerksamkeit gegenüber den Aufgaben in der Zugverkehrsleitung führen können.

#### **3.2.4.2 Passive aufgabenbezogene Müdigkeit**

Durch die passive aufgabenbezogene Müdigkeit wird es für ZVL schwieriger, wach zu bleiben. Durch die Schichtarbeit (insbesondere in der Nachtschicht) sind die ZVL bereits verstärkt Bedingungen ausgesetzt, in denen der Körper nach Schlaf verlangt (zirkadianer Rhythmus). Eine Verstärkung dieses Schlafbedürfnisses durch Monotonie könnte zum Einschlafen am Arbeitsplatz und damit einem totalen Leistungsausfall führen.

#### **3.2.4.3 Erhöhte Fehlerrate**

Fehler in der Überwachung bedeuten im Kontext der Zugverkehrsleitung das Verpassen von handlungsrelevanten Informationen oder das Einleiten von unnötigen Reaktionen in nicht handlungsrelevanten Situationen.

Durch Fehler von ZVL, z. B. das Übersehen von auftretenden Konflikten oder von technischen Störungen, sind viele verschiedene Folgen denkbar, z. B. wartende Züge und daraus folgende Verspätungen, Zugausfälle, erhöhter Energieverbrauch durch unnötige Bremsmanöver, Erschwerung des Störungsmanagements, bis hin zur Gefährdung von Personal und Passagieren.

#### **3.2.4.4 Verlängerte Reaktionszeiten**

Verlängerte Reaktionszeiten von ZVL bedeutet ein (zu) spätes Entdecken von Konflikten und Störungen im Bahnsystem. Dies kann zu längeren Wartezeiten von Zügen und dadurch zu Verspätungen oder auch zur Gefährdung von Personal und Passagieren, z. B. wenn ein Zug nicht rechtzeitig gestoppt wird, führen.

#### **3.2.4.5 Reduzierte Ausführungsgenauigkeit**

Die Handlungsausführung in der Zugverkehrsleitung ist durch technische Systeme praktisch komplett automatisiert. Maus und Tastatureingaben benötigen kaum eine manuell geschickte Ausführung. Deswegen ist die Ausführungsgenauigkeit in der Zugverkehrsleitung, im Sinne der Ausführungspräzision motorischer Handlungen (vgl. Abschnitt 3.2.2.3), kein relevantes Aufgabenmerkmal, dessen Reduktion zu negativen Konsequenzen führt.

Möglicherweise kann die Ausführungsgenauigkeit motorischer Handlungen so stark reduziert werden, dass daraus unabsichtlich begangene fehlerhafte Handlungen entstehen, z. B. durch das Drücken einer falschen Taste auf der Tastatur. Solche Fälle würden in der vorliegenden Anordnung negativer Konsequenzen als Fehler (vgl. Abschnitt 3.2.4.3) eingeordnet werden.

#### **3.2.4.6 Physiologische Veränderungen**

Mit dem Erleben von Monotonie gehen verschiedene physiologische Veränderungen einher (vgl. Abschnitt 3.2.3 Physiologische Komponenten). Diese Veränderungen betreffen typischerweise die Aktivierung des Nervensystems (erhöhte EEG Alpha-Aktivität, erhöhte EEG Theta-Aktivität, reduzierte EKG Herzrate, erhöhte EKG Herzratenvariabilität, reduzierte Hautleitfähigkeit).

Durch die physiologischen Veränderungen sind kurz- und mittelfristig keine direkten negativen Auswirkungen auf den Bahnverkehr oder auf die Gesundheit der ZVL zu erwarten. Weder die Veränderungen der Hirnaktivitäten, der kardiovaskulären Aktivität noch der Hautleitfähigkeit als Symptome von Monotonie sind in dieser Beziehung als gesundheitlich bedenklich einzustufen.

Unklar sind die langfristigen Folgen der physiologischen Veränderungen bei häufigem, wiederholtem Erleben von Monotonie. Denkbar ist, dass die beschriebenen physiologischen Veränderungen zu gering sind, um sich langfristig negativ auf die Gesundheit auszuwirken, oder die Veränderungen schnell erholt werden können in den Zeiten zwischen Monotoniezuständen.

*Tabelle 6: Erwartete negative Konsequenzen durch Monotonie in der Zugverkehrsleitung*

<b>Symptome</b>	<b>Erwartete negative betriebliche Auswirkungen in der Domäne der Zugverkehrsleitung</b>
Aufgabenbezogene Langeweile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unzufriedenheit</li> <li>• erhöhte Fluktuation</li> <li>• unzulässige Nebenbeschäftigungen</li> </ul>
Passive aufgabenbezogene Müdigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einschlafen</li> </ul>
Erhöhte Fehlerrate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verspätungen</li> <li>• Zugausfälle</li> <li>• erhöhter Energieverbrauch</li> <li>• Erschwerung des Störungsmanagements</li> <li>• Gefährdung von Personal und Passagieren</li> </ul>
Verlängerte Reaktionszeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verspätungen</li> <li>• Gefährdung von Personal und Passagieren</li> </ul>
Reduzierte Ausführungsgenauigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine</li> </ul>
Erhöhte EEG Alpha-Aktivität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine</li> </ul>
Erhöhte EEG Theta-Aktivität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine</li> </ul>
Reduzierte EKG Herzrate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine</li> </ul>
Erhöhte EKG Herzratenvariabilität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine</li> </ul>
Reduzierte Hautleitfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine</li> </ul>

### **3.3 Entstehungsbedingungen von Monotonie (als Zustand)**

Wie bereits in den Definitionen zur Monotonie als Zustand in Abschnitt 3.1.1 beschrieben, ist der Zustand der Monotonie an bestimmte Bedingungen gebunden. Diese Bedingungen sollen hier genauer beschrieben und mit der Situation in der Zugverkehrsleitung in Beziehung gesetzt werden.

Monotonie entsteht nach Hacker und Richter (1984), wenn „die Aufgabenerfüllung [ ] einerseits kein vollständiges Lösen von der Tätigkeit [erlaubt], [ ] andererseits aber zugleich auch keine ausreichenden Möglichkeiten zur sachbezogenen gedanklichen Auseinandersetzung mit der Tätigkeit selbst [gewährt]“ (Hacker & Richter, 1984, S. 205).

Monotonie ist mit dem Bearbeiten einer Aufgabe verbunden und ist nicht alleinig von den äußeren Bedingungen, sondern auch von individuellen Faktoren abhängig. Ob die Möglichkeit zu „ausreichender sachbezogener Auseinandersetzung mit der Tätigkeit selbst“ gegeben ist, wird entscheidend vom Wissen und den Fähigkeiten der Person, die die Aufgabe ausführt, beeinflusst.

Zum Beispiel wird ein erfahrener Autofahrer während einer langen Autobahnfahrt in eintöniger Umgebung auf gerader Strecke eher Monotonie erleben als ein Fahranfänger. Für den Fahranfänger bieten die Fahraufgabe selbst, die Geschwindigkeitsregulation, die Schaltvorgänge und das Spurhalten genügend sachbezogene Auseinandersetzung. Für den erfahrenen Fahrer, für den diese Handlungen mit minimalem kognitivem Aufwand automatisiert ablaufen, ist dies nicht der Fall.

Generell kann jedoch davon ausgegangen werden, dass bestimmte Situationsmerkmale bei der Ausführung einer Aufgabe eher monotonieerzeugend sind als andere. Diese Merkmale liegen einerseits in der Aufgabe selbst, andererseits in der Umgebung.

Wie bereits in Absatz 3.1.2 „Monotonie als Aufgabenmerkmal und Umgebungsbedingung“ erläutert wurde, können Aufgabenmerkmale und Umgebungsbedingung im Kontext der Monotonie oft nicht klar voneinander getrennt werden.

### **3.3.1 Aufgabenmerkmale und Umgebungsbedingungen**

Monotonie ist ein Ergebnis der Gestaltung von Aufgabeninhalten. Nach Hacker (1984) sollte die Art der Bindung an eine Arbeitsaufgabe, im Sinne der engen kognitiven Kopplung (Grote, 1997), insbesondere in Kombination mit geringen kognitiven Anforderungen besonders stark monotonieerzeugend wirken.

Umgebungsfaktoren, die Monotonie erzeugen, sind insbesondere solche, die wenig Stimulation für die Sinne bieten.

Eine geringe Stimulusvariation, durch Aufgabe und/oder Umgebung, führt zu einer geringeren physiologischen Erregung (arousal) und trägt damit ursächlich zu Monotonie bei (Michael, 2011). Durch die geringe physiologische Erregung wird einerseits die Reizdiskriminierung erschwert, andererseits die Aktivierung des zentralen Nervensystems insgesamt tief gehalten. Dadurch wird die Aktivierung des Parasympathikus gefördert, wobei der Körper in einen Ruhe- und Erholungsmodus schaltet (Vagotonie), der die Leistungsbereitschaft verringert und zu Antriebslosigkeit führen kann (Michael, 2011).

Im Zusammenhang mit Monotonie werden insbesondere zwei Aufgaben- bzw. Umgebungsfaktoren für das Entstehen von Monotonie genannt; Repetitivität und Ereignisarmut. Während diese beiden Faktoren von einigen Autoren als Gegebenheiten unterschiedlicher Aufgaben betrachtet wurden, die nicht gemeinsam auftreten (z. B. Johansson, 1989), ist dies bei anderen Autoren nicht der Fall (Dunn, 2011; Straussberger, 2006).

Tatsächlich beinhalten viele Aufgaben gleichzeitig Elemente von Repetitivität und Ereignisarmut, woraus folgt, dass die beiden Faktoren einander nicht ausschließen (Dunn, 2011; Straussberger, 2006).

In Zusammenhang mit diesen beiden Faktoren wird Unterbelastung als dritte mit diesen verbundene Bedingung genannt (Straussberger, 2006).

### **3.3.1.1 Unterbelastung**

Eine Aufgabe erzeugt eher Monotonie, wenn sie nur geringe physische und/oder kognitive Anforderungen stellt. Unterbelastung (underload) wird von einer Vielzahl der Autoren als Bedingung für die Entstehung von Monotonie betrachtet (z. B. Körber et al., 2015; Melamed et al., 1995a; Ralph et al., 2017; Thackray, 1980; Welford, 1965). Landau und Pressel (2009) betrachten Monotonie als Beanspruchungsreaktion auf Unterbelastung. Diese ist dabei eine notwendige aber alleine nicht ausreichende Bedingung für Monotonie. So kann Unterbelastung z.B. auch zu psychischer Sättigung führen (vgl. 3.1.3.3).

Unterbelastung als Bedingung wird hervorgerufen durch die spezifischen Aufgabenmerkmale Repetitivität oder Ereignisarmut. Der Einfluss der beiden Merkmale auf die Unterbelastung kann unterschiedlich stark sein. Bei Fließbandaufgaben z. B. führt eher die Repetitivität der Aufgabe zu

einer Unterbelastung als das Fehlen von Ereignissen. Im Kontext der Monotonie müssen jedoch beide Merkmale als Einflüsse berücksichtigt werden.

### 3.3.1.2 Repetitivität

Repetitivität bedeutet, dass sich vordefinierte Elemente in einer bestimmten Sequenz zyklisch mehrmals wiederholen (Cox, 1985).

Repetitivität wurde von Johansson (1989) primär als Problem bei Fließbandarbeiten betrachtet. Die Repetitivität taucht dabei gleichzeitig mit anderen Faktoren wie tiefer Aufgabenkomplexität und wenig Kontrolle über das Arbeitstempo auf und führt zum Zustand der Monotonie.

Die Repetitionszeit (cycle time) wird immer wieder als bestimmender Faktor für das Auftreten von Monotonie betrachtet (Davies et al., 1983; Melamed et al., 1995a; Straussberger, 2006), wobei davon ausgegangen wird, dass kurze Repetitionszeiten z. B.:

- weniger als 90 Sekunden (Davies et al., 1983),
- weniger als 60 Sekunden (Melamed, Ben-Avi, Luz & Green, 1995b),
- weniger als 10 Sekunden (Johansson, 1989) oder
- weniger als 5 Sekunden (O’Hanlon, 1981),

eher zu Monotonie führen als lange Repetitionszeiten.

Außer der wiederholten Ausführung von Arbeitsschritten meint Repetitivität auch das wiederholte, regelmäßige Auftreten von Reizen (Michael, 2011). „Reize“ sind alle die Sinne ansprechenden Stimuli. Bei den heutigen bildschirmgestützten Arbeitsplätzen, wozu auch jener der Zugverkehrsleitenden zählt, und auch in vielen Experimenten (z. B. Mackworth, 1948) sind dies oft visuelle Reize. Im Alltag können dies aber auch auditive, taktile (passiv) oder haptische (aktiv) Reize sein.

In einem Fahrsimulator wurde der Einfluss von repetitiven Stimuli auf die Ausführungsgenauigkeit untersucht. Die Teilnehmenden mussten dabei 42 Minuten auf einer geraden, zweispurigen Straße fahren. In der repetitiven (monotonen) Bedingung wiederholten sich die am Straßenrand stehenden Baumpaare während der gesamten Fahrt. In der Kontrollbedingung war die Umgebung abwechslungsreich mit Bäumen, Häusern, Bauernhöfen, Straßenschildern etc. „ländlich“ gestaltet. Die Spurhaltung der Teilnehmenden in der repetitiven Bedingung war dabei deutlich schlechter als in der abwechslungsreichen Bedingung (Thiffault & Bergeron, 2001).

Repetitivität kann durch Adaption zu Habituationseffekten führen. Habituation (Ariga & Lleras, 2011) tritt bei wiederholter Einwirkung eines sich als unbedeutend erweisenden Reizes auf. Infolge dieser Einwirkung wird die physiologische Reaktion auf diesen Reiz abgeschwächt und kann auch völlig verschwinden. Dadurch werden einander ähnliche, wiederholt auftretende Reize mit zunehmender Habituation kaum mehr unterschieden oder sogar überhaupt nicht mehr bewusst wahrgenommen. Diese Habituationseffekte verringern in Folge die wahrgenommene Variation in den auftretenden Reizen zusätzlich (Sharpless & Jasper, 1956; Thiffault & Bergeron, 2001).

Eine leichte Vorhersagbarkeit von Reizen bzw. Ereignissen wirkt verstärkend auf die Entstehung von Monotonie (Michael, 2011; Wertheim, 1978). Michael (2011) beschreibt die grundsätzliche Wirkung der Repetitivität und Vorhersagbarkeit in Bezug auf Monotonie ähnlich. Tatsächlich sind repetitive Reize oft leicht vorhersagbar und lassen dadurch eine getrennte Betrachtungsweise kaum zu.

### **3.3.1.3 Ereignisarmut**

Ereignisarmut als Aufgaben- und Umgebungsmerkmal bezieht sich darauf, wie häufig eine Reaktion auf Ereignisse notwendig ist. Als Ereignisse werden Reize betrachtet, die eine Reaktion von der aufgabenausführenden Person verlangen (vgl. Hart, 2010; Mackworth, 1948). Ereignisarmut bedeutet also nicht zwingend, dass wenige Reize vorhanden sind, sondern dass eine Situation nur wenige oder keine notwendigen Reaktionen von einer Person erfordert.

Eine generell geringe Stimulation durch Reize und eine niedrige Auslastung der vorhandenen Fähigkeiten werden mit Ereignisarmut als Aufgaben- und Umgebungsmerkmal in Verbindung gebracht (Johansson, 1989). Insbesondere passive Bedienungsaufgaben werden als ereignisarm betrachtet, da die Überwachungstätigkeit bei diesen eine vorherrschende Charakteristik darstellt. Bediende verbringen beim Ausführen solcher Aufgaben die meiste Zeit mit Warten auf Abweichungen und Störungen, wobei sie nur wenig Kontrolle über die Arbeitsbelastung haben (Persson, Wanek & Johansson, 2001). Ereignisarmut wird als typisch für die Arbeit in Kontrollräumen beschrieben.

In drei Experimenten mit insgesamt 32 Fluglotsen konnte aufgezeigt werden, dass Ereignisarmut einen Einfluss auf die wahrgenommene Monotonie und weitere Monotonieindikatoren wie passive Müdigkeit, Herzrate und Herzratenvariabilität hatte. Ereignisarmut wurde in diesen Experimenten als dynamische Verkehrsdichte in einer simulierten Flugkontrollaufgabe operationalisiert, in der

die Anzahl Kreuzungspunkte sowie die Häufigkeit von Höhenanpassungen in einem überwachten Bereich als Ereignisse berücksichtigt wurden (Straussberger, 2006).

Aufgaben- und Umgebungsbedingungen, die von Ereignisarmut geprägt sind, bieten nicht genügend Stimulation zur ausreichenden Aktivierung des zentralen Nervensystems und unterstützen damit das Entstehen von Monotoniezuständen (Michael, 2011).

Die Umgebungsbedingungen werden als objektiv und absolut verstanden, jedoch können Unterbelastung, Ereignisarmut und Repetitivität durchaus individuell unterschiedlich wahrgenommen und subjektiv interpretiert werden. Individuelle Faktoren müssen hier folglich auch berücksichtigt werden.

### **3.3.2 Individuelle Faktoren**

In Bezug auf die Unterbelastung, die bereits in den Entstehungsbedingungen als Aufgabenmerkmal erwähnt wurde, spielen die jeweiligen Fähigkeiten einer Person in Bezug auf eine gestellte Aufgabe eine entscheidende Rolle als Entstehungsbedingung für Monotonie. Diese sind abhängig von Begabung, Training und Erfahrung spezifisch für jede Aufgabe, und eine vollständige Auflistung dieser ist weder möglich noch zielführend. Der Einfluss von Training und Erfahrung auf Monotoniesymptome konnte von Peter et al. (1990) aufgezeigt werden. Beim Ausführen einer monotonen Aufgabe, in der Versuchsteilnehmende eine Sicherheitsfahrerschaltung (ein in der Zugführung verwendetes Fußpedal) betätigen mussten, zeigten die in der Aufgabe trainierten Versuchspersonen (Lokführer\*innen) geringere Leistungseinbußen als untrainierte (Lastwagenfahrer\*innen). Bezüglich der physiologischen Indikatoren für Monotonie (Hirnaktivität und Herzrate) unterschieden sich die beiden Versuchspersonengruppen bei der Ausführung der Aufgabe nicht.

Immer wieder werden auch die Einflüsse von individuellen, aufgabenunabhängigen Eigenschaften auf das Erleben von Monotonie theoretisch und empirisch betrachtet.

Eine oft formulierte Hypothese ist, dass intellektuell begabte oder gebildete Menschen anfälliger für Monotonieerleben sind (vgl. 3.1.1). Begründet wird diese Annahme damit, dass diese Menschen schneller unterfordert seien als intellektuell weniger begabte oder gebildete. Die Ergebnisse der empirischen Studien zu diesem vermuteten Zusammenhang sind allerdings nicht eindeutig und werden kontrovers diskutiert (Bartenwerfer, 1985; Nederkoorn et al., 2016).

In einer Studie mit 93 Lastwagenfahrenden, deren Aufgabe darin bestand, auf eintönigen Straßen zu fahren, konnte festgestellt werden, dass eine höhere Intelligenz mit einer höheren Anfälligkeit für Monotonieerleben einhergeht (Drory, 1982). Ähnliche Ergebnisse zeigten sich bei einer monotonieerzeugenden Schreibaufgabe mit 44 Armeeangehörigen, wobei die intelligenteren Testpersonen eine höhere Anfälligkeit für Monotonieerleben aufwiesen (London et al., 1972).

In einer Untersuchung mit 424 Studenten wurde gezeigt, dass schlechte Prüfungsergebnisse und Monotonie- bzw. Langweileerleben im Unterricht miteinander einhergehen und sich gegenseitig negativ verstärken (Koerth-Baker, 2016).

In einer anderen Studie, in der 72 Frauen befragt wurden, die repetitive Industriearbeiten verrichteten, konnte kein Zusammenhang von Bildung und Anfälligkeit für Monotonie nachgewiesen werden (Smith, 1955).

Weitere Hinweise auf den positiven Einfluss von individuellen Eigenschaften auf Monotonieresistenz bestehen für physische Fitness (Drory, 1982).

Nicht bestätigt wurde die Annahme, dass Frauen eher monotonieresistent sind (Bartenwerfer, 1985).

Eine erhöhte Monotonieanfälligkeit hingegen tritt häufig gleichzeitig mit der Persönlichkeitseigenschaft Extraversion (Bartenwerfer, 1985; Farmer & Sundberg, 1986) und bei Depressivität auf (Farmer & Sundberg, 1986).

In zwei Experimenten wurde auch gezeigt, dass Versuchspersonen unter 25 bzw. unter 30 Jahren eine erhöhte Monotonieanfälligkeit im Vergleich mit anderen Altersgruppen haben (Smith, 1955; Wascher et al., 2016).

Neben Aufgaben und Umgebungsfaktoren haben auch individuelle Faktoren einen Einfluss auf die Entstehung von Monotonie. Die Gestaltung von Arbeitsinhalten, die zu Monotonie führen, ist demnach auch abhängig von den ausführenden Personen. Gestaltungsmaßnahmen zur Vermeidung von Monotonie sollten entsprechend diese individuellen Faktoren berücksichtigen.

Um zu verstehen, inwiefern die genannten Entstehungsbedingungen von Monotonie ZVL betreffen, müssen sie mit den Gegebenheiten in der Zugverkehrsleitung in Bezug gesetzt werden.

### **3.3.3 Vermutete Entstehungsbedingungen für Monotonie in der Zugverkehrsleitung**

Verschiedene Entstehungsbedingungen für Monotonie finden sich in den Aufgaben der ZVL wieder. Auf die wichtigsten dieser Bedingungen wird nachfolgend eingegangen.

#### **3.3.3.1 Unterbelastung**

Die Belastung von ZVL ist abhängig vom aktuellen Verkehrsaufkommen, von den aktuell auszuführenden Aufgaben und von dem Ausmaß der technischen Unterstützung.

Wie bereits in Kapitel 2 (2.4.3, Tageszeit- und wochentagabhängiges Verkehrsaufkommen) beschrieben, variiert das Verkehrsaufkommen systematisch nach Tageszeit und Wochentag. In den Rand- und Nachtverkehrszeiten (Wochenende, Frühmorgens, Spätabends, Nacht) ist es eher gering, zu Hauptverkehrszeiten besonders hoch.

In Bezug auf die Überwachung des fahrplanmäßigen Zugverkehrs im Sektor beschreibt das Verkehrsaufkommen in einer Region die Anzahl zu überwachender Elemente bzw. Züge. Ein geringes Verkehrsaufkommen erleichtert die Orientierung über relevante Situationsaspekte, die Identifizierung relevanter Abweichungen und die frühzeitige Antizipation von Abweichungen. Mit sinkendem Verkehrsaufkommen sinkt folglich auch die Schwierigkeit der Überwachungstätigkeit.

Die kognitiven Aufgaben beim Einstellen des Kurzfristverkehrs entsprechend Tagesplanung, beim Management von Verspätungen, bei der Steuerung von Rangierbewegungen / Manövern und beim Management von Störungen und Notfallsituationen werden durch ein geringes Verkehrsaufkommen ebenfalls einfacher. Ein geringes Verkehrsaufkommen führt dazu, dass weniger Elemente in ein mentales Modell (Rouse & Morris, 1986) der Situation integriert werden müssen, wodurch die mentale Simulation von Handlungskonsequenzen zur antizipativen Problemerkennung und Lösung erleichtert wird.

Unabhängig von der Erleichterung der kognitiven Aufgaben existieren bei geringem Verkehrsaufkommen mehr Handlungsspielräume für die ZVL, da die Bahninfrastruktur weiter weg von der Kapazitätsgrenze betrieben wird als bei hohem Verkehrsaufkommen. Damit stehen den ZVL zur Erledigung ihrer Aufgaben in der Verkehrssteuerung mehr Ressourcen, wie z. B. freie Gleise, auf

die Züge umgeleitet werden können, zur Verfügung. Diese Ressourcen vereinfachen die Bahnverkehrssteuerung zusätzlich.

In der Beschreibung der technischen Unterstützung der ZVL (vgl. Kapitel 2.3) wurde festgestellt, dass die Erfüllung der kognitiven Anforderungen, die an die ZVL gestellt werden, stark erleichtert wird.

Durch die starke technische Unterstützung stellen insbesondere die Aufgabenbereiche mit Routinehandlungen (Überwachung des fahrplanmäßigen Zugverkehrs im Sektor, Einstellen des Kurzfristverkehrs entsprechend Tagesplanung, Management von Verspätungen, Steuerung von Rangierbewegungen / Manövern) in der Zugverkehrsleitung eher geringe Anforderungen an die ZVL.

Die Anforderungen und Voraussetzungen in der Zugverkehrsleitung weisen für Zeitpunkte mit geringem Verkehrsaufkommen, typischerweise in der Nacht und an Wochenenden sowie beim Ausführen von Routineaufgaben wie der Überwachung des fahrplanmäßigen Verkehrs, die Bedingungen für eine Unterbelastung auf. Es kann deshalb vermutet werden, dass Unterbelastung als eine Bedingung für die Entstehung von Monotonie unter diesen Bedingungen gegeben ist.

In der praktischen Arbeit von ZVL ist Unterbelastung direkt mit den Aufgabenmerkmalen Repetitivität und Ereignisarmut verbunden (vgl. 3.3.3.2 und 3.3.3.3). Sowohl repetitive Abläufe als auch Ereignisarmut sind Hauptursachen von Unterbelastung in der Zugverkehrsleitung.

### **3.3.3.2 Repetitivität**

Durch den Fahrplan sind im Schienenverkehr viele regelmäßig auftretende, sich wiederholende Abläufe festgelegt. Viele Züge fahren Tag für Tag zu den gleichen Zeiten. Die meisten Zugverbindungen verkehren durch den Tag außerdem in regelmäßigen, sich periodisch wiederholenden Abständen. In der Schweiz werden z. B. alle Zugverbindungen zwischen größeren Städten im Viertel- oder Halbstunden-Takt durchgeführt. Repetitivität von wahrgenommenen Reizen ist in der Zugverkehrsleitung durch die wiederkehrenden Abläufe im Fahrplan gegeben.

Für die ZVL führen diese wiederkehrenden Abläufe zu einer Vereinfachung der Antizipation von Abläufen, mehr Routine und Habituation im fahrplanmäßigen Betrieb.

Da die ZVL im Normalfall nicht in den fahrplanmäßigen Verkehr eingreifen müssen, sondern nur bei Abweichungen (Verspätungen, Störungen), betreffen diese Wiederholungen primär das Auftreten von wahrgenommenen Reizen. Ein wiederholtes Ausführen von Handlungen, wie z. B. in der Fließbandarbeit, ist dadurch nicht gegeben.

Es ist unklar, ob die langen Zyklen in den Fahrplänen bei ZVL auch Monotonie fördern. Die Takt- bzw. Zykluszeiten der Fahrpläne sind mit 15–30 Min. deutlich über dem, was in den Studien zur Wirkung von Repetitivität (siehe Abschnitt 3.3.1.2) betrachtet wurde. Betreffend Monotonie gelten grundsätzlich kurze Zykluszeiten der Repetitivität von 5–90 Sekunden als problematisch.

Neben den Zykluszeiten könnte auch die totale Anzahl erlebter Wiederholungszyklen und die damit einhergehenden Habituationseffekte (Sharpless & Jasper, 1956) einen monotonieverstärkenden Einfluss haben. Da ZVL bei der Arbeit über Jahre den gleichen wiederkehrenden Abläufen ausgesetzt sind, erleben sie in der Summe eine sehr hohe Anzahl an Wiederholungen von gleichen Reizen.

### **3.3.3.3 Ereignisarmut**

Grundsätzlich ist die Funktion der ZVL im Bahnsystem eine passive. Ereignisse, also Reize, welche eine Reaktion von den ZVL benötigen, treten in der Zugverkehrsleitung nicht systematisch auf.

Typische Ereignisse für ZVL sind das Auftreten von Verspätungen, Anfragen zum Stellen von Fahrstraßen für Rangierbewegungen sowie Störungen und Notfallsituationen. Das Auftreten solcher Ereignisse kann nicht durch die ZVL gesteuert werden.

Durch die starke technische Unterstützung (vgl. Abschnitt 2.3) und Automatisierung ist die Notwendigkeit für Eingriffe in der Zugverkehrsleitung in modernen Bahnsystemen relativ selten geworden. Die meisten technischen Komponenten (z. B. Zugtechnik, Signaltechnik, etc.) im Bahnverkehr sind zuverlässig und wenig fehleranfällig. Je höher die Zuverlässigkeit der verschiedenen Systemkomponenten im Bahnsystem ist, desto weniger Ereignisse treten für die ZVL auf. Während der Überwachung des fahrplanmäßigen Verkehrs verbringen ZVL zum Teil lange Zeiträume mit Warten auf Abweichungen und Störungen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass insbesondere das Verkehrsaufkommen (siehe Abschnitt 2.4.3) einen starken Einfluss auf die Entstehung von Ereignissen hat. Je näher das Bahnsystem an seiner Kapazitätsgrenze operiert, z. B. in den Hauptverkehrszeiten, desto wahrscheinlicher führen kleine Abweichungen (z. B. Verspätungen) durch vermehrte Wechselwirkungen zwischen Systemkomponenten zu Ereignissen. Im Gegensatz dazu kann für die Zeiträume mit geringem Verkehrsaufkommen, die Randverkehrszeiten und Nachtverkehrszeiten von weniger Ereignissen ausgegangen werden.

Die Wahrscheinlichkeit für Ereignisarmut ist in der Zugverkehrsleitung hoch, insbesondere in Zeiten mit geringem Verkehrsaufkommen, in denen die Überwachungstätigkeit die vorherrschende Charakteristik darstellt.

Da das Auftreten der Ereignisse nicht durch die ZVL gesteuert werden kann, gehören auch lange Zeiträume ohne Ereignisse in der Zugverkehrsleitung zum Normalfall.

#### **3.3.3.4 Kognitive Bindung an die Arbeitsaufgabe**

Die kognitive Bindung (auch Kopplung) an die Arbeitsaufgabe beschreibt die Möglichkeit eines Operateurs, die kognitiven Erfordernisse, die eine Arbeitsaufgabe an ihn stellt, zu beeinflussen (Grote, 1997).

Die Aufgabe der Überwachung des fahrplanmäßigen Zugverkehrs fordert eine andauernde, visuelle Aufmerksamkeit von den ZVL. Das zu überwachende System verändert sich dabei stetig.

Diese andauernden Veränderungen im System müssen wahrgenommen und in ein mentales Modell des Systems integriert werden, um relevante Abweichungen zu identifizieren. Unterschiede zwischen der Ist-Situation und dem Soll-Zustand müssen durch ZVL zeitnah erkannt werden, damit rechtzeitig steuernd eingegriffen werden kann.

Eine enge kognitive Bindung an die Arbeitsaufgabe ist in der Überwachung durch die ZVL aufgabenimmanent.

Tabelle 7: Entstehungsbedingungen von Monotonie und zugehörige Aufgabenmerkmale in der Zugverkehrsleitung

<b>Entstehungsbedingungen für Monotonie</b>	<b>Aufgabenmerkmale in der Zugverkehrsleitung</b>
Unterbelastung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primär Routineaufgaben</li> <li>• Starke technische Unterstützung</li> <li>• Zeiten mit geringem Verkehrsaufkommen</li> </ul>
Repetitivität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederkehrende Abläufe im Fahrplan</li> </ul>
Ereignisarmut	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundsätzlich passive Funktion</li> <li>• Zuverlässige technische Systemkomponenten</li> <li>• Technisch automatisierte Abläufe</li> <li>• Zeiten mit geringem Verkehrsaufkommen</li> </ul>
Kognitive Bindung an die Arbeitsaufgabe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überwachungsaufgabe fordert andauernde visuelle Aufmerksamkeit</li> </ul>

### 3.4 Erfassung von Monotoniesymptomen

Eine genaue, quantifizierte Bestimmung des Zustands der Monotonie bei einer Person ist methodisch anspruchsvoll. Bisher gibt es keine allgemein akzeptierten Standards zur Erfassung von Monotonie oder breit etablierte Instrumente, wie sie z. B. für Beanspruchung mit dem NASA Task Load Index (Hart & Stavenland, 1988) verfügbar sind.

Untersuchungen bedienen sich unterschiedlicher Verfahren, um Monotonie, deren Symptome oder Folgen zu operationalisieren und auf diese Weise zugänglich zu machen.

Nachfolgend werden verschiedene Methoden und Instrumente vorgestellt, die in Untersuchungen zu diesem Zweck verwendet wurden. Der Fokus liegt dabei auf den Verfahren, die in den Untersuchungen dieser Arbeit (Kapitel 6-9) verwendet werden.

#### 3.4.1 Methoden und Instrumente zur Erfassung des Erlebens von Monotonie

Zur Erfassung des Erlebens von Monotonie werden typischerweise Verfahren aus der Methodenklasse der Befragung eingesetzt. Zu dieser Methodenklasse zählen Interview- und Fokusgruppenverfahren sowie Fragebogenverfahren mit Single-Item-Skalen. Als qualitative Verfahren sind In-

interviews und Fokusgruppen insbesondere zur Exploration eines Untersuchungsfeldes und zur Hypothesengenerierung geeignet. Der Einsatz dieser qualitativen Verfahren ist kontextspezifisch und nicht standardisiert, weshalb in Folge nicht weiter auf diese Methoden eingegangen wird.

Die Single-Item-Fragebogenskalen als quantitative Verfahren eignen sich zur Hypothesentestung. Ein Vorteil von Single-Items, die sich im Vergleich zu Multi-Item-Skalen schnell, ohne größeren Aufwand beantworten lassen, ist, dass sie bei Untersuchungen auch in kurzen Pausen eingesetzt werden können (Straussberger, 2006). Bei der Untersuchung von Monotoniezuständen ist dies besonders nützlich, weil sich diese durch die Unterbrechung der Aufgabe mit einem Fragebogen zurückbilden könnten und damit die Messung einen Einfluss auf den Zustand der Monotonie nehmen würde.

Generelle Vorteile von Befragungsmethoden sind ihre günstige und einfache Einsetzbarkeit in unterschiedlichen Kontexten sowohl in Feld- wie Laboruntersuchungen als auch eine hohe Akzeptanz bei Versuchspersonen.

Nachteilig ist der mögliche Einfluss von kulturellen oder situationalen Antworttendenzen der Versuchspersonen wie z. B. von sozialer Erwünschtheit, die zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen kann.

In verschiedenen Untersuchungen wurde versucht, das Erleben von Monotonie direkt mit Single-Item-Skalen zu erheben.

In dem Thackray Scale Inventory (TSI) (Thackray et al., 1977) wird Monotonie auf einer 9-stufigen Skala beurteilt. Sie wurde z. B. in einer Studie mit Fluglotsen verwendet, um Monotonie während einer Radarkontrollaufgabe zu erfassen (vgl. Straussberger, 2006). Die TSI orientiert sich an den Items, die auch in den Untersuchungen zu Langeweile von Barmack (1939) verwendet wurden.

In verschiedenen Untersuchungen (Dunn, 2011; Havermans et al., 2015) wurden visuelle Analogskalen zur Beurteilung von empfundener Monotonie verwendet (0 = ‘not at all’, 10 = ‘extremely’).

Für die Erfassung von Monotonieerleben bei Autofahrten fragte Schmidt (2010) nach der Wahrnehmung der Versuchspersonen (...how did you perceive the drive?) und verwendete dafür eine 9-stufige Skala mit Beschreibungen (1 = 'Extremley varied', 3 = 'Varied', 5 = 'Neither varied nor monotonous', 7 = 'Monotonous', 9 = 'Extremely monotonous').

Teilweise ist bei den verwendeten Skalen unklar, inwiefern sie tatsächlich ermöglichen, erlebte Monotonie zu erfassen. Das Verständnis von Befragten von Monotonie als Zustand oder als Bedingung könnte Ergebnisse ggf. verzerren. Eine vorausgehende Begriffsklärung in den Untersuchungen oder die Verwendung von eindeutigen Begriffen in den Skalen wäre wünschenswert.

### **3.4.2 Methoden und Instrumente zur Erfassung der Leistungskomponenten von Monotonie**

Zur Erfassung von Leistungskomponenten werden aufgabenspezifische Operationalisierungen verwendet. Sie findet in Form von Verhaltensmessungen in experimentellen bzw. quasiexperimentellen Untersuchungen statt. Bei Untersuchungen am Computer oder im Simulator ist die Erfassung dieser Komponenten typischerweise in die Aufgabe integriert und erfordert keine zusätzlichen technischen Hilfsmittel oder Aufgabenunterbrechungen.

Die Erfassung der Leistung bei ereignisarmen Überwachungsaufgaben kann schwierig sein, da es bei solchen Aufgaben meist nur wenige Gelegenheiten gibt, Leistung auch tatsächlich zu zeigen. Typische Operationalisierungen für Leistung, die im Kontext von Monotonie verwendet werden, sind Reaktionszeiten, Fehlerraten und die Unterscheidung von verschiedenen Fehlertypen.

Die Verwendung von Sekundäraufgaben gemäß dem Dual-Task-Paradigma zur Messung von Leistung bei Monotoniezuständen muss als problematisch betrachtet werden. Sekundäraufgaben können alleine dadurch, dass sie Aufmerksamkeitsressourcen benötigen, das Entstehen von Monotonie stark beeinflussen (Young & Stanton, 2002a).

Mit Maßen der Signalentdeckung wird die Leistung bzw. Sensitivität bei der Unterscheidung von verschiedenen Typen von Reizen betrachtet (Stanislaw & Todorov, 1999).

Typischerweise müssen in Signalentdeckungsaufgaben verschiedene Stimuli nach einem Kriterium unterschieden werden. Dabei wird für jeden Stimulus eine Entscheidung dahingehend getroffen, ob ein bestimmtes Signal vorhanden („Ok“) bzw. nicht vorhanden ist („Nicht OK“).

In einer Untersuchung von Schwaninger (2005a) musste z. B. Flughafensicherheitspersonal erkennen, ob auf einem Röntgenbild eines Gepäckstückes ein gefährlicher Gegenstand zu sehen ist (Signal vorhanden) oder nicht (kein Signal vorhanden).

Tabelle 8: Signale und Entdeckung

	Signal vorhanden (OK)	kein Signal vorhanden (nicht OK)
entdeckt	Treffer (hit)	Fehlalarm (false alarm)
nicht entdeckt	Verpasser (miss)	korrekte Ablehnung (correct rejection)

Die getroffene Entscheidung („OK“ bzw. „nicht OK“) kann richtig gewesen sein, dann nämlich, wenn tatsächlich ein Signal vorhanden war (*hit*) bzw. nicht vorhanden war (*correct rejection*). Falls ein Stimulus allerdings fälschlicherweise als „OK“ beurteilt wird, obwohl ein Signal enthalten ist, wird dies als „*miss*“ bezeichnet (vgl. Tabelle 8). Ein Stimulus, der kein Signal enthält aber als „OK“ markiert wird, wird als „*false alarm*“ bezeichnet. Diese letztere beiden Entscheidungen sind Fehlentscheide. Das Prinzip des Entscheidungsverhaltens bzw. des Antwortkriteriums der einzelnen Person beruht auf der Signaldetektionstheorie, die von Green und Swets (1966) entwickelt wurde. Mittels der Signaldetektionstheorie ist es möglich, die Sensitivität (hier  $d'$ ) bzw. die Erkennungsleistung statistisch zu ermitteln (Abbildung 8).

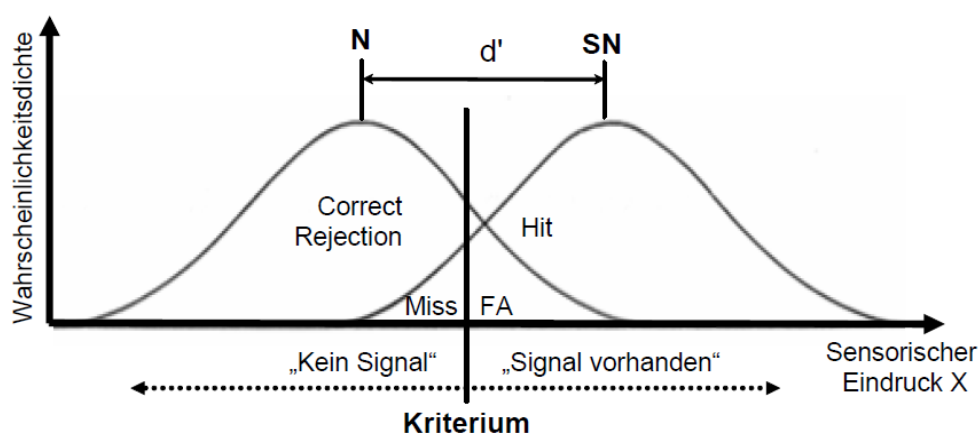


Abbildung 8: Statistisches Modell der Signaldetektionstheorie (Schwaninger, 2005b, S. 116)

Signalentdeckungsaufgaben bieten entsprechend viele mögliche Variablen der Leistungseinschätzung; hierzu gehören Fehlerraten, verschiedene Fehlertypen (miss, false alarm) und das daraus abgeleitete Maß für Sensitivität ( $d'$ ) sowie Reaktionszeiten.

### **3.4.3 Methoden und Instrumente zur Erfassung der physiologischen Komponenten von Monotonie**

Bei den physiologischen Komponenten von Monotonie werden Komponenten des zentralen und des peripheren Nervensystems unterschieden. Zur Erfassung von Monotoniesymptomen werden dazu experimentelle und quasiexperimentelle Untersuchungen mit physiologischen Messungen durchgeführt. Für die Erfassung von Parametern des peripheren Nervensystems wird dazu typischerweise ein Elektrokardiogramm-Verfahren (EKG) eingesetzt.

Vorteile von EKG-Messungen sind, dass sie keine Aufgabenunterbrechung benötigen, eine kontinuierliche Erfassung der jeweiligen Variablen ermöglichen und Versuchspersonen die Ergebnisse kaum bewusst beeinflussen können.

Nachteilig sind die hohen Kosten für Messgeräte, dass deren Einsatz technisch aufwändig ist und viel spezifisches Fachwissen erfordert. Ein weiterer Nachteil ist, dass viele Verfahren zur Erfassung, je nach verwendeten Geräten, von Versuchspersonen als einschränkend und störend wahrgenommen werden.

Mittels EKG werden verschiedene Indikatoren der kardiovaskulären Aktivität aufgezeichnet. Bei einem EKG werden die elektrischen Ströme der Herzmuskeln mittels auf der Haut aufgebrachter Elektroden gemessen. Diese Messungen sind schmerzlos und nicht invasiv.

Die Herzrate (HR), also die Anzahl der Herzschläge pro Minute, ist der am häufigsten verwendete Indikator in der Psychophysiologie (Schandry, 1998). Ein aus der HR abgeleiteter Indikator ist die Herzratenvariabilität (HRV).

Zur Ermittlung der Herzrate werden die regelmäßig auftretenden starken Ausschläge (Genannt: R-Welle) des EKGs ausgezählt (vgl. Abbildung 9).

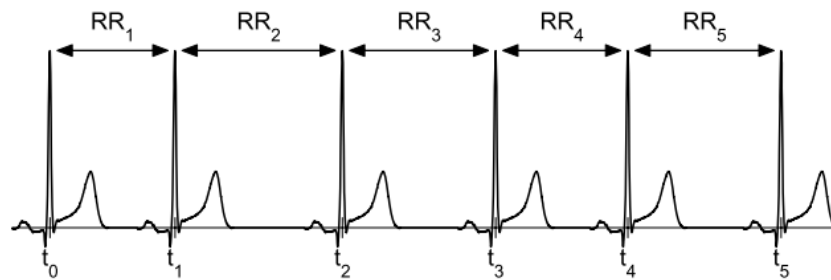


Abbildung 9: Bsp. EKG (Tarvainen & Niskanen, 2014, S. 11)

Für die Herzratenvariabilität gibt es mehrere Maße, die alle aus dem EKG berechnet werden können. Zum Überblick werden einige davon nachfolgend aufgelistet.

Tabelle 9: HRV-Maße (vgl. Tarvainen & Niskanen, 2014, S. 20)

Maß	Einheit	Beschreibung
<b>RR</b>	[ms]	Durchschnittsdauer der RR-Intervalle
<b>STD RR</b>	[ms]	Standardabweichung der Durchschnittsdauer der RR-Intervalle
<b>STD HR</b>	[1/min]	Standardabweichung der Herzrate
<b>RMSSD</b>	[ms]	Quadratwurzel der quadrierten Differenzen des Mittelwertes der Abweichungen aufeinanderfolgender RR-Intervalle
<b>NN50</b>		Anzahl der aufeinanderfolgenden RR-Intervalle mit mehr als 50 ms Differenz

Darüber hinaus gibt es noch diverse HRV-Maße, die sich aus den Frequenzen der RR-Intervalle berechnen lassen. Die Interpretation von Frequenzmaßen mittels Spektralanalysen ist jedoch umstritten (Malik, Bigger, Camm & Kleiger, 1996) und wird an dieser Stelle nicht weiter vertieft.

Bei der Erfassung sollte darauf geachtet werden, dass der zirkadiane Rhythmus einen großen Einfluss auf die kardiovaskulären Aktivitäten hat. Ebenfalls sollte die nähere Umgebung (z. B. elektrische Anlagen) kontrolliert bzw. stabil gehalten werden, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen (Malik et al., 1996).

In den Standards der European Society of Cardiology und der North American Society of Pacing and Electrophysiology wird empfohlen, die erhobenen Aktivitäten immer einer Artefaktkorrektur

zu unterziehen. Diese Korrektur kann mittels Plausibilitätsanalyse über geometrische Maße oder manuell stattfinden (Malik et al., 1996).

Die bisher in diesem Kapitel beschriebenen theoretischen Grundlagen zum Konzept Monotonie (inkl. Symptome, Entstehungsbedingungen und Methoden zur Erfassung) zeigen teilweise eine große Heterogenität von Sichtweisen auf. Deshalb wird im folgenden Abschnitt die Auffassung des Monotoniekonzepts in der vorliegenden Arbeit festgelegt.

### **3.5 Verwendung des Monotoniekonzepts in der vorliegenden Arbeit**

Für die vorliegende Arbeit wird Monotonie als Zustand einer Person definiert. Monotonie beschreibt ein Syndrom mit verschiedenen Komponenten in den Bereichen Erleben, Leistung und Physiologie. Monotonie zeigt sich:

- Im Erleben von aufgabenbezogener Langeweile und passiver aufgabenbezogener Müdigkeit.
- In der Leistung durch eine reduzierte Sensitivität in der Signalentdeckung, wodurch sich längere Reaktionszeiten und eine erhöhte Fehlerrate in Bezug auf die ausgeführten Aufgaben ergeben sowie durch eine verringerte Ausführungsgenauigkeit.
- Physiologisch durch Veränderungen der Hirn- und Herzaktivitäten sowie der Hautleitfähigkeit.

Der Zustand der Monotonie ist jeweils gebunden an eine auslösende Aufgabe, die sich durch das Fehlen neuer Reize bei geringer kognitiver Beanspruchung auszeichnet. Typisch für solche Aufgaben sind eine hohe Repetitivität und/oder Ereignisarmut.

Individuelle Unterschiede können das Erleben und die Symptome von Monotonie beeinflussen.

Monotonie entwickelt sich langsam über die Zeit und ist kurzfristig reversibel durch Beenden bzw. Unterbrechen der sie evozierenden Tätigkeit.

Durch die reduzierte Leistung, insbesondere bezüglich der Sensitivität in der Signalentdeckung, werden neue Reize, die der Monotonie entgegenwirken könnten, zumindest teilweise nicht als solche wahrgenommen (z.B. durch Habituation). Eine Aufgabe wird in diesem Fall als ereignisarm

erlebt, weil die tatsächlich auftretenden Ereignisse nicht mehr als solche erkannt werden (vgl. Abbildung 10).

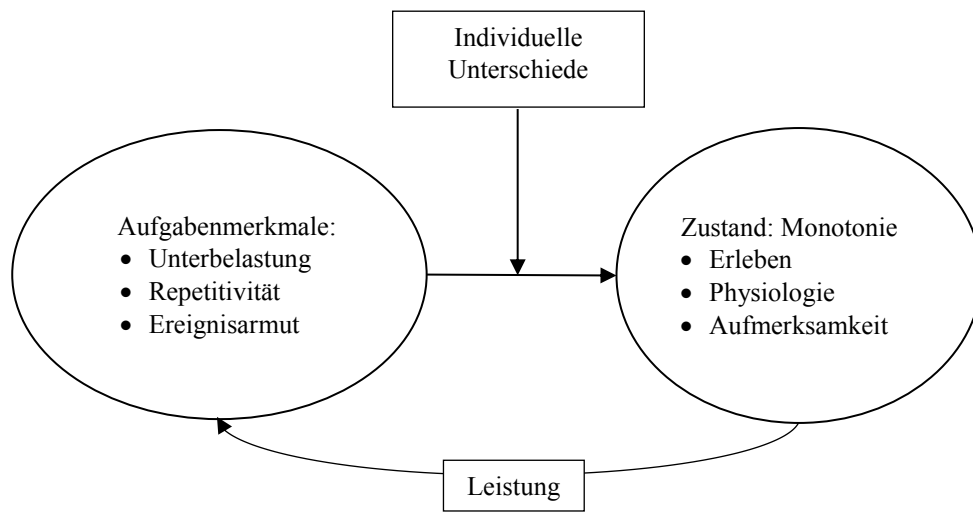


Abbildung 10: Monotoniekonzept in der vorliegenden Arbeit

## 4 Maßnahmen zum Umgang mit Monotonie

Im folgenden Kapitel werden verschiedene mögliche Maßnahmen zum Umgang mit Monotonie bei Tätigkeiten mit überwachender Kontrolle aufgezeigt. Hierbei werden vorgeschlagene und tatsächlich umgesetzte Maßnahmen aus verschiedenen Branchen vorgestellt. Zur Strukturierung wird grundsätzlich zwischen personenbezogenen, technischen und organisationalen Maßnahmen unterschieden.

Grundannahmen und Grenzen der Maßnahmen werden dabei aufgezeigt.

Tabelle 10: Maßnahmen zum Umgang mit Monotonie bei Tätigkeiten mit überwachender Kontrolle

Art der Maßnahme	Grundannahmen	Methoden
<b>personenbezogen (4.1)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es gibt monotoniereistente Personen, die ausgewählt werden können.</li> <li>• Monotonieresistenz kann trainiert werden.</li> <li>• Monotonie kann pharmakologisch beeinflusst werden.</li> </ul>	4.1.1 Auswahl monotonieresistenter Personen 4.1.2 Training 4.1.3 Pharmakologisches Neuroenhancement
<b>technisch (4.2)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monotonieauslösende Bedingungen können durch technische Gestaltung verhindert werden.</li> <li>• Monotonie kann durch technische Gestaltung reduziert werden.</li> </ul>	4.2.1 Akustische Stimulation 4.2.2 Dynamische Beleuchtung 4.2.3 Simulierte Ereignisse 4.2.4 Mechanisierung/ Automatisierung 4.2.5 Gamification
<b>organisatorisch (4.3)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monotonie kann durch geeignete Arbeitsorganisation reduziert werden.</li> <li>• Monotonie kann durch geeignete Aufgabengestaltung reduziert werden.</li> </ul>	4.3.1 Arbeitsdauerbeschränkungen 4.3.2 Tätigkeitsunterbrechungen/-wechsel 4.3.3 Aufgabenerweiterung und Aufgabenbereicherung 4.3.4 Gruppenarbeit

### 4.1 Personenbezogene Maßnahmen

Personenbezogene Maßnahmen versuchen, die Entstehung von Monotonie durch eine entsprechende Personalauswahl oder Training der Mitarbeitenden zu verhindern. Grundannahmen dieses

Ansatzes sind, dass es zum einen Personen gibt, die besser mit Monotonie oder monotonieerzeugenden Bedingungen zurechtkommen als andere, und zum anderen, dass der Umgang mit Monotonie trainierbar ist.

Vorteil dieses Ansatzes ist, dass weder die Aufgabe noch die Arbeitsorganisation verändert werden müssen.

Bei Arbeiten mit hoher Fluktuationsrate sind personenbezogene Maßnahmen schwieriger bzw. teurer in ihrer Umsetzung. Die Kosten für personenbezogene Maßnahmen entstehen pro Kopf.

Ein Sonderfall bei den personenbezogenen Maßnahmen betrifft das pharmakologische Enhancement, bei dem psychoaktive Substanzen als Hilfsmittel gegen Monotonie vorgeschlagen werden. Durch diese Substanzen werden nicht Aufgabenmerkmale, die Monotonie auslösen, sondern direkt Symptome von Monotonie bekämpft.

#### **4.1.1 Auswahl monotonieresistenter Personen**

Ausgehend von der Annahme, dass es individuelle Unterschiede in der Monotonieresistenz gibt, sollen diese Unterschiede bei der Rekrutierung von Personen für monotonieerzeugende Arbeiten berücksichtigt werden. Um Monotonie möglichst zu verhindern, wird vorgeschlagen, Personen zu wählen, die möglichst monotonieresistent sind.

Dies kann auf einer generellen Ebene erfolgen, durch festgestellte individuelle Faktoren, die Monotonieresistenz im Allgemeinen begünstigen können (siehe auch Abschnitt 3.3.2 Individuelle Faktoren), wie z. B. geringe Intelligenz (Drory, 1982; London et al., 1972), tiefe Extraversion (Bartenwerfer, 1985; Farmer & Sundberg, 1986), nicht depressive (Farmer & Sundberg, 1986) und über 30 Jahre alt (Smith, 1955; Wascher et al., 2016).

Eine individuelle Monotonieresistenz kann auch durch das Stellen einer klassischen repetitiven und ereignisarmen Vigilanzaufgabe überprüft werden. Bei der Auswahl sollten diejenigen berücksichtigt werden, die die geringsten Monotoniesymptome zeigen.

Zur Feststellung der Monotonieresistenz bietet sich außerdem eine Fragebogenskala zur Messung der Anfälligkeit für Langeweile (Boredom Proneness Scale, Farmer & Sundberg, 1986) an.

Die Auswahl monotonieresistenter Personen für Arbeiten, die Monotonie erzeugen, ist als Maßnahme zweckmäßig. Bei der Berücksichtigung von individuellen Faktoren entstehen möglicherweise Dilemmas, z. B. ist für einige Aufgabenbereiche von Zugverkehrsleitenden, wie das Managen von Störungen, eine hohe Intelligenz von Vorteil, die jedoch mit einer erhöhten Anfälligkeit für Monotonie assoziiert wird.

Diese Maßnahme setzt eine genügend große Anzahl von Bewerbenden für freie Stellen voraus, damit auch eine tatsächliche Auswahl stattfinden kann.

Unklar bleibt der Umgang mit Personen, die bereits monotonieerzeugende Arbeiten verrichten, aber keine besondere Monotonieresistenz aufzeigen.

#### **4.1.2 Training**

Die Entwicklung eines Trainings zur Verhinderung von, oder zum Umgang mit, Monotonie wurde bereits für den Bereich der Luftverkehrskontrolle vorgeschlagen (Straussberger, 2006). Unklar ist, wie ein solches Training gestaltet sein müsste, um Wirkung zu zeigen.

Das Training der eigentlichen monotonieauslösenden Arbeitsaufgabe, z. B. der Überwachungstätigkeit, könnte einen förderlichen Einfluss auf Monotonieresistenz haben. In einem Experiment von Peter und Kollegen (1990) zeigten trainierte Versuchspersonen die geringeren Leistungseinbußen beim Ausführen einer repetitiven, ereignisarmen Aufgabe.

Inwiefern ein Training zur Verhinderung von, oder zum Umgang mit, Monotonie zweckmäßig ist, bleibt mangels Informationen unklar. Ein solches Training, sollte es Wirksamkeit zeigen, wäre aber begrüßenswert.

#### **4.1.3 Pharmakologisches Neuroenhancement**

Das pharmakologische Neuroenhancement wird umgangssprachlich auch als Gehirndoping bezeichnet. Durch die Einnahme von psychoaktiven Substanzen wird versucht, die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit zu steigern bzw. unerwünschte Zustände und Symptome (z. B. von Monotonie) zu bekämpfen (Franke & Lieb, 2010).

Weit verbreitet und als wenig problematisch angesehen ist der Konsum von Koffein oder Ginkgo biloba zur Konzentrationssteigerung, Verbesserung der Reaktionszeit, der Aufmerksamkeit und des Arbeitsgedächtnis sowie zur Bekämpfung von Müdigkeit (Förstl, 2009; Franke & Lieb, 2010).

Neuroenhancement wird auch durch den Missbrauch von verschreibungspflichtigen Medikamenten und mit illegalen Substanzen betrieben. Exemplarisch können zur Bekämpfung verschiedener Symptome von Monotonie Modafinil (Medikament zur Behandlung von Narkolepsie), Ritalin (Medikament zur Behandlung von Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörungen) und Amphetamine („Speed“, illegale Droge) benannt werden. Zum Beispiel konnten für Modafinil in einer randomisierten kontrollierten Studie bei Müdigkeit deutliche Verbesserungen der Vigilanz, Aufmerksamkeit und Reaktionsgeschwindigkeit aufgezeigt werden (Minzenberg & Carter, 2008).

Eine Bestimmung der Eignung des pharmakologischen Neuroenhancements als Maßnahme zum Umgang mit Monotonie kann nicht generell, sondern muss substanzspezifisch erfolgen.

Substanzen wie Koffein und Ginkgo biloba können zur kurzfristigen Bekämpfung von bestimmten Symptomen von Monotonie ohne Bedenken eingesetzt werden. Verschreibungspflichtige oder illegale Substanzen können zwar Symptome von Monotonie erfolgreich bekämpfen, sind aber dennoch nicht geeignet als Maßnahme. Gründe dafür sind mögliche gesundheitsschädliche Nebenwirkungen und sogenannte Rebound-Effekte d. h. die Entstehung von Defiziten in anderen Leistungsbereichen (Förstl, 2009). Die größte schweizerische Unfallversicherung warnt außerdem vor unbekanntem Folgen bei dauerhafter Einnahme von Neuroenhancern (Suva, 2012).

Das pharmakologische Neuroenhancement ist ein zentrales Thema des Fachgebiets der Neuroethik, diese umfasst „die Analyse ethischer Herausforderungen, die aus chemischen, organischen und elektrochemischen Interventionen im Gehirn resultieren“ (Müller et al., 2018, S. 96). Grundsätzlich ist es als bedenklich anzusehen, wenn die Einnahme von Medikamenten zur Ausübung der Arbeit notwendig wird. Eine Gegenposition dazu nehmen Greely und Kollegen (2008) ein, die sich in der Zeitschrift Nature dafür einsetzten, dass geistig gesunde Erwachsene ihre kognitiven Fähigkeiten durch den Einsatz von Medikamenten steigern können sollten.

## **4.2 Technische Maßnahmen**

Technische Maßnahmen versuchen mit Geräten und Software der Entstehung von Monotonie entgegenzuwirken. An der eigentlichen Aufgabe wird dabei nichts verändert. Bei einem Teil der technischen Maßnahmen wird die Aufgabe jedoch angereichert mit zusätzlichen Inhalten.

Eine Grundannahme dieses Ansatzes ist, dass durch die technische Gestaltung von Arbeiten Monotonie vermieden werden kann. Durch das Hinzufügen oder Entfernen von Stimuli, werden Aufgabenmerkmale, die zur Entstehung von Monotonie führen, reduziert. Durch technische Maßnahmen werden verschiedene monotoniauslösende Aufgabenmerkmale bekämpft, z. B. Ereignislosigkeit durch Hinzufügen von Ereignissen und Reizen oder Unterforderung durch zusätzliche Leistungsanforderungen.

Eine andere Grundannahme bezieht sich auf den Einsatz von Gamification in der technischen Gestaltung von Arbeiten. Hierbei soll durch die technische Gestaltung ein Spieltrieb gefördert werden, der Monotonie entgegenwirkt.

### **4.2.1 Akustische Stimulation**

Eine Maßnahme zur Verhinderung von Monotonie ist das Einbringen von neuen, nicht repetitiven Reizen. Damit diese die Ausführung der eigentlichen (Überwachungs-)Aufgabe nicht beeinträchtigen, sollten diese möglichst andere perzeptive oder kognitive Ressourcen beanspruchen. Für hauptsächlich visuelle Aufgaben in der überwachenden Kontrolle wird akustische Stimulation durch das Hören von Musik vorgeschlagen.

Für Arbeitende in einem Monotoniezustand kann Musik eine tonische, erfrischende Wirkung haben (Knight, 1929 nach Davies et al., 1983).

Verschiedene Studien zu Musik am Arbeitsplatz geben Hinweise auf die Eignung dieser Maßnahme zur Bekämpfung von Monotonie. Das Abspielen von Musik konnte insbesondere für unerfahrene Operateure eine Leistungssteigerung bei einfachen und repetitiven Aufgaben bewirken. Für erfahrene Operateure wurde keine Verbesserung der Leistung festgestellt. Bezüglich bestimmter Tageszeiten wurde für den Morgen eine stärkere Verbesserung als für den Nachmittag ermittelt (Uhrbrock, 1961).

Je nach Studie gaben zwischen 1 % und 10 % der Teilnehmenden an, von der Musik bei der Arbeit genervt zu sein (vgl. Davies et al., 1983).

Akustische Stimulation durch abspielen von Musik oder Radio im Rahmen typischer, vorwiegend visueller Überwachungstätigkeiten erscheint als einfache und sinnvolle Maßnahme gegen Monotonie.

Da eine gezielte, isolierte Umsetzung für einzelne Arbeitsplätze, z. B. nur bei weniger erfahrenen Operateuren, wohl nur bei wenigen Arbeiten in der überwachenden Kontrolle möglich ist, sollten Regelungen für eine praktische Anwendung, wenn möglich mit Einbezug der Betroffenen, definiert werden (z. B. betreffend Musikwahl, Lautstärke, Uhrzeiten, etc.). Damit kann auch das Risiko, dass sich Operateure durch die Maßnahme gestört fühlen, verringert werden.

Es sollte darauf geachtet werden, dass die abgespielte Musik keinesfalls akustische Signale, die in der Überwachung wahrgenommen werden sollten, übertönen kann.

Um einer ungewollten Ablenkung durch die Musik während Zeiten mit hoher Belastung, z. B. während einer Störung, vorzubeugen, sollte die Maßnahme in diesen Zeiträumen ausgesetzt werden.

In der praktischen Umsetzung wird die Maßnahme als sehr kostengünstig und als mit wenig technischem Aufwand verbunden eingeschätzt.

#### **4.2.2 Dynamische Beleuchtung**

Eine statische, sich nicht verändernde Umgebung kann zur Entwicklung von Monotonie beitragen. Die Verwendung von sich dynamisch verändernden Beleuchtungen, im Sinne einer sich verändernden Umgebung, könnte entsprechend gegen die Entstehung von Monotonie wirken. Ein regelmäßiger Wechsel der Helligkeit oder der Farbtemperatur zum richtigen Zeitpunkt kann eine anregende Wirkung haben, die Monotonie entgegenwirkt (Izsó, Laufer & Suplicz, 2009).

Es wurde aufgezeigt, dass sich dynamisch verändernde Beleuchtung gegen verschiedene Symptome von Monotonie auswirkt. Hierzu gehören Leistungssteigerung bei visuellen Aufgaben (insbesondere bezüglich Ausführungsgenauigkeit), Reduktion von passiver Müdigkeit, Verbesserung der Stimmung und Erhöhung der physiologischen Aktivierung (vgl. Izsó et al., 2009).

In Experimenten wurde aufgezeigt, dass die positive Wirkung der dynamischen Beleuchtung vom Persönlichkeitsmerkmal Sensation Seeking beeinflusst wird (Izsó et al., 2009).

Die Verwendung von dynamischer Beleuchtung bei Arbeitsplätzen von Zugverkehrsleitenden, bzw. in der überwachenden Kontrolle generell, wäre vergleichsweise kostengünstig und einfach umsetzbar.

Unklar ist, ob die beschriebenen positiven Effekte Langzeitwirkung haben oder sich nur in einem zeitlich und inhaltlich beschränkten Kontext zeigen.

### **4.2.3 Simulierte Ereignisse**

Zur Reduktion von Ereignisarmut können von der Technik künstlich Ereignisse generiert werden. Diese Ereignisse müssen aufgabenspezifisch sein und dürfen von der auszuführenden Aufgabe nicht ablenken.

Eine gelungene Implementierung eines Systems, das simulierte Ereignisse nutzt, stellt die „Threat Image Projection“ (TIP) (Hofer & Schwaninger, 2005; Schwaninger, 2006) für die Röntgenbildüberprüfung an Sicherheitskontrollen in Flughäfen, die ursprünglich zur Leistungsmessung entwickelt wurde, dar. Bei der TIP werden in Röntgenbilder von Gepäckstücken künstlich, aber realistisch, gefährliche bzw. im Flugzeug verbotene Gegenstände (Messer, Pistolen, Bomben, etc.) eingeblendet. Dies findet während der normalen Aufgabenausübung im Betrieb statt. Für den Operateur führt dies dazu, dass bestimmte Ereignisse, z. B. Bombe im Gepäck, viel häufiger auftreten, als dies ohne die TIP der Fall wäre.

Zur Reduktion von Langeweile durch monotonieauslösende Umgebungen beim Autofahren wurden simulierte Ereignisse konzeptuell angedacht. Ein eingebrachter Vorschlag ist das künstliche Einblenden von simulierten Verkehrsteilnehmenden mittels Technologien der erweiterten Realität (Augmented Reality) (Schroeter, Oxtoby & Johnson, 2014). Ein anderer Vorschlag ist die Simulation von lauterem, röhrenden Motorgeräuschen, die den Fahrenden den Eindruck vermitteln, schneller und risikoreicher zu fahren, als dies tatsächlich der Fall ist (Schroeter et al., 2014).

Vergleichbare Systeme für die Zugverkehrsleitung oder andere Aufgaben der überwachenden Kontrolle sind denkbar. Für eine Übertragbarkeit auf den Kontext der Zugverkehrsleitung müsste

geklärt werden, welche Art von Ereignissen im Bahnverkehr sich zur Simulation eignen. Das Simulieren von Ereignissen im Realbetrieb wäre technisch als aufwändig einzustufen.

#### **4.2.4 Mechanisierung/Automatisierung**

Demerouti und Kollegen (2012) schlagen eine Veränderung der Funktionsallokation zwischen Mensch und Maschine als Maßnahme gegen Monotonie vor. Diese Veränderung findet dabei nach dem Grundsatz statt, dass repetitive Funktionen mit eng eingeschränkten Aufgabenanforderungen vom Menschen durch Prozesse der Mechanisierung bzw. Automatisierung (vgl. Moray, 2005) auf die Technik übertragen werden sollen.

Praktische Umsetzungen der Automatisierung für Aufgaben in der überwachenden Kontrolle sind dabei immer aufgabenspezifisch. Sie erfassen und vergleichen Daten mit vordefinierten Referenzwerten (Jungmann Systemtechnik GmbH & Co, 2017) und reagieren in einer geplanten Weise.

Kommerzielle Anbieter von Automatisierungslösungen in der überwachenden Kontrolle werben z. B. mit der „Förderung der Konzentration“ (Jungmann Systemtechnik GmbH & Co, 2018) durch Einsatz von diesen. Solche Werbeversprechungen sind mit Vorsicht zu betrachten.

Grundsätzlich ist die Idee naheliegend, Aufgabenanforderungen, die Monotonie auslösen, durch Mechanisierung bzw. Automatisierung zu eliminieren. In der Praxis zeigt sich aber, dass genau diese Vorgehensweise oft zu problematischen Arbeitssituationen führt.

Eine hohe Automatisierung ist oft Ursache von repetitiven und/oder ereignisarmen Aufgabenbedingungen, die zu Monotonie führen (vgl. Kapitel 3).

Bei der Funktionsallokation zwischen Mensch und Maschine sollten übergeordnet zu der vorgeschlagenen Vermeidung von Repetitivität beim Menschen zwingend noch weitere Gestaltungsprinzipien berücksichtigt werden.

Hacker (1989) nennt dabei unter anderem die Ganzheitlichkeit der Aufgabe als Prinzip. Die Tätigkeit des Menschen solle sich nicht ausschließlich auf Überwachungsaufgaben beschränken, sondern Bestandteile von Planung, Vorbereitung, Aufgabenausführung und Kontrolle beinhalten.

Transparenz ist ein weiteres wichtiges Gestaltungsprinzip nach Hacker (Hacker, 1989), sie betrifft die Durchschaubarkeit der Einbettung der Arbeitsaufgabe in den Gesamtzusammenhang.

Gelingt eine angemessene Funktionsallokation zwischen Mensch und Maschine nicht, können neben Monotonie auch weitere negative Folgen auftreten (Manzey, 2012). Eine ausführliche Anleitung, wie eine angemessene Funktionsallokation zwischen Mensch und Maschine in der Zugverkehrsleitung erreicht werden kann, wird an dieser Stelle auf den Bericht „Mensch-Maschine-Interaktion in der Verkehrssteuerung im Bahnbetrieb: Optimale Gestaltung künftiger Automatisierungen in der Zugverkehrsleitung der Schweiz“ (Fischer, Brüngger, Hostettler, Nisoli & Zimmermann, 2017) verwiesen.

Eine mögliche Umsetzung dieser Maßnahme zur Verhinderung von Monotonie besteht in der Vollautomatisierung. Diese würde eine vollkommene Loslösung der Aufgabenerledigung von menschlicher Ausführung bedeuten. Durch Vollautomatisierung aller Aufgaben einer Arbeit wird die Beteiligung des Menschen überflüssig und das Konzept der Monotonie ist auf das resultierende System nicht mehr anwendbar. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle nicht weiter auf die Vollautomatisierung eingegangen.

#### **4.2.5 Gamification**

Gamification ist die Übertragung von Prinzipien und Mechaniken des Spieledesigns auf Nicht-Spielumgebungen. Durch Gamification soll Technologie ihre Benutzer stärker in eine Tätigkeit einbinden und erwünschtes Verhalten fördern. Zu diesem Zweck wird die Menschen innewohnende Freude am Spielen genutzt (Kumar & Herger, 2013).

Schroeter et al. (2014) entwickelten verschiedene Belohnungskonzepte zur Reduktion von Monotonie beim Autofahren, die sich Gamification zu Nutze machen. Ziel der Belohnungen ist es, in Fahrsituationen mit wenig Stimulation zusätzliche Reize zur Bekämpfung von Monotonie bzw. Langeweile zu liefern. Vier Belohnungen werden vorgeschlagen:

1. Ruhm: durch gegenseitige Bewertungen von Fahrenden mit einem Fokus auf sicheres Fahren (Geschwindigkeit, Abstandhaltung)
2. Zugang: Zugangsermöglichung auf beliebte Softwareapplikationen (z. B. Facebook, Twitter) während der Fahrt als Gegenleistung für sicheres Fahren.
3. Erleichterung: z. B. durch Erhöhung der Datenübertragungsgeschwindigkeit beim Verwenden von Applikationen (vgl. Punkt 2) als Gegenleistung für sicheres Fahren.

4. Unterhalt: Fahrer\*innen erhalten für das Erledigen von Nebenaufgaben während des Fahrens die Möglichkeit, ihr Fahrzeug zu modifizieren. Solche Modifikationen können Veränderungen des Motorgeräusches oder Anpassungen von verschiedenen Visualisierungen in einer Augmented-Reality-Umgebung sein.

Unklar bleibt bei allen vier Vorschlägen, welche ungewollten Effekte eine Umsetzung auf die Ausführung der eigentlichen Fahraufgabe hätte. Ob das Verwenden von Applikationen wie Facebook während des Autofahrens auch in Situationen mit geringer Stimulation sicherheitsförderlich sein kann, ist zu bezweifeln.

Als Ansatz zur Reduktion von Monotonie ist eine Gamification bei Überwachungsaufgaben denkbar. Die Frage, wie sie als Aufgabenunterstützung umgesetzt werden könnte, bleibt vorerst unbeantwortet. Die in der Literatur aufgezeigten Beispiele bieten hierfür keine ausreichende Grundlage. Dadurch lässt sich auch keine erfahrungsgestützte Vermutung über den Aufwand einer entsprechenden Umsetzung treffen.

Konzepte der totalen Integration von Überwachungsaufgaben in einer Computerspielumgebung, losgelöst vom Kontext der Aufgabe, sind aktuell noch Science Fiction (z. B. Stephenson, 2011).

### **4.3 Organisationale Maßnahmen**

Der Ansatz bei den organisationalen Maßnahmen ist es, die Aufgabe oder die Bedingungen, in denen sie ausgeführt wird, so zu verändern, dass keine Monotonie mehr entsteht.

Die Grundannahmen dieser Maßnahmen sind es, dass Monotonie durch geeignete Arbeitsorganisation und/oder durch geeignete Aufgabengestaltung reduziert werden kann.

Ein Ansatzpunkt von organisationalen Maßnahmen zum Umgang mit Monotonie ist die Reduktion der Zeitdauern, der Mitarbeitende monotonieerzeugenden Aufgabenbedingungen ausgesetzt sind. Ein anderer Ansatzpunkt ist die Veränderung der Aufgabe an sich, wobei diese nach der Veränderung weniger monotonieerzeugende Bedingungen beinhaltet.

Die Vorteile dieses Ansatzes sind, dass keine technischen Hilfsmittel für ihre Umsetzung benötigt werden und dass sie ihre Wirkung auf ganze Organisationseinheiten haben.

### 4.3.1 Arbeitsdauerbeschränkungen

Dadurch, dass sich Monotonie langsam über die Zeit entwickelt, ist eine Beschränkung der Arbeitsdauer bei monotoniauslösenden Tätigkeiten eine wirkungsversprechende Maßnahme.

Wie lange die Zeitdauer für eine solche Beschränkung gewählt werden müsste, ist aufgaben- und personenabhängig. Z. B. könnte für typische Vigilanzaufgaben eine Beschränkung auf 30 Minuten sinnvoll sein, da sich bereits nach dieser Zeit Monotoniesymptome wie erhöhte Fehlerraten zeigen können (vgl. Mackworth, 1948). Als praktisches Beispiel für eine solche Maßnahme dient die Röntgenbildkontrolle an europäischen Flughäfen, hier gilt eine Beschränkung von 20 Minuten<sup>5</sup> für diese Tätigkeit beim Sicherheitskontrollposten (Commission Implementing Regulation (EU) 2015/1998, 2015).

Eine Übertragbarkeit von Arbeitsdauerbeschränkungen auf die Zugverkehrsleitung und viele andere Tätigkeiten in der überwachenden Kontrolle ist grundsätzlich gegeben. Vorbedingung für diese Maßnahme ist die Möglichkeit eines (möglichst einfachen) Wechsels der überwachenden Person. Für die Tätigkeiten von Piloten oder Lokpersonal dürfte diese Bedingung nicht gegeben sein.

Organisatorisch stellen solche Beschränkungen eine große Herausforderung dar. Wollte man von dem aktuellen Stand in der Zugverkehrsleitung im 3-Schicht-Betrieb (8 h mit jeweils einer Pausenablösung) (9 Wechsel pro Tag) zu einer Beschränkung auf 20 Minuten wechseln (72 Wechsel pro Tag), würde dies 8-mal mehr Wechsel bedeuten, die organisiert werden müssten. Der mit der Maßnahme verbundene Aufwand ist abhängig von der gesetzten Dauer.

### 4.3.2 Tätigkeitsunterbrechungen/-wechsel

Wie bereits bei der Beschreibung des Monotoniekonzepts dargestellt, kann Monotonie durch die Unterbrechung der sie erzeugenden Tätigkeit beendet werden. Entsprechende Tätigkeitsunterbrechungen könnten organisational geplant werden. Ralph, Onderwater, Thomson und Smilek (2017) schlagen als Inhalte für solche Unterbrechungen Ruhepausen, körperliches Training oder den Wechsel zu einer anderen Aufgabe vor. Die Häufigkeit der Unterbrechungen könnte angepasst auf die Tätigkeit und die individuellen Bedürfnisse von Betroffenen geregelt werden.

---

<sup>5</sup> "Persons screening cabin baggage by x-ray or EDS equipment shall normally not spend more than 20 minutes continuously reviewing images. After each of these periods, the screener shall not review images for at least 10 minutes. This requirement shall only apply when there is an uninterrupted flow of images to be reviewed." (Commission Implementing Regulation (EU) 2015/1998, 2015, S. 16)

In der ZVL gibt es bereits jetzt jeweils in der Mitte jeder Schicht eine Arbeitspause, die organisational geregelt ist. Die Gestaltung der Pausen bleibt dabei den Mitarbeitenden selbst überlassen.

Genau wie im Falle der Arbeitsdauerbeschränkungen würde das Einführen von zusätzlichen Unterbrechungen organisatorisch eine große Herausforderung darstellen. Grund dafür sind die vielen entstehenden Wechsel und die damit einhergehenden notwendigen Ablösungen.

Unterbrechungen in Form des Wechsels zu einer anderen Aufgabe wären möglicherweise einfacher zu organisieren, wenn zwei Mitarbeitende gegenseitig Aufgaben tauschen könnten.

### **4.3.3 Aufgabenerweiterung und Aufgabenbereicherung**

Sowohl die Aufgabenerweiterung als auch die Aufgabenbereicherung werden von verschiedenen Autoren als geeignete organisationale Maßnahmen zur Bekämpfung von Monotonie betrachtet (Davies et al., 1983; Demerouti et al., 2012; Link, 2011; Thackray, 1980).

Die Aufgabenerweiterung beschreibt eine Vergrößerung des Tätigkeitsspielraums durch Hinzunahme neuer Tätigkeiten ohne Veränderung des Qualifizierungsniveaus (Kreikebaum & Herbert, 1988). Für die Zugverkehrsleitung könnte dies z. B. eine Vergrößerung des zu überwachenden Bereichs bedeuten.

Als eine konkrete Form der Aufgabenerweiterung schlägt Johansson (1989) Prozesssimulationen für ereignisarme Zeiträume vor. Dabei sollen Operateure in ereignisarmen Zeiträumen in einer (Trainings-)Simulation Abläufe und Vorgehensweisen beim Auftreten von schwierigen Ereignissen üben. Im Prinzip entspricht der Vorschlag für Prozesssimulationen der Idee einer Zweitaufgabe (dual task, Wickens, 1981) in einem inhaltlich der Aufgabe verwandten Bereich.

Die Aufgabenbereicherung bedeutet eine Ergänzung der ausgeführten Tätigkeiten auf höherem Anforderungsniveau. In Bezug auf überwachende Tätigkeiten betrifft eine solche Bereicherung planende, vorbereitende und ausführende Aufgaben (Kreikebaum & Herbert, 1988). Das Qualifizierungsniveau der Arbeit sowie Kompetenz und Verantwortung der Betroffenen steigen durch eine Arbeitsbereicherung an.

Grundsätzlich sind Aufgabenerweiterung und Aufgabenbereicherung vielversprechende Maßnahmen zur Verhinderung von Monotonie.

Für bestimmte Zeiträume mit tiefem Verkehrsaufkommen (vgl. Kapitel 2.4.3: Wochenende, Nacht) wird bereits heute eine Aufgabenerweiterung in der Zugverkehrsleitung umgesetzt. Hierbei werden die jeweils zu überwachenden Bereiche für diese Zeiträume vergrößert.

Als Problem dieser Maßnahmen in der überwachenden Kontrolle wird die gegebene andauernde Bindung an die Tätigkeit gesehen. Das Ausführen von zusätzlichen Tätigkeiten, ob erweitert oder bereichert, steht möglicherweise in Konflikt mit der ursprünglichen Aufgabe.

#### **4.3.4 Gruppenarbeit**

Durch eine Veränderung der monotonieerzeugenden Aufgaben, wie Überwachung in der ZVL als Einzelarbeit in eine gruppenbasierte Organisationsform, kann Monotonie reduziert werden (Johansson, 1989; Ulich, 2005).

Die Zusammenfassung von interdependenten Teilaufgaben (z. B. Überwachung bestimmter geografischer Bereiche) zu einer gemeinsamen Gruppenaufgabe ermöglicht ein gesteigertes Maß an Selbstregulation und sozialer Unterstützung (Ulich, 2005). Insbesondere das Konzept der teilautonomen Arbeitsgruppen hat ein hohes Potential an Monotoniereduktion. Durch eine gesteigerte Selbstregulation in einer Gruppe können viele der oben bereits vorgeschlagenen organisationalen Maßnahmen von den Betroffenen selbst eingeführt werden (vgl. Kreikebaum & Herbert, 1988).

Das Einführen von Gruppenarbeit für die Arbeit in der Zugverkehrsleitung wirkt grundsätzlich möglich und vielversprechend als Maßnahme gegen Monotonie. Bisherige Sektorstrukturen, in denen ZVL zusammen mit Disponenten und Informationsspezialisten arbeiten, bieten sich als Gruppeneinheiten an.

Die Einführung von Gruppenarbeit und insbesondere teilautonome Arbeitsgruppen erfordern eine Vorbereitung in Form von Ausbildung und ein hohes Selbstvertrauen der Betroffenen (Link, 2011). Sie ist außerdem mit einem Verlust von Macht und Möglichkeiten der Einflussnahme durch Vorgesetzte verbunden (Frieling & Sonntag, 1999).

#### **4.4 Grenzen der Maßnahmen**

Die aufgezeigten Maßnahmen eignen sich unterschiedlich gut für einen angemessenen Umgang mit Monotonie in der Praxis. Ihnen liegen jeweils verschiedene Annahmen zu Grunde. Diese Grundannahmen führen zu Maßnahmen mit unterschiedlichen Limitationen.

Die Grenzen der personenbezogenen Maßnahmen liegen in ihrer Gebundenheit an einzelne Personen. Durch diese Beschränkung bleiben monotonieerzeugende Arbeitsbedingungen grundsätzlich bestehen und werden nicht behoben. Es werden nicht die Ursachen, sondern nur die Symptome bekämpft. Das Problem wird bei den Personen verortet, die Monotoniesymptome zeigen. In einer extremen Sichtweise sind die Personen, die unter Monotonie leiden, selber schuld, weil sie für die Tätigkeit ungeeignet sind, zu wenig trainiert sind oder keine entsprechenden Substanzen einnehmen.

Bei einem alleinigen Fokus auf personenbezogene Maßnahmen bestehen die Gefahren darin, dass schlechte Arbeitsgestaltung gerechtfertigt und das Problem unangemessen verortet wird.

Technische Maßnahmen bekämpfen direkt verschiedene Auslöser von Monotonie. Diese Maßnahmen beschränken sich dabei auf einzelne monotonieerzeugende Aufgabenmerkmale (Ereignislosigkeit, Repetitivität, Unterforderung). Die Begrenzung der Wirksamkeit der Maßnahmen liegt dabei in den bekämpften Aufgabenmerkmalen, z. B. wenn Repetitivität als Aufgabenmerkmal erfolgreich bekämpft wird, aber die Tätigkeit als solche ereignislos und unterfordernd bleibt.

Die beschriebene Maßnahme der Mechanisierung/Automatisierung führt unter Umständen sogar zu einer zusätzlichen Unterforderung und Ereignislosigkeit dadurch, dass repetitive Aufgabenelemente an die Technik übertragen werden.

Die Grenzen der organisationalen Maßnahmen der Arbeitsdauerbeschränkungen und der Tätigkeitsunterbrechungen liegen weniger in ihrer Wirkung, sondern in der Wirtschaftlichkeit ihrer Umsetzung. Auch Zwänge der praktischen Aufgabenerledigung schränken die Möglichkeiten dieser Maßnahmen ein, z. B., weil eine Überwachung nicht pausiert werden darf.

Veränderungen in den Aufgaben als solche (Erweiterung/Anreicherung/Gruppenarbeit), müssen jeweils spezifisch auf diese Aufgaben angepasst werden. Welche Veränderungen möglich und zweckdienlich sind, wenn die gegebenen Arbeitsziele erreicht werden sollen, muss dabei jeweils geklärt werden.

Einzelne Maßnahmen greifen in vielen Fällen zu kurz. Das gesamte betroffene soziotechnische System (Mensch, Technik, Organisation, Aufgabe) sollte beim Treffen von Maßnahmen Berücksichtigung finden. Die verschiedenen Maßnahmen schließen sich gegenseitig nicht aus, sondern können einander ergänzen.

Voraussetzungen für die Eignung von Maßnahmen im Einsatz in der Zugverkehrsleitung sind (1) keine Einschränkung der Aufgabenausführung, (2) Unterbrechbarkeit, (3) Sinnhaftigkeit und (4) sie dürfen nicht zu einer Überlastung führen.

Einige der aufgezeigten Maßnahmen könnten diese Voraussetzungen erfüllen und sind dadurch potentiell geeignet für den Einsatz in der Zugverkehrsleitung. Konkret gehören hierzu, die Auswahl monotonieresistenter Personen, akustische Stimulation, dynamische Beleuchtung, simulierte Ereignisse, Aufgabenerweiterung und Aufgabenbereicherung sowie (teilautonome) Gruppenarbeit.

Die konkrete Eignung einer oder mehrerer sich kombinierender Maßnahmen sollte jeweils tätigkeitspezifisch festgestellt bzw. geprüft werden. Dabei sollten auftretende Entstehungsbedingungen und Symptome von Monotonie sowie Rahmenbedingungen der Tätigkeit selbst berücksichtigt werden.

## 5 Fragestellungen und Ausblick auf die Untersuchungen

In diesem Kapitel werden Forschungsfragen abgeleitet, deren Klärung das Wissen zur Monotonie erweitern und einen verbesserten praktischen Umgang damit unterstützen soll. Außerdem wird ein Ausblick auf das übergreifende Design der verschiedenen Untersuchungen zur Klärung dieser Fragen gegeben.

### 5.1 Ableitung der Fragestellungen

In den vorangehenden Kapiteln wurden in Bezug auf die Zugverkehrsleitung Entstehungsbedingungen von Monotonie festgestellt und Symptome von Monotonie sowie deren betriebliche Auswirkungen erläutert. Zusätzlich wurden Maßnahmen zum Umgang mit Monotonie und ihre Grenzen aufgezeigt. Drei Forschungsfragen zu offenen Punkten und Unklarheiten werden dazu formuliert.

#### 5.1.1 Fragestellung 1: „Entstehungsbedingungen“

Verschiedene Aufgabenmerkmale der Zugverkehrsleitung können zum Zustand von Monotonie bei ZVL beitragen (vgl. Abschnitt 3.3.3).

Unklar bleibt jedoch bislang, welche der beschriebenen Aufgabenmerkmale wie stark zu der Entstehung von Monotonie beitragen. Um gezielt die richtigen Maßnahmen gegen Monotonie bei ZVL einzusetzen, muss diese Frage in einem ersten Schritt geklärt werden.

In Bezug auf die Zugverkehrsleitung scheint insbesondere die Unterbelastung, hervorgerufen durch die Aufgabenmerkmale Repetitivität und Ereignisarmut, beträchtenswert. Im Gegensatz zu der kognitiven Bindung an die Arbeitsaufgabe sind diese Merkmale nicht aufgabenimmanent, sondern verändern sich abhängig von technischer Unterstützung, Verkehrsaufkommen und -planung. Durch diese Veränderbarkeit bieten diese Merkmale auch vielversprechende Ansatzpunkte für Maßnahmen gegen Monotonie.

#### **Fragestellung 1**

Welchen Einfluss hat Unterbelastung, hervorgerufen entweder durch das spezifische Aufgabenmerkmal Repetitivität und/oder durch das Aufgabenmerkmal Ereignisarmut, auf Erleben und physiologische Kennzeichen des Syndroms Monotonie in der Zugverkehrsleitung?

### 5.1.2 Fragestellung 2: „Symptome“

In dem Abschnitt 3.2.4 „Symptome von Monotonie und vermutete negative betriebliche Auswirkungen in der Domäne der Zugverkehrsleitung“ werden die verschiedenen Symptome von Monotonie mit möglichen daraus entstehenden Folgen in der Zugverkehrsleitung in Beziehung gesetzt. Es wird aufgezeigt, dass insbesondere für die Symptome aufgabenbezogene Langeweile, passive aufgabenbezogene Müdigkeit, erhöhte Fehlerrate und verlängerte Reaktionszeiten verschiedene negative Auswirkungen für die ZVL, das Bahnsystem und die Bahnunternehmen erwartet werden (vgl. Tabelle 6).

Um das Konstrukt Monotonie im Kontext besser zu verstehen, muss jedoch mehr Wissen über seine Symptome und deren Auftreten bei der Aufgabenausführung in der Zugverkehrsleitung gesammelt werden. Dieses Wissen soll dazu beitragen, die Symptome von Monotonie und ihre Folgen im praktischen Kontext einer Überwachungstätigkeit zu erkennen, um diesen direkt entgegenwirken zu können.

#### **Fragestellung 2**

Inwiefern treten aufgabenbezogene Langeweile, passive aufgabenbezogene Müdigkeit, erhöhte Fehlerrate und verlängerte Reaktionszeiten als Symptome des Syndroms Monotonie bei der Aufgabenausführung in der Zugverkehrsleitung auf?

### 5.1.3 Fragestellung 3: „Möglichkeiten der Reduktion von Monotonie“

In dem Kapitel 4 „Maßnahmen zum Umgang mit Monotonie“ werden verschiedene personenbezogene, technische und organisationale Ansätze zum Umgang mit Monotonie aufgezeigt. Zusätzlich zu den Maßnahmen werden auch ihre Grenzen aufgezeigt.

Grundvoraussetzung für die gezielte Auswahl von erfolgversprechenden Maßnahmen zum Umgang mit Monotonie ist das Wissen zu den konkreten Entstehungsbedingungen und Symptomen im praktischen Kontext.

Basierend auf den Antworten zu den Fragestellungen 1 und 2 wird gezielt eine Möglichkeit vorgeschlagen, um den spezifischen Entstehungsbedingungen und Symptomen von Monotonie, die im Kontext der Zugverkehrsleitung auftreten, entgegenzuwirken.

Die Wirkung dieser ausgewählten Möglichkeit der Reduktion von Monotonie soll zur Erfolgsüberprüfung getestet werden.

### Fragestellung 3

Inwiefern lassen sich durch eine ausgewählte Möglichkeit der Reduktion von Monotonie (Sekundäraufgaben) die Symptome Erleben von Monotonie, erhöhte Fehlerrate und verlängerte Reaktionszeiten im Kontext der Aufgabenausführung in der Zugverkehrsleitung reduzieren?

## 5.2 Ausblick auf die Untersuchungen

Zur Klärung der drei formulierten Fragestellungen wurde ein Mixed-Methods-Ansatz (Creswell & Plano Clark, 2011) realisiert. Insgesamt wurden vier Untersuchungen mit jeweils unterschiedlichem Fokus durchgeführt. Das übergreifende Design der verschiedenen Untersuchungen folgt dem explorativen Sequenz-Design (exploratory sequential design, Creswell & Plano Clark, 2011), dabei werden sich gegenseitig ergänzend erst qualitative und nachfolgend quantitative Methoden eingesetzt (Abbildung 11). Dieses Vorgehen hat primär zwei Vorteile: (1) Es besteht die Möglichkeit, Ergebnisse aus der qualitativen Datensammlung und Analyse in der quantitativen Datensammlung und Analyse zu generalisieren. (2) Durch die qualitative Untersuchung werden Daten gesammelt, die bei der Umsetzung und Interpretation der nachfolgenden quantitativen Untersuchungen von Nutzen sind.

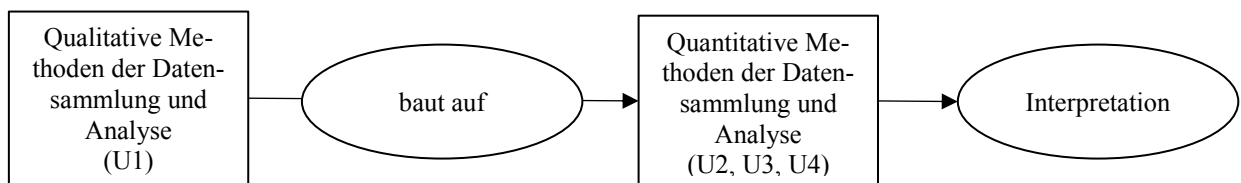


Abbildung 11: Exploratives Sequenz Design (In Anlehnung an Creswell & Plano Clark, 2011, S. 69)

In den nachfolgenden Kapiteln werden methodische Umsetzung und Ergebnisse der vier Untersuchungen dargestellt.

## 6 U1: Explorative Befragung in Interviews

Die erste Untersuchung (U1) ist eine explorative Befragung von ZVL zu Monotonie. Thematisiert werden subjektiv wahrgenommene Ursachen und Symptome sowie Ideen für Maßnahmen, die Monotonie im Kontext der Zugverkehrsleitung reduzieren können.

### 6.1 Ziel

Ziel dieser Untersuchung ist ein besseres Verständnis der Arbeitssituation der ZVL. Dazu werden deren eigene Beurteilung ihrer Arbeitssituation und ihre subjektiven Konzepte von „Monotonie“ erfasst. Dabei wird der Umgang der ZVL mit Monotonie thematisiert und Ideen für Maßnahmen gesammelt, die ggf. über die in der Literatur gefundenen Maßnahmen hinausgehen.

### 6.2 Fragestellungen

Zum Zweck der explorativen Erkundung werden die drei in Kapitel 5 formulierten Forschungsfragen generalisiert. Hierdurch wird eine, der angestrebten Exploration angemessene, offene Vorgehensweise ermöglicht.

In der ersten Untersuchung sollten folgende Fragestellungen beantwortet werden:

Was verstehen ZVL unter dem Begriff der Monotonie?

Wie beschreiben die Betroffenen die Entstehungsbedingungen und Erlebenskomponenten von Monotonie in der Zugverkehrsleitung?

Welche Ideen für den Umgang mit und die Bewältigung von Monotonie in der Zugverkehrsleitung haben die Betroffenen?

### 6.3 Methodenwahl

Zur Erreichung der Zielstellung bzw. Klärung der Fragestellungen wurde die Methode des problemzentrierten, leitfadengestützten Experten-Interviews gewählt. Problemzentrierte Interviews sind aufgrund des qualitativen Charakters der Interaktion ausgesprochen gut geeignet, sich explorativ einem Gegenstandsbereich zu nähern (Flick, 2007).

Die Interviews wurden als Gruppeninterviews mit je 2 Teilnehmenden durchgeführt. Gruppeninterviews haben im Vergleich zu Einzelinterviews mehrere Vorteile. Neben der ökonomischeren Durchführung unterstützt die gegenseitige Stimulation von Teilnehmenden die Erinnerung an Ereignisse und kann so zu Antworten beitragen, die über solche von Einzelinterviews hinausgehen (Flick, 2007).

Die Auswertung erfolgte mittels inhaltsanalytischer Verfahren (Mayring, 1991). In einem ersten Schritt wurde eine strukturierende Inhaltsanalyse durchgeführt. In einem zweiten Schritt wurden die zuvor strukturierten Daten einer zusammenfassenden Inhaltsanalyse unterzogen. Die Vorteile der gewählten Auswertungsverfahren gegenüber einer freien Textinterpretation ist ihre Systematik. Durch ein schrittweises, regelgeleitetes Vorgehen nach vorher explizierten Techniken wird insbesondere die Reliabilität verbessert.

## **6.4 Vorbereitung und Durchführung der Interviews**

### **6.4.1 Leitfadenerstellung**

Der Leitfaden setzt eine Struktur für die Interviews fest, in der die Teilnehmenden ihre Gedanken und Meinungen äußern können.

Nach einer kurzen Vorstellung des Interviewers wurden die Teilnehmenden über den Zweck, Inhalt und Ablauf des Interviews aufgeklärt.

Die Interviews wurden mit Hilfe des Leitfadens in fünf Teile gegliedert (der gesamte Leitfaden befindet sich in Anhang A).

Als Einstieg sollte von den Befragten der Begriff Monotonie definiert und die Bedeutung von Monotonie für den Arbeitskontext der Zugverkehrsleitung beschrieben werden.

Im zweiten Teil wurden die Befragten zu ihrem eigenen Erleben bzw. erlebten Symptomen von Monotonie befragt. Zusätzlich wurden individuelle Einflussfaktoren, die Umgang und Erleben von Monotonie beeinflussen könnten, erfragt.

Im dritten Teil wurden subjektiv wahrgenommene bzw. vermutete Ursachen von Monotonie nachgefragt. Es wurden monotonieerzeugende Aufgaben und Arbeitsbedingungen thematisiert.

Der vierte Teil behandelt die Ideen für den Umgang mit und die Bewältigung von Monotonie. Erfragt werden persönliche Vorgehensweisen zur Vorbereitung und Reduktion sowie allgemeine Wünsche bzw. Gestaltungsempfehlungen für die Arbeitsplätze in der Zugverkehrsleitung bzgl. Monotonie.

Im fünften Teil wurden Angaben zur Demographie und der Anstellung von den Teilnehmenden erfragt.

Bei der Leitfadengestaltung wurden insbesondere vier Kriterien beachtet (Merton und Kendall, 1979, zitiert nach Flick, 2007, S. 118) (1) *Nichtbeeinflussung* der Interviewpartner, (2) *Spezifität* der Sichtweise der Interviewteilnehmenden, (3) *Erfassung eines breiten Spektrums*, sowie (4) *Tiefgründigkeit* und personaler Bezugsrahmen.

Die *Nichtbeeinflussung* wurde durch die Verwendung verschiedener Frageformen erreicht, die sich nach Flick (2007) besonders dazu eignen. Es wurden zuerst unstrukturierte offene Fragen gestellt („Wie zeigt sich Monotonie in Ihrem eigenen Erleben?“), die im Verlauf des Interviews mit Nachfragen zunehmend strukturiert wurden (bzgl. physischen, psychischen und Leistungssymptomen).

Die *Spezifität* der Sichtweise der Interviewteilnehmenden wurde erreicht, indem nicht allgemeine Aussagen zum Thema nachgefragt wurden, sondern die eigenen konkreten Erfahrungen der Teilnehmenden nachgefragt wurden („Beschreiben Sie eine Situation, die Sie als ZVL erlebt haben und die für Sie monoton war. Wie ist es dazu gekommen?“).

Die *Erfassung eines breiten Spektrums* bedeutet, dass alle für die Fragestellung relevanten Aspekte und Themen im Verlauf des Interviews angesprochen wurden (Flick, 2007). Auch mussten die Befragten die Gelegenheit erhalten, eigene Themen in das Interview einzubringen. Das breite Spektrum wurde einerseits durch die theoretische Vorarbeit, welche sich im Leitfaden widerspiegelt, sichergestellt, andererseits wurde den Teilnehmenden viel Zeit gegeben, eigene Gedanken zum Thema während des Interviews einzubringen.

*Tiefgründigkeit* und personaler Bezugsrahmen wurde erreicht, indem die Teilnehmenden angeregt wurden, über eigene Emotionen als Betroffene in Beziehung zum Problemfeld zu reflektieren.

### 6.4.2 Stichprobe

Bei den für die erste Untersuchung ausgesuchten Teilnehmenden handelt es sich um eine anfallende Stichprobe (vgl. Huber, 2014). Die Auswahl der Teilnehmenden wurde dabei von einem Mitarbeiter der Praxispartner SBB koordiniert. Ca. 150 aktiv in den SBB als Zugverkehrsleitende arbeitende Personen aus der Region, bzw. Betriebszentrale Mitte, wurden per E-Mail für eine freiwillige Teilnahme an Interviews angefragt. Die ZVL wurden dabei über das Thema Monotonie in der Zugverkehrsleitung und die Dauer des Interviews informiert.

An der Untersuchung nahmen insgesamt 15 aktiv als ZVL arbeitende Personen teil. Die Stichprobe bestand aus 11 männlichen und 4 weiblichen ZVL. Die Teilnehmenden waren im Alter zwischen 20 und 56 Jahren ( $M = 33.9$ ,  $SD = 10.2$ ). Die durchschnittliche Berufserfahrung der Teilnehmenden lag bei  $M = 10$  Jahren ( $SD = 12$  Jahre). Der Anstellungsgrad lag zwischen 80 % und 100 % ( $M = 98\%$ ,  $SD = 6.3\%$ ), wobei die Funktion als ZVL zwischen 20 % und 100 % ( $M = 67.3\%$ ,  $SD = 22.2\%$ ) der Anstellungsprozente der Teilnehmenden ausfüllt. Andere Funktionen, die in der restlichen Zeit der Anstellung von den Teilnehmenden übernommen werden, sind die von Informationsspezialist\*innen, Disponent\*innen Bahnverkehr, Assistent\*innen Disponent Bahnverkehr, Ausbilder\*innen, Teamleiter\*innen und die Mitarbeit in verschiedenen organisationsinternen Projekten.

### 6.4.3 Datenerhebung

Die Datenerhebung fand im November und Dezember 2015 an sechs verschiedenen Tagen statt. Die Interviews wurden in den Sitzungszimmern der Betriebszentrale Mitte in Olten und in der Betriebsleitzentrale Luzern der SBB durchgeführt.

Sechs Interviews wurden wie geplant als Gruppeninterviews mit zwei Teilnehmenden durchgeführt. Drei Interviews wurden aufgrund kurzfristiger Schichtplanverschiebungen und wegen eines krankheitsbedingten Ausfalls bei angemeldeten Teilnehmenden als Einzelinterviews durchgeführt. Alle Interviews wurden zur Dokumentation und späteren Auswertung, nach Einwilligung der Teilnehmenden, digital in einem Audioformat aufgezeichnet. Die Interviewdauer lag zwischen 53 und 90 Minuten.

## 6.5 Auswertung

Zur Auswertung wurden die Audiodateien der Interviews mithilfe der Software f4transkript vollständig transkribiert. Bei der Transkription wurde der in schweizerdeutsch gesprochene Text sinngemäß ins Hochdeutsche übersetzt. Die nachfolgenden inhaltsanalytischen Auswertungen mit Codes und Zusammenfassungen erfolgten mit Hilfe der Software MAXQDA.

Die Auswertung der Interviews erfolgte in zwei Schritten. Im ersten Schritt wurde eine strukturierende Inhaltsanalyse (Mayring, 1991) durchgeführt. Die verwendeten Codes, Definitionen und zugehörige Ankerbeispiele für die strukturierende Inhaltsanalyse werden in Tabelle 11 aufgeführt. Die Festlegung der Codes orientierte sich an den Fragestellungen der Untersuchung und diente der Ordnung des Materials zur weiteren Auswertung im zweiten Schritt. Die Codes wurden dafür zu Beginn festgelegt und während der Analyse induktiv, schrittweise dem Material angepasst. Hauptsächlich bestanden die Anpassungen in einer Aufteilung des Codes für Symptome in die zwei Komponenten Erleben und Aufmerksamkeit/Leistung sowie in der Anreicherung aller Codes mit Ankerbeispielen.

Tabelle 11: Codes für die Interviewauswertung

<b>Codes</b>	<b>Definition</b>	<b>Ankerbeispiel</b>
<b>Konzeptualisierung von Monotonie</b>	Schilderung des eigenen Verständnisses des Konzepts Monotonie. Die Antwort auf die Frage „Was ist Monotonie?“	„Ich würde es als Zustand definieren, den man bei uns halt jobbezogen hat, weil wir nur überwachen eine Zeit lang. Das kann vielleicht eine Stunde oder eine halbe Stunde sein, wenn es darum geht, die Konzentration trotzdem aufrecht zu erhalten.“
<b>Entstehungsbedingungen</b>	Genannte Umgebungsbedingungen und Aufgabenmerkmale, die zur Entstehung von Monotonie beitragen.	„Gerade am Wochenende an dem Arbeitsplatz, du weißt, jetzt kommt die Zugnummer, jetzt kommt die Zugnummer, jetzt die Zugnummer und das wiederholt sich jede Stunde nur mit anderer Zugnummer. Vielleicht hast du dann mal einen Güterzug, das ist dann das Highlight des Tages, mit dem du aber auch nichts machst. Das ist dann nur eine andere Farbe auf dem Bildschirm.“
<b>Symptome: Erleben</b>	Bewusst wahrgenommene Veränderungen des Situationserlebens als Symptom des Monotoniezustands (z. B. Langeweile, Müdigkeit, etc.)	„Also ich leide, wenn ich an einem Sonntag keinen Strich mache, dann wird es richtig, richtig hart.“
<b>Symptome: Aufmerksamkeit/ Leistung</b>	Veränderungen der Aufmerksamkeit und Leistung in Bezug auf die Aufgaben in der Zugverkehrsleitung als Symptom des Monotoniezustands (Fehler, Reaktionsgeschwindigkeit, etc.)	„Ich nehme jetzt ein Beispiel aus dem Sektor. In Ostermundigen meldet sich ein Manöver, das einen Fahrweg verlangt von diesem Gleis ins andere und danach wieder zurück. Das geht bei uns ganz normal, das kannst du speichern. Wenn sie aber wieder zurückverlangen, kannst du das eben nicht mehr speichern, weil du nicht zwei Speicher machen kannst und dann musst du dir das merken oder aufschreiben. Wenn du eine monotone Phase hast, kann es gut sein, dass du das vergisst und sie warten auf dem Gleis. Weil du es vergessen hast, müssen sie sich noch einmal melden“
<b>Umgang und Bewältigung</b>	Ideen zur Verhinderung oder Reduktion von Monotonie oder deren negativen Auswirkungen	„Früher habe ich, als ich noch frischer war hier, da habe ich die Zeit genutzt, um mir ein Szenario..., also da habe ich auf den Bildschirm geschaut und mir gedacht also, wenn jetzt hier das passieren würde, was würde ich dann machen. Wo würde ich mit den anderen Zügen durchfahren? Das habe ich manchmal noch gebraucht für so Störungsszenarien, als eigene kleine Weiterbildung.“

Die Reliabilität der Kodierung wurde überprüft, indem ein Interview mit mehrwöchigem Abstand zweimal kodiert wurde und eine Intracoder-Übereinstimmung berechnet wurde. Dabei wurde für jedes codierte Textsegment (beider Kodierzeitpunkte) jeweils evaluiert, ob eine Übereinstimmung vorliegt. Als Kriterium wird der prozentuale Anteil des überlappenden Bereichs zweier Codierungen für das selbe Textsegment verwendet (MAXQDA, 2017).

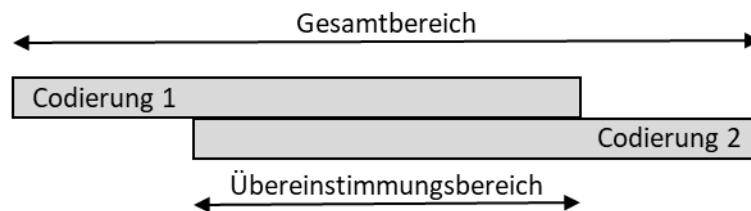


Abbildung 12: Codeüberlappung zur Bestimmung der Intracoder Übereinstimmung (nach MAXQDA, 2017)

Für die vorliegende Untersuchung wurde eine Überlappung von mindestens 70 % der Segmente als Kriterium für eine Übereinstimmung verwendet. Bei diesem Kriterium beträgt die Intracoder-Übereinstimmung über alle fünf Codes 73.42 %. Auf eine Berechnung von zufallskorrigierten Koeffizienten wie Kappa wird verzichtet, da durch die freie Kodierung von Textsegmenten Kappa der berechneten einfachen prozentualen Übereinstimmung entspricht (MAXQDA, 2017; Rädiker & Kuckartz, 2019).

Im zweiten Schritt der Auswertung wurde eine zusammenfassende Inhaltsanalyse (Mayring, 1991) (Abbildung 13) der codierten Textstellen vorgenommen.

Als Analyseeinheiten wurden die in der vorausgehenden strukturierenden Inhaltsanalyse kodierten Textstellen verwendet. Wie von Mayring (1991) vorgeschlagen, wurden Paraphrasierung, Generalisierung und Reduktion wegen des Umfangs des Materials in einem Schritt verwirklicht. Die Reduktion wurde mittels verschiedener Prozesse (Auslassung, Generalisation, Konstruktion, Integration, Selektion, Bündelung) durchgeführt.

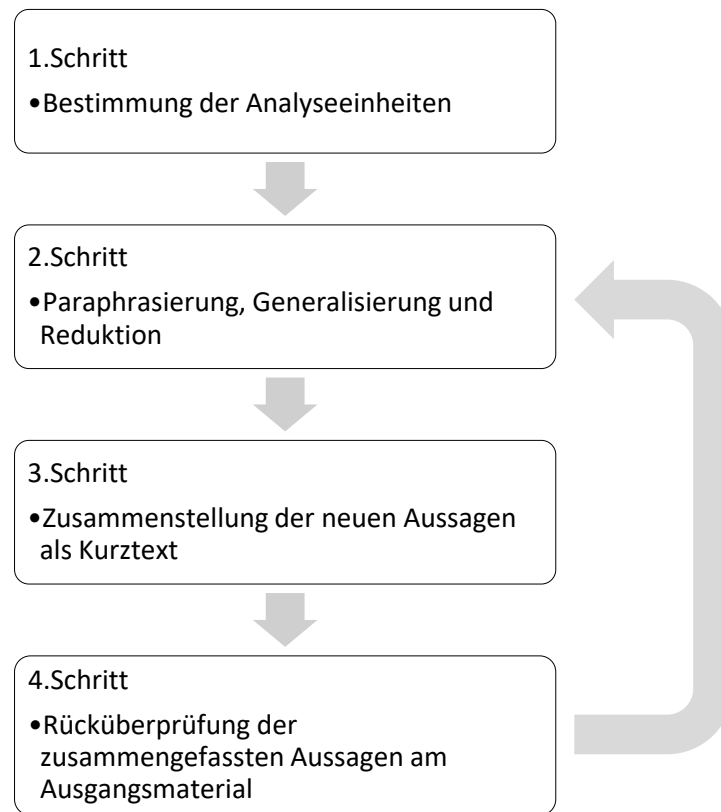


Abbildung 13: Zusammenfassende Inhaltsanalyse (vgl. Mayring, 1991)

Die Zusammenstellungen als Kurztext und in Gliederungspunkte wurden in der Summary-Grid-Funktion von MAXQDA erstellt, diese erlaubt eine einfache tabellarische Übersicht des gesamten zusammengefassten Materials.

Die Rücküberprüfung der zusammengefassten Aussagen am Ausgangsmaterial wurde iterativ während der Zusammenstellung der Kurztexte durchgeführt. In diesem Schritt wurden der Zusammenfassung auch illustrierende Zitate aus den Interviews beigefügt.

Ergebnis dieser Zusammenfassung sind die nachfolgenden Texte und Tabellen.

## 6.6 Ergebnisse zur Konzeptualisierung von Monotonie

Was verstehen ZVL unter dem Begriff der Monotonie?

Die Antworten auf die Frage „Was ist Monotonie?“ weisen auf zwei unterschiedliche Konzeptualisierungen hin: (1) Monotonie als Bedingung und (2) Monotonie als Zustand. Als Bedingung wird Monotonie mit reiner Überwachung, Ereignisarmut und repetitiven Abläufen beschrieben und löst

Langeweile aus. In der Konzeptualisierung als Zustand wird Monotonie als Folge von reiner Überwachung gesehen und hat als Symptom Unterforderung und die Reduktion der Konzentrationsfähigkeit. Die Konzepte der ZVL decken sich dabei mit den Beschreibungen in Kapitel 3.1 „Das Konzept „Monotonie“ in der Psychologie“.

Tabelle 12: Konzeptualisierung von Monotonie durch ZVL

Konzeptualisierung	Beschreibung
Monotonie als Bedingung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überwachung</li> <li>• Ereignisarmut</li> <li>• repetitive Abläufe</li> <li>• löst Langeweile aus</li> </ul>
Monotonie als Zustand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Folge von reiner Überwachung</li> <li>• Reduktion der Konzentrationsfähigkeit</li> <li>• Unterforderung</li> </ul>

## 6.7 Ergebnisse zu den Entstehungsbedingungen

Wie beschreiben die Betroffenen die Entstehungsbedingungen von Monotonie in der Zugverkehrsleitung?

Die befragten Zugverkehrsleitenden beschrieben eine Vielzahl von Bedingungen, welche aus ihrer Sicht zu Monotonie führen. Zur einfacheren Strukturierung sind die Ergebnisse getrennt nach Ereignisarmut, Repetitivität, kognitiver Bindung an die Arbeitsaufgabe und sonstige genannte Bedingungen.

### 6.7.1 Ereignisarmut

Ereignisarmut als Ursache von Monotonie in der Zugverkehrsleitung wird nach Ansicht der Interviewten durch verschiedene Faktoren begünstigt.

Zuverlässige technische Systeme haben zur Konsequenz, dass Störungen der Systemkomponenten eher selten sind. Sowohl die Software, mit der die ZVL direkt arbeiten (z. B. das Leitsystem ILTIS) als auch Rollmaterial (Loks und Wagen) und Infrastruktur werden als störungsarm wahrgenommen.

Die technisch automatisierten Abläufe führen in der Wahrnehmung der ZVL dazu, dass notwendige Eingriffe durch ZVL selten sind. Insbesondere der störungsfreie Normalbetrieb, bei dem die Automatik den Planverkehr ohne Zutun der ZVL steuert, wird als monotonieerzeugend wahrgenommen, weil dann nur die Überwachung als Aufgabe übrigbleibt. Die Befragten ZVL geben an, sich der Technik ausgeliefert zu fühlen.

Übereinstimmend gaben alle ZVL in den Interviews ein geringes Verkehrsaufkommen als Entstehungsbedingung für Monotonie an. Das Verkehrsaufkommen ist dabei typischerweise an bestimmte Zeiten gebunden. Im Allgemeinen wird das Verkehrsaufkommen in den Nacht- und Nebenverkehrszeiten als monotoniefördernd wahrgenommen. Insbesondere die Zeit zwischen 02:00 Uhr und 04:00 Uhr am Morgen und die Wochenendtage werden einheitlich als besonders kritisch in Bezug auf Monotonie genannt. In Zeiten mit geringem Verkehrsaufkommen sind Ereignisse zwar deutlich seltener, jedoch nicht ganz ausgeschlossen.

*„Am Wochenende wird es schneller monoton, weil ich halt weniger Eingriffe mache. [...] Im großen Durchschnitt ist am Wochenende sicher weniger los oder in einer Nacht ohne Bauarbeit oder in der Frühschicht.“* (Interview Nr. 1)

Als förderlich für Monotonie werden auch Situationen wahrgenommen, in denen im überwachten und gesteuerten Bereich nur wenige oder keine Güterzüge verkehren und wenige oder keine Baustellen vorhanden sind. Sowohl Güterzüge als auch Baustellen führen eher zu Ereignissen, die Eingriffe der ZVL erfordern, da sie öfters Veränderungen der programmierten, automatisch gesteuerten Planungen notwendig machen.

*„Wir haben fast in keinem Bereich Manöver am Sonntag. Wir haben fast nichts mit Cargo am Sonntag. Wenn dann Planverkehr ist, haben wir Sonntage, da hast du die Maus zum Anmelden in den Fingern und sonst für gar nichts.“* (Interview Nr. 4)

Alle interviewten ZVL konnten Arbeitsplätze/Bereiche nennen, in denen verschiedene Bedingungen für Ereignisarmut besonders häufig gemeinsam vorkommen. Das sind Bereiche mit geringer Trassenauslastung und hoher Zuverlässigkeit der technischen Systemkomponenten. Als problematisch werden auch Einspurstrecken wahrgenommen, da der Verkehr auf diesen besonders simpel zu überwachen und steuern ist.

„Die Freiburger Linie, wenn du von Bern Bümpliz bis nach Flamatt oder Laupen gehst, gopferteli [verdammt], da läuft fast gar nichts. Das läuft einfach, seit das neue System dort aufgeschaltet wurde. Wir hatten am Anfang viele Achszählerstörungen, aber seit die behoben wurden, läuft die Linie eigentlich.“ (Interview Nr. 8)

Tabelle 13: Zusammenfassung Ergebnisse Ereignisarmut

---

### **Ereignisarmut**

---

- Grundsätzlich passive Funktion
  - Zuverlässige technische Systemkomponenten
    - Stabil laufende Software (ILTIS)
    - Rollmaterial (Züge, Wagen)
    - Infrastruktur (Signale, Gleise, Weichen)
  - Technisch automatisierte Abläufe
    - In der Zuglenkung des Normalbetriebs
    - Wenig Bedienungen
  - Zeiten mit geringem Verkehrsaufkommen
    - Nachtverkehrszeiten (insbesondere 02:00–04:00 Uhr)
    - Nebenverkehrszeiten
    - Wochenendtage
  - Abwesenheit von Baustellen
  - Abwesenheit von Güterzügen
  - Bestimmte Arbeitsplätze/Bereiche
    - Gütsch, Entlebuch, Sense, Eppenbergl, Bhf. Bern (Richtung Freiburg), Wiggertal
    - Geringe Trassenauslastung
    - Einspurstrecken
- 

### **6.7.2 Repetitivität**

Repetitivität als Entstehungsbedingung für Monotonie hat in der Zugverkehrsleitung verschiedene Quellen, die von den ZVL genannt werden.

Als eine dieser Quellen wird der getaktete Fahrplan identifiziert. Der Takt des Fahrplans führt in der Arbeit von ZVL zu starker Repetitivität. Die zu überwachenden Abläufe des Zugverkehrs wiederholen sich im Rhythmus des Fahrplankontaktes. Die ZVL werden entsprechend repetitiv mit der gleichen Verkehrslage in den von ihnen überwachten Bereichen konfrontiert.

*„Beim Zugverkehr ist es einfach so, da hast du alle Stunde oder alle halbe Stunde die gleiche Zugslage und wenn mal einer zu spät ist, ist das schon fast ein bisschen Aufregung.“* (Interview Nr. 4)

*„Monoton wird es mitunter auch, wenn du an einem Arbeitsplatz sitzt, an dem sich jede Stunde das gleiche wiederholt. Also, es kommen die gleichen Züge, zwar mit einer anderen Zugnummer, aber sie sind in der gleichen Konstellation.“* (Interview Nr. 2)

Repetitive und dadurch monotonieförderliche Handlungen entstehen für ZVL nach ihren eigenen Angaben bei bestimmten Rangiermanövern. Für die Rangiermanöver, z. B. beim Zusammenstellen eines Personenzuges, müssen von den ZVL jeweils Fahrstraßen eingestellt werden. Das Stellen wird jeweils auf Anfrage von den Rangierleitenden routinemäßig ausgeführt und wiederholt sich für viele Züge täglich.

*„Du hast jedes Mal dasselbe Manöver, jedes Mal dieselben Züge zur selben Uhrzeit über dasselbe Gleis, ja das kann schnell zu Monotonie führen.“* (Interview Nr. 8)

Auch die sich oft wiederholenden Abläufe bei Störungen und Baustellen können in der Zugverkehrsleitung Monotonie auslösen, z. B. wenn ein Prozess für jeden Zug, der über ein bestimmtes Gleis fährt, wiederholt werden muss, wie im nachfolgend geschilderten Beispiel eines ZVL.

*„Da gab es auch schon Tage, bei denen wir Sammelbefehle diktieren mussten, das sind Formulare zur Geschwindigkeitsreduktion für einen Lokführer, wenn etwas nicht gut ist auf einer Strecke, z. B. wenn ein Schaden am Gleis ist. Wenn du dann den ganzen Tag das Formular diktieren [...], quittieren und protokollieren [musst], dann kann es sehr schnell zu Monotonie führen.“* (Interview Nr. 6)

Tabelle 14: Zusammenfassung Ergebnisse Repetitivität

---

**Repetitivität**

---

- Wiederkehrende Abläufe im Fahrplan
    - Taktfahrplan (insbesondere Personenverkehr)
  - Wiederkehrende Rangierabläufe/Manöver
    - Fahrwegschaltungen
    - Gleiche Zeiten
    - Gleiche Zugkompositionen
    - Gleiche Gleise
  - Sich wiederholende Abläufe bei Störungen und Baustellen
    - Ausfüllen von Checklisten/Formularen
    - Angaben per Funk/Telefon
    - Streckensperrungen
- 

**6.7.3 Kognitive Bindung an die Arbeitsaufgabe**

Die kognitive Bindung an die Arbeitsaufgabe ist in der Zugverkehrsleitung durch die Überwachungsfunktion, welche die ZVL haben, ständig gegeben. In den Interviews gab es nur wenige Aussagen darüber, inwiefern diese Bindung Monotonie erzeugt oder nicht, sie wird als integraler Bestandteil der Aufgabe von ZVL wahrgenommen. In Aussagen der ZVL wird jedoch deutlich, dass die Nicht-Unterbrechbarkeit der Aufgabe, welche eine ständige physische Präsenz am Arbeitsplatz bedingt, die Möglichkeit, sich von der monotonieerzeugenden Situation zu lösen, erschwert.

*„Dadurch, dass du physisch präsent sein musst, das verschlimmert es [Monotonieerleben] auch noch.“ (Interview Nr. 9)*

Tabelle 15: Zusammenfassung Ergebnisse kognitive Bindung an die Arbeitsaufgabe

---

**Kognitive Bindung an die Arbeitsaufgabe**

---

- Überwachungsaufgabe fordert andauernde visuelle Aufmerksamkeit
    - erfordert physische Präsenz
-

#### 6.7.4 Sonstige Entstehungsbedingungen

Neben den bereits aufgeführten, auch in der Theorie genannten Bedingungen, die zur Entstehung von Monotonie beitragen, wurden in den Interviews noch weitere genannt.

In allen Interviews wurde die Teamzusammensetzung bzw. das Verhalten der Kollegen am Arbeitsplatz als bedeutender Faktor für die Entstehung von Monotonie genannt. Als beitragend zur Entstehung von Monotonie wird insbesondere stilles, introvertiertes Verhalten wahrgenommen.

*„Auch die Teamzusammensetzung finde ich wichtig bei Monotonie, wir haben wie in jedem Team auch sehr introvertierte Leute, die auch unter der Woche nicht sehr viel untereinander in Kontakt treten, wenn es dich mit zwei, drei solchen trifft in einer monotonen Arbeitsphase, dann [...] hast du niemanden, der dir hilft“ (Interview Nr. 4)*

Viel Erfahrung und Routine in der ZVL-Tätigkeit oder in Bezug auf bestimmte überwachte Bereiche wird eher als förderlich für das Monotonieerleben wahrgenommen. Gleichzeitig wird von verschiedenen ZVL gesagt, dass die Erfahrung dabei hilft, Symptome in der Leistungsreduktion durch Monotonie zu verringern.

Die eigene „Tagesform“ wurde in den meisten Interviews als wichtiger Faktor genannt, der die Entstehung von Monotoniezuständen beeinflusst. Eine gering ausgeprägte Arbeitsmotivation wird als monotonieförderlich wahrgenommen. Durch eine geringe Motivation sinkt der Wille, aktiv etwas gegen Monotonie zu unternehmen und diese zu bekämpfen.

Ähnlich wie die Arbeitsmotivation führt auch eine Vorer müdung, durch zu wenig Schlaf vor der Arbeit, zu geringerem Widerstand der ZVL gegen Monotonie.

Bezogen auf die Arbeitsorganisation werden besonders lange Touren und Zeiträume mit vielen aufeinanderfolgenden Arbeitstagen ohne dazwischenliegende freie Tage als monotonieförderlich beschrieben.

Bezüglich der räumlichen Umgebung wird von einigen Interviewten gedimmtes Raumlicht als monotoniebegünstigend wahrgenommen. Einzeln wurden in den Interviews auch zu hohe Temperaturen und trockene Luft als monotonieförderlich erwähnt.

*„Wenn es sowieso schon relativ monoton ist und dann schaltet noch jemand das Licht runter, denke ich mal so ‚Ok, jetzt bin ich wirklich kurz vor dem Einschlafen.‘“ (Interview Nr. 2)*

*Tabelle 16: Zusammenfassung Ergebnisse weitere Entstehungsbedingungen*

---

### **Weitere Entstehungsbedingungen**

---

- Teamzusammensetzung
    - Kollegen, die wenig reden
    - Introvertierte Kollegen
  - Erfahrung
  - Tagesform
    - Fehlende Motivation
    - Wenig geschlafen
  - Lange Arbeitsdauer (lange Touren)
  - Viele Arbeitstage hintereinander arbeiten (ohne freie Tage)
  - Räumliche Umgebung
    - Dunkel
    - Heiß
    - Trockene Luft
-

Tabelle 17: Zusammenfassung Entstehungsbedingungen

Entstehungsbedingung	Konkretisierung in der Zugverkehrsleitung
Ereignisarmut	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundsätzlich passive Funktion</li> <li>• Zuverlässige technische Systemkomponenten <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Stabil laufende Software (ILTIS)</li> <li>○ Rollmaterial (Züge, Wagen)</li> <li>○ Infrastruktur (Signale, Gleise, Weichen)</li> </ul> </li> <li>• Technisch automatisierte Abläufe <ul style="list-style-type: none"> <li>○ In der Zuglenkung des Normalbetriebs</li> <li>○ Wenig Bedienungen</li> </ul> </li> <li>• Zeiten mit geringem Verkehrsaufkommen <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nachtverkehrszeiten (insbesondere 02:00–04:00 Uhr)</li> <li>○ Nebenverkehrszeiten</li> <li>○ Wochenendtage</li> </ul> </li> <li>• Abwesenheit von Baustellen</li> <li>• Abwesenheit von Güterzügen</li> <li>• Bestimmte Arbeitsplätze/Bereiche <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gütsch, Entlebuch, Sense, Eppenberg, Bhf. Bern (Richtung Freiburg), Wiggertal</li> <li>○ Geringe Trassenauslastung</li> </ul> </li> </ul>
Repetitivität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederkehrende Abläufe im Fahrplan <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Taktfahrplan (insbesondere Personenverkehr)</li> </ul> </li> <li>• Wiederkehrende Rangierabläufe/Manöver <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fahrwegschaltungen</li> <li>○ Gleiche Zeiten</li> <li>○ Gleiche Zugkompositionen</li> <li>○ Gleiche Gleise</li> </ul> </li> <li>• Sich wiederholende Abläufe bei Störungen und Baustellen <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ausfüllen von Checklisten/Formularen</li> <li>○ Angaben per Funk/Telefon</li> </ul> </li> <li>• Streckensperrungen</li> </ul>
Kognitive Bindung an die Arbeitsaufgabe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überwachungsaufgabe fordert andauernde visuelle Aufmerksamkeit</li> <li>• erfordert physische Präsenz</li> </ul>
Weitere	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamzusammensetzung <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kollegen, die wenig reden</li> <li>○ Introvertierte Kollegen</li> </ul> </li> <li>• Erfahrung</li> <li>• Tagesform <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fehlende Motivation</li> <li>○ Wenig geschlafen</li> </ul> </li> <li>• Lange Arbeitsdauer (lange Touren)</li> <li>• Viele Arbeitstage hintereinander arbeiten (ohne freie Tage)</li> <li>• Räumliche Umgebung <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Dunkel</li> <li>○ Heiß</li> <li>○ Trockene Luft</li> </ul> </li> </ul>

## 6.8 Ergebnisse zu den Symptomen

Wie beschreiben die Betroffenen die Erlebenskomponenten von Monotonie in der Zugverkehrsleitung?

Die befragten Zugverkehrsleitenden erleben verschiedene zusammengehörende Symptome in Bezug auf Monotonie. Zur einfacheren Strukturierung sind die Ergebnisse gruppiert unter Müdigkeit, Langeweile, negative Emotionen und Konzentration/Leistung. Am Ende des Abschnitts wird auf die genannten Nachwirkungen von Monotonie bei einem Situationswechsel und nach der Arbeit eingegangen.

### 6.8.1 Müdigkeit

Die Mehrheit der Befragten ZVL verbinden das Symptom Müdigkeit und ein Trägheitsgefühl klar mit dem Zustand der Monotonie.

*„Das ist direkt proportional, je monotoner es ist, umso schneller werde ich müde. Selbst wenn ich ausgeschlafen bin oder einen Kaffee trinke, ist es schon sehr ermüdend, wenn so gar nichts geht.“* (Interview Nr. 8)

Die entstehende Müdigkeit wird als steigendes Schlafbedürfnis beschrieben. Mehrere ZVL nannten kurzes Einschlafen am Arbeitsplatz als Folge einer monotonieinduzierten Müdigkeit.

*„Was ich persönlich auch merke, wenn ich in einer solchen Phase drin bin, das geht schon wieder in die Müdigkeit rein, dass dort in der Monotonie die Müdigkeit durchschlägt und plötzlich sitzt du da und nickst ein.“* (Interview Nr. 1)

Eine Person unterschied die durch Monotonie entstehende passive Müdigkeit von anderen Formen der Müdigkeit, die durch die Ausführung von anstrengenden Tätigkeiten entstehen.

*„Es ist ein anderes müde, so ein unnötiges Müde“* (Interview Nr. 7)

In Verbindung mit der Müdigkeit wurde gesagt, dass Monotonie eine entspannende bzw. erholende Wirkung haben kann, z. B. nachdem eine Störung bewältigt wurde. Diese Entspannung wird, zumindest zeitlich beschränkt, von einigen der Befragten ZVL als angenehm erlebt.

„Ja, also ich sage jetzt mal, wenn es so monotone Abschnitte sind von vielleicht 30–60 Minuten, ist es manchmal angenehm, weil es gibt dann auch das Gegenteil, wo alles aufs Mal kommt, aber wenn es natürlich dann die Hälfte vom Tag dauert, wie vielfach am Wochenende, dann ist es schon etwas anderes.“ (Interview Nr. 7)

In den Interviews zeigte sich, dass nicht bei allen ZVL Müdigkeit als Symptom von Monotonie wahrgenommen wird. In zwei Interviews wurde von ZVL explizit angegeben, dass Müdigkeit für sie nicht mit dem Zustand der Monotonie zusammenhängt.

„Müdigkeit hat für mich eigentlich keinen Zusammenhang mit der Monotonie.“ (Interview Nr. 4)

Tabelle 18: Zusammenfassung Ergebnisse Müdigkeit

---

### Müdigkeit

---

- Trägheitsgefühl
  - Schläfrigkeit nimmt zu
  - Einnicken
  - Angenehme Entspannung (zeitlich beschränkt)
  - (keinen Zusammenhang mit Monotonie)
- 

### 6.8.2 Langeweile

Langeweile wird von den ZVL klar als Symptom vom Zustand der Monotonie genannt.

„Bei mir führt Monotonie schon zu Langeweile, das ist bei mir definitiv der Fall.“ (Interview Nr. 4)

In den Beschreibungen der ZVL findet sich die bereits in der Theorie genannte Lustlosigkeit bzw. der Widerstreit zwischen dem Bedürfnis intensiver psychischer Betätigung und der Unfähigkeit dazu, sich dazu anregen zu lassen (vgl. Fenichel, 1934, S. 270).

„Zwischendurch habe ich auch diese Phase, bei der ich in einer monotonen Phase drin bin beim Arbeiten, eigentlich Zeit hätte, um etwas anderes zu tun und weiß auch genau, ich

*könnte das jetzt machen, aber keine Lust habe, das zu machen, weil ich sehr wahrscheinlich schon zu hart in so einer Phase drin stecke.“ (Interview Nr. 1)*

Zwei ZVL beschrieben, dass durch Langeweile das Vergehen der Zeit am Arbeitsplatz als verlangsamt erlebt wird. Lustlosigkeit, fehlendes Sinnerleben, fehlende Bestätigung und das Gefühl, überflüssig zu sein, werden ebenfalls in Verbindung mit Langeweile bei der Arbeit in der Zugverkehrsleitung genannt.

*„Das ist mir auch schon passiert am Wochenende, dass man sich fragt, warum bin ich überhaupt gekommen? Es ist monoton abgelaufen, das ist dann nicht befriedigend, zwar für den Fahrplan, aber nicht für sich selbst.“ (Interview Nr. 7)*

In der Langeweile wird auch eine Fehlpassung der organisationalen Ziele mit den persönlichen Zielen der ZVL wahrgenommen. Aus organisationaler Sicht ist die langweilige Situation für ZVL (keine Ereignisse/pünktlicher Verkehr) durchaus erwünscht. Im Gegensatz dazu beginnen ZVL bei auftretender Langeweile auf Ereignisse zu hoffen. Bei den ZVL entsteht eine kognitive Dissonanz dadurch, dass Störungen als positiv wahrgenommen werden in Bezug auf ihre, die Langeweile unterbrechenden, Eigenschaften. Gleichzeitig sind sie sich bewusst, dass die Verhinderung von Störungen Teil ihrer Aufgabe in der Zugverkehrsleitung ist.

Die ZVL erleben durch die Langeweile auch eine Enthemmung zur eigenen Ablenkung. Sie erleben einen Drang, aufgabenirrelevanten Gedanken und Tätigkeiten nachzugehen (vgl. auch 6.8.4 Aufmerksamkeit/Leistung). Mehrere ZVL schildern den Drang, sich zu bewegen und sich aus der monotonen Situation zu lösen.

*„Also körperlich zeigt es sich so, dass ich unruhig werde und einen Bewegungsdrang bekomme. Wenn ich es könnte, würde ich aufstehen und irgendwie 3 Runden durch den kommandoraum laufen, einfach, um den Geist wieder ein bisschen zu sammeln.“ (Interview Nr. 2)*

Tabelle 19: Zusammenfassung Ergebnisse Langeweile

---

**Langeweile**


---

- Lustlosigkeit
  - Zeit vergeht langsamer
  - Fehlendes Sinnerleben
  - Kognitive Dissonanz bezüglich organisationaler Ziele und eigener Bedürfnisse
    - Hoffnung auf Störungen
  - Bewegungsdrang
  - Enthemmung zur eigenen Ablenkung
- 

### 6.8.3 Negative Emotionen

Im Zustand der Monotonie werden neben Langeweile auch andere negative Emotionen erlebt. Beschrieben wird insbesondere eine Frustration mit der auslösenden Situation. Monotonie wird außerdem als „hart“, „schlimm“, „mühsam“ und „belastend“ charakterisiert.

*„Also ich leide, wenn ich an einem Sonntag keinen Strich mache, dann wird es richtig, richtig hart.“ (Interview Nr. 4)*

Monotonieerleben wird mit einer schlechten Laune, Motivationsverlust und Reizbarkeit in Verbindung gebracht.

*„Dann merkst du selber, das möchte ich jetzt beenden, das gurkt mich an.“ (Interview Nr. 1)*

Tabelle 20: Zusammenfassung Ergebnisse negative Emotionen

---

**Negative Emotionen**


---

- Frustration
  - Belastend
  - Mühsam
  - Schlechte Laune
  - Motivationsverlust
  - Reizbar
-

#### 6.8.4 Aufmerksamkeit/Leistung

In den Interviews gaben alle ZVL an, dass der Monotoniezustand mit einer geringeren Aufmerksamkeit bzw. Konzentration auf die Aufgaben in der Zugverkehrsleitung verbunden ist. Entweder, weil durch Monotonie die Aufmerksamkeit insgesamt abnimmt oder weil diese abgelenkt und auf anderes fokussiert wird.

*„Die Aufmerksamkeit wird weniger. Dass sich der ganze Körper wie entspannt und man denkt, es läuft ja von selber. Stand-by-Modus, sozusagen.“* (Interview Nr. 9)

Im Zusammenhang mit der reduzierten Aufmerksamkeit wird im Zustand der Monotonie geistiges Abschweifen, Tunnelblick oder eine „Blindheit“ für wichtige Veränderungen genannt.

*„Das ist so eine Art, nicht gerade ein Trancezustand, aber so ein bisschen, ich habe dann einen Tunnelblick. Ich habe mich schon erwischt, dass mich jemand etwas gefragt hat und ich habe nicht darauf reagiert, weil ich einfach in die Monitore rein gestarrt habe. Manchmal habe ich das Gefühl, durch die Monitore durch zu starren.“* (Interview Nr. 1)

*„Mein Geist schweift einfach sehr schnell ab, wenn keine Inputs kommen, was leider auch oft der Fall ist.“* (Interview Nr. 9)

Bezüglich der eigenen Leistung stellen die ZVL fest, dass bei Monotonie die Fehlerrate zunimmt. Als typische durch Monotonie hervorgerufene Fehler werden genannt: (1) das Vergessen von Zügen, die auf eine Bedienung oder Rückstellung warten, (2) Vergessen von geplanten Handlungen (z. B. Fahrwegschaltungen), (3) Ausführen falscher Handlungen (z. B. Fahrwegeinstellungen) und Übersehen von Zügen, die auf eine Disposition bzw. Konfliktauflösung warten.

*„Wenn du eine monotone Phase hast, kann es gut sein, dass du das [Fahrwegschaltung] vergisst und sie warten auf dem Gleis.“* (Interview Nr. 6)

*„Wenn es wirklich monoton wird, vergisst man solche Sachen [Konfliktauflösung] oder konzentriert sich auf andere Dinge.“* (Interview Nr. 8)

Erwähnt wird auch, dass Reaktionszeiten durch Monotonie verlängert werden.

*„Ich habe am meisten Mühe, eine Störung zu erkennen, vielleicht eine Achszählerbelegung, an einem Sonntagnachmittag ohne Güterverkehr mit null Minuten Verspätung auf dem Bildschirm. Da habe ich die längste Reaktionszeit, wenn plötzlich etwas ist.“* (Interview Nr. 4)

Bei Erleben von Monotonie wird zudem die Optimierung der Fahrwege von Zügen im kontrollierten Bereich vernachlässigt. Diese Optimierungen tragen normalerweise zu einem reibungslosen Betrieb ohne unnötige Bremsmanöver von Zügen bei.

Tabelle 21: Zusammenfassung Ergebnisse Aufmerksamkeit/Leistung

---

### Aufmerksamkeit/Leistung

---

- Reduktion der Konzentration
  - Ablenkung
  - Geistiges Abschweifen
  - Geistige Abwesenheit
  - Tunnelblick
  - Blindheit für Veränderungen
  - Leistungsmerkmale
    - Erhöhte Fehlerrate
      - Vergessen von Zügen (Bedienung, Rückstellung)
      - Vergessen von Handlungen (geplante Fahrwegschtaltung)
      - Ausführen falscher Handlungen
      - Übersehen wartender Züge (Konflikt)
    - Längere Reaktionszeiten (Erkennen von Störungen)
    - Keine Fahrwegoptimierung
- 

### 6.8.5 Nachwirkungen

Die meisten Befragten gaben an, dass sie nach dem Erleben von Monotonie keine Nachwirkungen wahrnehmen. Die verschiedenen Symptome von Monotonie sind schnell reversibel und verschwinden durch einen Situationswechsel oder nach Beenden der Arbeitsschicht innerhalb kürzester Zeit.

*„[Monotonie] beschäftigt mich nicht nach der Arbeit und das ist eigentlich auch das Schöne an dem Job, du kannst deine Arbeit abgeben und dann kümmerst dich das gar nicht mehr.“ (Interview Nr. 6)*

*„Egal, wie der Tag gelaufen ist hier, ob stressig oder monoton, wenn ich hier unten raus bin, ist das Thema durch.“ (Interview Nr. 2)*

Andere ZVL gaben an, dass nach lange andauernder Monotonie bei der Arbeit verschiedene negative Nachwirkungen erlebt werden. Zu den Nachwirkungen gehören generell schlechte Laune, Erschöpfung und Schlafprobleme.

*„Es geht soweit, dass ich am Abend fertig bin, weil ich nichts gemacht habe, aber geistig, und dann kann ich auch nicht schlafen deswegen, insofern wirkt sich Monotonie schon negativ aus.“ (Interview Nr. 9)*

*Tabelle 22: Zusammenfassung Ergebnisse Nachwirkungen*

---

### **Nachwirkungen**

---

- Keine Nachwirkungen/schnell reversibel
  - Schlechte Laune
  - Erschöpfung
  - Schlafprobleme
-

Tabelle 23: Zusammenfassung Ergebnisse Symptome

Symptome/Kategorie	Zeigt sich durch
Müdigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trägheitsgefühl</li> <li>• Schläfrigkeit nimmt zu</li> <li>• Einnicken</li> <li>• Angenehme Entspannung (zeitlich beschränkt)</li> <li>• (keinen Zusammenhang mit Monotonie)</li> </ul>
Langeweile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lustlosigkeit</li> <li>• Zeit vergeht langsamer</li> <li>• Fehlendes Sinnerleben</li> <li>• Kognitive Dissonanz bezüglich organisationaler Ziele und eigener Bedürfnisse <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hoffnung auf Störungen</li> </ul> </li> <li>• Bewegungsdrang</li> <li>• Enthemmung zur eigenen Ablenkung</li> </ul>
Negative Emotionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frustration</li> <li>• Belastend</li> <li>• Mühsam</li> <li>• Schlechte Laune</li> <li>• Motivationsverlust</li> <li>• Reizbar</li> </ul>
Aufmerksamkeit / Leistung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduktion der Konzentration</li> <li>• Ablenkung</li> <li>• Geistiges Abschweifen</li> <li>• Geistige Abwesenheit</li> <li>• Tunnelblick</li> <li>• Blindheit für Veränderungen</li> <li>• Leistungsmerkmale <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Erhöhte Fehlerrate <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vergessen von Zügen (Bedienung, Rückstellung)</li> <li>▪ Vergessen von Handlungen (geplante Fahrwegschtaltung)</li> <li>▪ Ausführen falscher Handlungen</li> <li>▪ Übersehen wartender Züge (Konflikt)</li> </ul> </li> <li>○ Längere Reaktionszeiten (Erkennen von Störungen)</li> <li>○ Keine Fahrwegoptimierung</li> </ul> </li> </ul>
Nachwirkungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Nachwirkungen/schnell reversibel</li> <li>• Schlechte Laune</li> <li>• Erschöpfung</li> <li>• Schlafprobleme</li> </ul>

## 6.9 Ergebnisse zu den Ideen zum Umgang mit und zur Bewältigung von Monotonie

Welche Ideen zum Umgang mit und zur Bewältigung von Monotonie in der Zugverkehrsleitung haben die Betroffenen?

Nachfolgend werden die von den ZVL genannten Ideen zur Verhinderung oder Reduktion von Monotonie oder deren negativen Auswirkungen beschrieben. Es wird sowohl auf bereits praktizierte als auch in der Zukunft erwünschte Maßnahmen für die Arbeit in der Zugverkehrsleitung eingegangen.

Die Ergebnisse wurden in fünf Kategorien strukturiert. Die ersten drei beziehen sich auf Maßnahmen: (1) personenbezogene Maßnahmen, (2) technische Maßnahmen und (3) arbeitsorganisatorische Maßnahmen. Die letzten beiden Kategorien beinhalten die Copingstrategien (4) arbeitsbezogene Ablenkung und (5) nichtarbeitsbezogene Ablenkung.

### **6.9.1 Personenbezogene Maßnahmen**

Als personenbezogene Maßnahmen werden konkrete ggf. erlernbare Strategien zu der Ausführung der Überwachungsaufgabe in der Zugverkehrsleitung genannt. Hierzu gehören:

- das Planen und Ausführen von Blickstrategien für die visuelle Suche nach Abweichungen auf den betrachteten Bildschirmen
- bewusste genauere Betrachtung bestimmter Informationen in der Überwachung (z. B. der Bahnsteigslängen)
- das Setzen von eigenen Zielen für den Tag
- mentale Simulation von ausgedachten Problemszenarien für den eigenen kontrollierten Bereich
- Suche nach Optimierungsmöglichkeiten der programmierten Abläufe des Fahrplans

*„Monotonie bewältige ich eigentlich am besten, indem ich alles noch besser optimiere, wenn der Fahrplan alles nach Plan ist, alles normal ist. Dass du dort noch Optimierungsmöglichkeiten suchst, die vielleicht noch niemand bemerkt hat. Dass man dort vielleicht etwas verbessern kann, das finde ich eigentlich ganz gut.“ (Interview Nr. 6)*

Teilweise werden solche Strategien zur Ausführung der Überwachungsaufgabe von den ZVL nur als kurzfristig nützlich zur Bekämpfung von Monotonie betrachtet, da ihre Umsetzung mental anstrengend ist und eine hohe Disziplin verlangen. Das von ZVL generell beschriebene mentale An kämpfen gegen Monotonie endet oft mit einem Verlieren des Kampfes für die Betroffenen.

*„Wenn ich morgens um 04:00 Uhr beginne, kann ich mir viel vornehmen und irgendwie ergebe ich mich der Monotonie, dann lasse ich mich mitziehen.“ (Interview Nr. 9)*

Als hilfreich wahrgenommen werden genügend Schlaf vor der Arbeit und eine ausgewogene Work-Live-Balance. Explizit erwähnt wurde auch, dass geplante Aktivitäten nach der Arbeit wie Wandern und Fahrradfahren bzw. die Vorfreude darauf einen protektiven Effekt bezüglich Monotonie haben können.

*Tabelle 24: Zusammenfassung Ergebnisse personenbezogene Maßnahmen*

---

Personenbezogene Maßnahmen

---

- Strategien zur Ausführung der Überwachungsaufgabe
  - Genügend Schlaf vor der Arbeit
  - Eine gute Work-Live-Balance
  - Vorfreude auf geplante Aktivitäten nach der Arbeit
- 

### **6.9.2 Technische Maßnahmen**

Zwei Arten von technischen Maßnahmen gegen Monotonie wurden von den ZVL genannt. Die erste Art sind Maßnahmen, die die Gestaltung der Systeme betreffen, die von den ZVL bei der Erledigung ihrer Arbeitsaufgaben bedient werden. Die zweite Maßnahmenart betrifft Anpassungen am Arbeitsplatz bzw. an der Arbeitsumgebung, die für eine optimale physische Arbeitsumgebung zur Bekämpfung von Monotonie und ihren Symptomen sorgen sollen.

Die Möglichkeit bestimmte Meldungen, wie den Ausfall von Signal- und Weichentechnik, zusätzlich zum visuellen Hinweis auch als akustische Alarmer einzuschalten, wird als hilfreich wahrgenommen, um einer Leistungsminderung durch Monotonie entgegenzuwirken. Da andauernde akustische Alarmer auch störend wirken können, wird die Möglichkeit, diese nach Belieben einzuschalten, geschätzt.

Die Option, verschiedene Automaten auszuschalten, wurde als potentiell nützliche Maßnahme gegen Monotonie vorgeschlagen. Welche Automaten konkret dafür in Frage kommen, wurde nicht weiter spezifiziert. Klar ist für die ZVL, dass eine solche Maßnahme bei einer Störung im überwachten Bereich nicht zu einer Überlastung führen darf und betroffene Automaten schnell wieder einschaltbar sein müssten.

Die Verfügbarkeit von Nebeninformationen zu Zügen (z. B. Grund für Extrazug, Reisegruppen mit Reservationen) wird als nützlich erachtet. Diese Informationen dienen dazu, die Zugnummern auf den Bildschirmen mit Inhalten anzureichern und ihnen eine größere Relevanz zu geben, dies hilft gemäß den ZVL gegen Monotonie.

Vorgeschlagene technische Maßnahmen, die für eine optimale physische Arbeitsumgebung zur Bekämpfung von Monotonie und ihren Symptomen sorgen sollen, sind eine helle Raumbeleuchtung (auch in der Nacht) und eine Klimaanlage für eine angenehme Luftfeuchtigkeit und Temperatur. Die Beleuchtung, Luftfeuchtigkeit und Temperatur werden insbesondere bezüglich des Symptoms der aufgabenbezogenen passiven Müdigkeit als wichtige Einflussfaktoren genannt.

*„...im Gebäude auch schon zum Grossteil umgesetzt, es wurden wirklich Arbeitsbedingungen geschaffen, die gegen Monotonie sind, sei es das Stehpult, sei es eine angenehme Beleuchtung. Eine angenehme Temperatur, daran müssen sie definitiv noch arbeiten.“ (Interview Nr. 1)*

Eine weitere Anpassung am Arbeitsplatz, die bei der Bekämpfung von Monotonie hilft, sind höhenverstellbare Arbeitsplätze. Sie erlauben den ZVL, ihre Körperposition zu variieren. Alle befragten ZVL nannten die höhenverstellbaren Arbeitsplätze als hilfreich im Umgang mit Monotonie.

*„Verstellbare Tische hier ist sicher sehr gut, dass man auch die Möglichkeit hat, aufzustehen, dann in dem Sinne ein neues Arbeitsklima zu schaffen, das auch wieder Abwechslung bringt.“ (Interview Nr. 5)*

Tabelle 25: Zusammenfassung Ergebnisse technische Maßnahmen

---

 Technische Maßnahmen
 

---

- Akustische Alarmer
  - Ausschalten von Automaten
  - Verfügbare Nebeninformationen zu Zügen
  - Helle Beleuchtung
  - Klimaanlage (Luftfeuchtigkeit, Temperatur)
  - Höhenverstellbare Arbeitsplätze
- 

### 6.9.3 Arbeitsorganisatorische Maßnahmen

Im Sinne einer Aufgabenerweiterung wird die Zusammenlegung von mehreren Bereichen und damit die Vergrößerung des von einer Person überwachten Bereichs als monotoniereduzierend wahrgenommen. Aktuell wird diese Maßnahme in den für Monotonie problematischen Zeiten in der Nacht und am Wochenende umgesetzt.

Tätigkeitsunterbrechungen, im Sinne einer Pause mit Ablösung, sind grundsätzlich in der Mitte der Schicht vorgesehen. Sie sind, zumindest für ihre Dauer, wirksam gegen Monotonie.

Tätigkeitswechsel durch einen geplanten Wechsel des kontrollierten Bereichs in der Schichtmitte (nach der Pause), wird in einem Sektor der BZ als Maßnahme gegen Monotonie eingesetzt. Der Tätigkeitswechsel kann zwar Monotonie nicht verhindern, sorgt jedoch dafür, dass sie von einzelnen ZVL weniger lange erlebt wird.

Viele der Befragten ZVL wünschen sich einen flexibleren, situationsspezifischeren Einsatz von Arbeitserweiterung, Tätigkeitsunterbrechungen und -wechsel als Maßnahmen gegen Monotonie.

Teilweise wird eine flexible Umsetzung unter den ZVL in Eigeninitiative geregelt:

- Indem Bereiche von anderen ZVL übernommen und dadurch zusätzliche Pausen oder die Erledigung anderer Aufgaben ermöglicht werden.
- Indem Arbeitsplätze mit Kollegen spontan getauscht werden.

*„Ich kann mich aber auch so organisieren, dass ich dem neben mir sage: ‚Du, es ist ruhig jetzt, könntest du eine Stunde lang für meinen Bereich auch schauen?‘ Dann kann ich mich auf etwas anderes konzentrieren.“ (Interview Nr. 1)*

*„Was wir im Sektor praktizieren ist, dass wir den Arbeitsplatz wechseln, dass wir halt zu einem Kollegen gehen und sagen: ‚Du, ich will mal den Arbeitsplatz tauschen.‘“ (Interview Nr. 2)*

Eine Arbeitsanreicherung durch Ausführen von nicht ZVL-spezifischen Tätigkeiten, z. B. in der Ausbildung oder in der Projektarbeit, wird monotoniereduzierend wahrgenommen. Die zusätzlichen Tätigkeiten können zwar nicht gleichzeitig wie die Überwachungsfunktion ausgeführt werden, reduzieren jedoch Routine in der Überwachung und beugen so Monotonie vor.

Stellenwechsel wurde von einem Betroffenen als Maßnahme gegen die Monotonie genannt. Der ZVL hatte seine Kündigung als ZVL kurz vor dem Interviewtermin eingereicht, wobei er die oft erlebte Monotonie als Grund angab.

*„Für mich ist das Ultima Ratio gegen Monotonie der Stellenwechsel, es war mir von Anfang an zu wenig bewusst, dass es 50 % monotone Phasen haben wird.“ (Interview Nr. 9)*

*Tabelle 26: Zusammenfassung Ergebnisse arbeitsorganisatorische Maßnahmen*

---

#### Arbeitsorganisatorische Maßnahmen

---

- Aufgabenerweiterung durch Zusammenlegung von mehreren Bereichen
  - Tätigkeitsunterbrechungen
  - Tätigkeitswechsel in der Schichtmitte
  - Flexibler Tausch von Arbeitsplätzen
  - Arbeitsanreicherung durch Ausführen von nicht ZVL-spezifischen Tätigkeiten
  - Stellenwechsel
- 

#### **6.9.4 Arbeitsbezogene Ablenkung**

Um Monotonie zu verhindern oder zu bekämpfen, haben alle befragten ZVL Copingstrategien zur arbeitsbezogenen Ablenkung genannt. Typischerweise wird arbeitsbezogene Ablenkung von den ZVL selbst und ihren Vorgesetzten als weniger problematisch betrachtet als nichtarbeitsbezogene Ablenkung (vgl. 6.9.5), da sie einen Bezug zu den Arbeitsaufgaben der ZVL oder einen Nutzen für das Unternehmen hat.

„Die Gefahr ist, wenn du die Monotonie so bekämpfst und dann was verpasst, dann bist du der Idiot. Wenn du was verpasst wegen einem Kaffee oder dem WC oder deinen Auftrag fertiggemacht hast, das ist verzeihbarer. Beim anderen heißt es, typisch bist du wieder am Handy. Klar ist es so im Job, aber im Endeffekt ist es dem Kunden doch egal, warum man etwas verpasst hat, wegen dem Handy oder wegen einem Arbeitsauftrag, das Ergebnis ist das gleiche.“ (Interview Nr. 9)

Die Ablenkungen variieren dabei in der Zeit, die sie einnehmen, stark, von einigen Minuten bis zu mehreren Stunden. Konkrete genannte Copingstrategien zur eigenen Ablenkung sind:

- Lesen von Vorschriften
- Vorarbeiten für zukünftige Aufgaben erledigen (z. B. für Bauarbeiten, die Checklisten bereitmachen und kontrollieren)
- Lesen von Weiterbildungsunterlagen
- Erledigen von Übungen zur Weiterbildung (z. B. im Intranet)
- Beobachten von Problemen und Störungen in anderen Bereichen

Einige Aufgaben werden von den ZVL bewusst aufgespart, damit sie diese in Phasen der Monotonie zur Ablenkung erledigen können.

Tabelle 27: Zusammenfassung Ergebnisse arbeitsbezogene Ablenkung

---

#### Arbeitsbezogene Ablenkung

---

- Lesen von Vorschriften
  - Vorarbeiten für zukünftige Aufgaben erledigen (z. B. für Bauarbeiten, die Checklisten bereitmachen und kontrollieren)
  - Lesen von Weiterbildungsunterlagen
  - Erledigen von Übungen zur Weiterbildung (z. B. im Intranet)
  - Beobachten von Problemen und Störungen in anderen Bereichen
- 

#### 6.9.5 Nichtarbeitsbezogene Ablenkung

Die nichtarbeitsbezogene Ablenkung beinhaltet individuelle Copingstrategien und Verhaltensweisen von ZVL, um ihre Aufmerksamkeit einer monotonieauslösenden Situation zu entziehen. Die Ablenkung kann dabei partiell sein, wobei immer noch ein Teil ihrer Aufmerksamkeit auf die Überwachungsaufgabe gerichtet ist oder vollständig erfolgen.

Zu den partiellen Ablenkungen gehören:

- Musik hören
- Privatgespräche mit Kollegen
- Mithören von Gesprächen anderer

Vollständige Ablenkung wird durch die Neuausrichtung der Konzentration auf eine andere Aufgabe oder ein Entfernen vom Arbeitsplatz erreicht. Vollständige Ablenkung geschieht durch:

- Aufsuchen der Verpflegungspunkte (Essen/Trinken)
- Herumlaufen im Raum/Kollegen im anderen Sektor besuchen
- Rausgehen, um frische Luft zu schnappen/zum Rauchen
- Surfen im Internet/soziale Medien
- Zeitung lesen
- Buch lesen
- E-Mails bearbeiten (privat)
- Spielen am Mobiltelefon oder Tablet
- Börsenspekulation

*„Es ist eben das aus dem Monotonen rausgehen, du läufst kurz nach dort hinten“ (Interview Nr. 3)*

Einige dieser Strategien, sich selbst abzulenken, werden von den ZVL bewusst vorbereitet, z. B. durch das Mitnehmen eines Buchs oder eines Tablets mit Spielen.

*„Man braucht wirklich Ablenkung und schaut, dass man die bekommt und nimmt ein Buch mit, ich nehme mein iPad mit, da bin ich viel am Spielen.“ (Interview Nr. 8)*

*„Ja, am Wochenende, wenn es monoton ist, nehme ich ab und zu eine Zeitung hervor, was vielleicht das Problem ist, dass man nicht mehr konzentriert ist, aber ja, dann musst du halt schauen.“ (Interview Nr. 6)*

Die nichtarbeitsbezogene Ablenkung beinhaltet auch Unterbrechungshandlungen (Nederkoorn et al., 2016):

- Singen/Pfeifen
- Trinken am Arbeitsplatz (Wasser, Kaffee, Tee)

Die ZVL sind sich der Problematik der Bekämpfung von Monotonie durch Ablenkung durchaus bewusst. Gerechtfertigt wird Selbstablenkung dadurch, dass durch Monotonie die Aufmerksamkeit gegenüber der Aufgabe reduziert wird und so oder so nicht auf die Aufgabe fokussiert ist. Zusätzlich ist der Leidensdruck bei Monotonie oft stark genug, um aus Sicht der Betroffenen die Vernachlässigung der Arbeitsaufgabe zu entschuldigen.

*Tabelle 28: Zusammenfassung Ergebnisse nichtarbeitsbezogene Ablenkung*

---

#### Nichtarbeitsbezogene Ablenkung

---

- Musik hören
  - Privatgespräche mit Kollegen
  - Mithören von Gesprächen anderer
  - Aufsuchen der Verpflegungspunkte (Essen/Trinken)
  - Herumlaufen im Raum/Kollegen im anderen Sektor besuchen
  - Rausgehen, um frische Luft zu schnappen/zum Rauchen
  - Surfen im Internet/soziale Medien
  - Zeitung lesen
  - Buch lesen
  - E-Mails bearbeiten (privat)
  - Spielen am Mobiltelefon oder Tablet
  - Börsenspekulation
  - Singen/Pfeifen
  - Trinken am Arbeitsplatz (Wasser, Kaffee, Tee)
-

Tabelle 29: Zusammenfassung Ergebnisse Umgang und Bewältigung (Maßnahmen)

<b>Art der Maßnahme</b>	<b>Methode</b>
Personenbezogene Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strategien zur Ausführung der Überwachungsaufgabe</li> <li>• genügend Schlaf vor der Arbeit</li> <li>• eine gute Work-Live-Balance</li> <li>• Vorfreude auf geplante Aktivitäten nach der Arbeit</li> </ul>
Technische Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akustische Alarme</li> <li>• Ausschalten von Automaten</li> <li>• Verfügbare Nebeninformationen zu Zügen</li> <li>• Helle Beleuchtung</li> <li>• Klimaanlage (Luftfeuchtigkeit, Temperatur)</li> <li>• Höhenverstellbare Arbeitsplätze</li> </ul>
Arbeitsorganisatorische Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgabenerweiterung durch Zusammenlegung von mehreren Bereichen</li> <li>• Tätigkeitsunterbrechungen</li> <li>• Tätigkeitswechsel in der Schichtmitte</li> <li>• Flexibler Tausch von Arbeitsplätzen</li> <li>• Arbeitsanreicherung durch Ausführen von nicht ZVL-spezifischen Tätigkeiten</li> <li>• Stellenwechsel</li> </ul>

Tabelle 30: Zusammenfassung Ergebnisse Umgang und Bewältigung (Copingstrategien)

Copingstrategien	Methode
Arbeitsbezogene Ablenkung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesen von Vorschriften</li> <li>• Vorarbeiten für zukünftige Aufgaben erledigen (z. B. für Bauarbeiten, die Checklisten bereitmachen und kontrollieren)</li> <li>• Lesen von Weiterbildungsunterlagen</li> <li>• Erledigen von Übungen zur Weiterbildung (z. B. im Intranet)</li> <li>• Beobachten von Problemen und Störungen in anderen Bereichen</li> </ul>
Nichtarbeitsbezogene Ablenkung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Musik hören</li> <li>• Privatgespräche mit Kollegen</li> <li>• Mithören von Gesprächen anderer</li> <li>• Aufsuchen der Verpflegungspunkte (Essen/Trinken)</li> <li>• Herumlaufen im Raum/Kollegen im anderen Sektor besuchen</li> <li>• Rausgehen, um frische Luft zu schnappen/zum Rauchen</li> <li>• Surfen im Internet/soziale Medien</li> <li>• Zeitung lesen</li> <li>• Buch lesen</li> <li>• E-Mails bearbeiten (privat)</li> <li>• Spielen am Mobiltelefon oder Tablet</li> <li>• Börsenspekulation</li> <li>• Singen/Pfeifen</li> <li>• Trinken am Arbeitsplatz (Wasser, Kaffee, Tee)</li> </ul>

## 6.10 Diskussion

### *Erkenntnisse zu den Entstehungsbedingungen*

Im Vergleich mit der Theorie (Kapitel 3.3 Entstehungsbedingungen von Monotonie (als Zustand)) finden wir in den subjektiven Konzepten von Monotonie der ZVL die bereits bekannten Entstehungsbedingungen für Monotonie wieder. Ereignisarmut, Repetitivität und kognitive Bindung an

die Arbeitsaufgabe werden sowohl in der Theorie als auch in den geschilderten Beschreibungen der Betroffenen (vgl. 6.7 Ergebnisse zu den Entstehungsbedingungen) als Entstehungsbedingungen für Monotonie genannt. Die Aufgaben der Zugverkehrsleitung beinhalten entsprechend nicht nur einzelne Entstehungsbedingungen für Monotonie, sondern ein breites Spektrum.

Zusätzlich geben die ZVL aber noch andere, nicht in der Theorie genannte Entstehungsbedingungen für Monotonie an. Genannt wurden hierbei Elemente der Teamzusammensetzung, Erfahrung, Tagesform, Arbeitsdauer und räumlichen Umgebung. Unklar ist, ob diese zusätzlich genannten Bedingungen ursächlich für die Entstehung von Monotonie sind oder lediglich als verstärkend wirkende Faktoren agieren.

Für die Aufgaben in der Zugverkehrsleitung wird von den Befragten klar festgestellt, dass viele der genannten Entstehungsbedingungen nicht kontinuierlich bei der Arbeit gegeben sind, sondern typischerweise abhängig, z. B. von bestimmten Tageszeiten, Wochentagen und Arbeitsplätzen, verstärkt auftreten.

#### *Erkenntnisse zu den Symptomen*

Die von den ZVL genannten subjektiv wahrgenommenen Symptome (vgl. 6.8 Ergebnisse zu den Symptomen) decken sich ebenfalls zu großen Teilen mit den in der Theorie beschriebenen Erlebens- und Leistungskomponenten (3.2) von Monotonie. Müdigkeit, Langeweile und andere negative Emotionen sowie die Reduktion der Aufmerksamkeit bzw. der damit verbundenen Leistung werden von den ZVL in Übereinstimmung mit den theoretischen Grundlagen zu Monotonie berichtet. Insgesamt zeigen die auftretenden Symptome sowohl Problematiken für die Betroffenen ZVL als auch für das Bahnsystem als Ganzes auf.

Neu sind die Schilderungen von Nachwirkungen von Monotonie. Während, ausgehend von der Theorie, eine schnelle Reversibilität vom Zustand der Monotonie erwartet wird, schildern zumindest einige Betroffene Symptome, die noch mehrere Stunden nach einem Situationswechsel anhalten. Konkret genannt wurden schlechte Laune, Erschöpfung und Schlafprobleme. Unklar ist, warum diese Nachwirkungen bei einigen Betroffenen auftreten, bei anderen aber nicht. Möglicherweise gibt es individuelle Faktoren, die gegen die beschriebenen Nachwirkungen schützen. Denkbar ist auch, dass die Nachwirkungen erst nach häufigem Erleben von Monotonie über längere Zeiträume auftreten.

### *Erweiterung des Monotoniekonzepts*

Die qualitative Beschreibung der Entstehungsbedingungen und Erlebenskomponenten von Monotonie aus Sicht der Betroffenen erhöht das kontextuelle Verständnis des untersuchten Gegenstandsbereichs. Insbesondere die Hinweise auf bisher nicht berücksichtigte Faktoren, die zur Entstehung von Monotonie beitragen, sowie auf die beschriebenen Nachwirkungen vermögen es, das Konzept von Monotonie um zuvor unbekannte Facetten zu erweitern.

Konkrete Ergänzungen für das in dieser Arbeit verwendete Monotoniekonzept (vgl. Kapitel 3.5) sind die identifizierten Einflussfaktoren von Monotonie für Elemente der: Teamzusammensetzung, Erfahrung, Tagesform, Arbeitsdauer und der räumlichen Umgebung.

Für die Beschreibung der Symptome muss das Konzept erweitert werden um die Erkenntnis, dass es keine umfassende, schnelle Reversibilität aller Symptome, sondern verschiedene kurz- und mittelfristig anhaltende Nachwirkungen gibt.

### *Erkenntnisse zu Umgang und Bewältigung*

In Bezug auf Umgang und Bewältigung von Monotonie gibt es von den Interviewten eine Vielzahl von Maßnahmenvorschlägen, die bereits eingesetzt oder gewünscht werden. Es werden sowohl personenbezogene, technische und arbeitsorganisatorische Maßnahmen genannt. Die Maßnahmen decken sich z. T. mit den in der Literatur gefundenen (vgl. Kapitel 4), wobei auch einige neue Ideen genannt werden.

Genannte personenbezogene Maßnahmen fokussieren im Gegensatz zu den in der Literatur erwähnten eher auf Vorbereitung gegen Monotonie durch genügend Schlaf, eine gute Work-Live-Balance und Planen von Aktivitäten nach der Arbeit. Die genannten Strategien zur Ausführung der Überwachungsaufgabe könnten als inhaltlicher Bestandteil eines Trainings zum Umgang mit Monotonie genutzt werden.

Die technischen Maßnahmen, die genannt wurden, dienen einerseits der Optimierung der physikalischen Arbeitsbedingungen (Licht, Luftfeuchtigkeit, Temperatur), andererseits der Anreicherung der Arbeit durch Information, Reize (Akustik) und Aufgaben. Besonders bemerkenswert ist der Wunsch von Betroffenen, verschiedene Automatisierungen ausschalten zu können als Maßnahme gegen Monotonie, da in der Literatur teilweise gerade die Automatisierung selbst als Lösung gesehen wird (vgl. 4.2.4 Mechanisierung/Automatisierung) (Demerouti et al., 2012).

Die arbeitsorganisatorischen Maßnahmen decken sich weitgehend mit den in der Literatur beschriebenen. Für die organisatorischen Maßnahmen wurden keine neuen Ideen genannt, jedoch wurden bestehende Ideen für den Kontext der Aufgaben in der Zugverkehrsleitung konkretisiert. Die von den ZVL genannten Copingstrategien, die arbeitsbezogene und die nichtarbeitsbezogene Ablenkung, sind bezogen auf die Erledigung der Arbeitsaufgabe als ungeeignet einzustufen. Während Strategien zur Selbstablenkung gegebenenfalls geeignet sein können, Monotoniezustände zu verhindern oder zu unterbrechen, sind sie mit wenigen Ausnahmen (z. B. Wassertrinken am Arbeitsplatz) nicht vereinbar mit den Aufgaben der ZVL.

Insgesamt konnten durch den Einbezug von Betroffenen viele Gestaltungshinweise zur Bewältigung monotonieerzeugender Situationen im Kontext der Zugverkehrsleitung und bei Überwachungsaufgaben im Allgemeinen gesammelt werden. Eine Prüfung der Maßnahmen auf ihre Eignung zur Reduktion von Monotonie im Kontext einer Überwachungsaufgabe, wie sie in der Zugverkehrsleitung gegeben ist, muss individuell erfolgen.

#### *Bedeutung der Ergebnisse für die nachfolgenden Untersuchungen*

Die Ergebnisse bestätigen den Fokus auf die verschiedenen Entstehungsbedingungen und Symptome von Monotonie, die für die Fragestellungen (Kapitel 5) aus der Theorie abgeleitet werden. Die Ergebnisse geben Hinweise für die quasiexperimentelle Variation von monotonieerzeugenden Bedingungen durch bestimmte Wochentage (U2). Sie zeigen verschiedene Kontrollvariablen auf, die in den nachfolgenden Untersuchungen berücksichtigt werden sollten. Dies sind die besonderen Ereignisse (z.B. Störfälle), Ablenkungen durch andere Personen und die Testumgebung (z.B. Raumgestaltung).

## 7 U2: Empirische Untersuchung der Ursachen von Monotonie bei Zugverkehrsleitenden

Die zweite Untersuchung (U2) thematisiert die Entstehungsbedingungen von Monotonie bei ZVL. Zu diesem Zweck wurde ein quasiexperimentelles Design mit Erhebungen im Feld umgesetzt.

### 7.1 Ziel

Ziel dieser Untersuchung ist die Ermittlung des Einflusses von spezifischen Bedingungen in der Zugverkehrsleitung auf Monotonie. Der Fokus liegt dabei auf Unterbelastung als Bedingung, wie sie in der praktischen Arbeit der ZVL vorkommt.

Während verschiedene Aufgabenmerkmale der Zugverkehrsleitung zum Zustand von Monotonie bei ZVL beitragen können, ist es bisher unklar, welche der Aufgabenmerkmale wie stark zu der Entstehung von Monotonie beitragen (Kapitel 5.1.1). Die kognitive Bindung an die Arbeitsaufgabe ist aufgabenimmanent und verändert sich bei der Aufgabenausführung in der Zugverkehrsleitung nicht. Im Gegensatz dazu kann die Belastung in der praktischen Arbeit der ZVL variieren.

Unterbelastung wird durch die Aufgabenmerkmale Repetitivität und Ereignisarmut hervorgerufen. In der praktischen Arbeit in der Zugverkehrsleitung tauchen die Aufgabenmerkmale Repetitivität und Ereignisarmut typischerweise gemeinsam bzw. konfundiert auf. Eine Trennung dieser Merkmale ist in der vorliegenden Untersuchung aus diesem Grund nicht möglich. Eine experimentell getrennte Betrachtung des Einflusses beider Merkmale wird deshalb eines der Ziele der nachfolgenden Untersuchung in Kapitel 8 sein.

### 7.2 Fragestellung

In der zweiten Untersuchung soll folgende Fragestellung beantwortet werden:

Welchen Einfluss hat Unterbelastung auf Erleben und physiologische Kennzeichen des Syndroms Monotonie in der Zugverkehrsleitung über die Zeit?

Diese Fragestellung bezieht sich auf die übergreifende Fragestellung 1 zu den Entstehungsbedingungen (Kapitel 5.1.1) und spezifiziert diese.

Wie bereits in Kapitel 3.3.3 beschrieben, wird vermutet, dass Unterbelastung wesentlich zur Entstehung von Monotonie in der Zugverkehrsleitung beiträgt. Unterbelastung in der Zugverkehrsleitung entsteht abhängig von verschiedenen situativen Faktoren, die jedoch häufig gemeinsam auftreten. Zu diesen Faktoren gehören in der Praxis insbesondere (1) ein geringes Verkehrsaufkommen, (2) fahrplanmäßiger Verkehr (keine Verspätungen, Störungen), (3) wiederkehrende Abläufe im Fahrplan. Gemeinsam treten diese Faktoren typischerweise an Wochenenden sowie in Neben- und Nachtverkehrszeiten auf (vgl. U1 Abschnitt 6.7 Ergebnisse zu den Entstehungsbedingungen).

Die beiden mit Unterbelastung verbundenen Aufgabenmerkmale Ereignisarmut und Repetitivität beinhalten beide eine Zeitkomponente. Ereignisarmut bezieht sich auf eine Anzahl Ereignisse pro Zeiteinheit, wobei längere Zeiten ohne Ereignisse als ereignisärmer wahrgenommen werden. Repetitivität bezieht sich auf Wiederholungen und erhöht sich in Zyklen mit der Zeit. Entsprechend dürfte die Dauer ohne Ereignisse bzw. die Gesamtzahl von Wiederholungen bei einer Tätigkeit für die Entstehung von Monotonie von Bedeutung sein.

Monotonie zeigt sich in einem subjektiven Monotonieerleben sowie in den kardiologischen Merkmalen einer reduzierten Herzrate und einer erhöhten Herzratenvariabilität (vgl. Abschnitt 3.2.3 Physiologische Komponenten).

Entsprechend leiten sich aus der genannten Fragestellung für die Untersuchung folgende Hypothesen ab.

### **7.3 Hypothesen**

Für das Ziel und die Fragestellung der Untersuchung lassen sich drei Hypothesen, die sich auf die Entwicklung verschiedener Symptome von Monotonie beziehen, ableiten. H1 bezieht sich auf das Monotonieerleben, H2 auf die Herzrate (HR) und H3 auf die Herzratenvariabilität (RMMSD). Für jede Hypothese sind drei Unterhypothesen formuliert, die sich auf den Einfluss von Belastung (a), Zeit (b) und die Interaktion von Belastung und Zeit (c) beziehen.

Tabelle 31: Alle Hypothesen und Unterhypothesen U2

<b>H1</b>	<b>Monotonieerleben, als Symptom von Monotonie, bei ZVL verändert sich in Abhängigkeit von Belastung und Zeit.</b>
<b>H1a</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung ist das Monotonieerleben bei ZVL höher im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.
<b>H1b</b>	Das Monotonieerleben verstärkt sich bei ZVL während einer Schicht über die Zeit.
<b>H1c</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung steigt das Monotonieerleben bei ZVL stärker an im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.
<b>H2</b>	<b>Die Herzrate (HR), als Symptom von Monotonie, verändert sich bei den ZVL in Abhängigkeit von Belastung und Zeit.</b>
<b>H2a</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung ist die Herzrate (HR) bei ZVL tiefer im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.
<b>H2b</b>	Die Herzrate (HR) sinkt bei ZVL während einer Schicht über die Zeit.
<b>H2c</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung sinkt die Herzrate (HR) bei ZVL stärker ab im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.
<b>H3</b>	<b>Die Herzratenvariabilität (RMSSD), als Symptom von Monotonie, verändert sich bei den ZVL in Abhängigkeit von Belastung und Zeit.</b>
<b>H3a</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung ist die Herzratenvariabilität (RMSSD) bei ZVL höher im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.
<b>H3b</b>	Die Herzratenvariabilität (RMSSD) steigt bei ZVL während einer Schicht über die Zeit.
<b>H3c</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung steigt die Herzratenvariabilität (RMSSD) bei ZVL stärker an im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.

## 7.4 Methode

### 7.4.1 Stichprobe

Bei den Teilnehmenden der zweiten Untersuchung handelt es sich um eine anfallende Stichprobe. Die Teilnahmen wurden dabei von einem Mitarbeiter des Praxispartners SBB koordiniert. Ca. 150 aktiv in den SBB als Zugverkehrsleitende arbeitende Personen aus der Region bzw. der Betriebszentrale Mitte wurden per E-Mail für eine Teilnahme an den Datenerhebungen angefragt. Die ZVL

wurden dabei über das Thema der Untersuchung und den Ablauf, im Falle einer Teilnahme, informiert. Die Teilnahme war freiwillig.

An der Untersuchung nahmen insgesamt 35 aktiv als ZVL arbeitende Personen teil. Die Stichprobe bestand aus 27 männlichen und 8 weiblichen ZVL. Die Teilnehmenden waren im Alter zwischen 20 und 61 Jahren ( $M = 37.17$ ,  $SD = 9.48$ ). Die durchschnittliche Berufserfahrung der Teilnehmenden lag bei  $M = 11.98$  Jahren ( $SD = 10,5$  Jahre). Der Anstellungsgrad lag zwischen 40 % und 100 % ( $M = 90.29\%$ ,  $SD = 18.5\%$ ).

#### 7.4.2 Design

Die Prüfung der Hypothesen wurde in einem quasiexperimentellen Feldexperiment in einem 2x3 within-subjects Design realisiert. Dabei wurden Erleben und physiologische Kennzeichen des Syndroms Monotonie bei ZVL in zwei unterschiedlich belastenden Schichten an jeweils drei Zeitpunkten erhoben.

Die abhängigen Variablen wurden zu diesem Zweck auf unterschiedliche Weise operationalisiert. Als Kennzeichen für das Erleben von Monotonie wurde das Monotonieempfinden<sup>6</sup> auf einer Single-Item-Skala mittels einer Selbsteinschätzung der Versuchspersonen beurteilt.

Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles <u>Monotonieempfinden</u> in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment empfinde ich die Arbeit als...									
gar nicht monoton								sehr monoton	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Abbildung 14: Single-Item-Skala zur Messung des Erlebens von Monotonie

Als physiologische Kennzeichen des Syndroms Monotonie wurden die Herzrate und Herzratenvariabilität mit einem EKG aufgezeichnet. Für die Herzrate wurde die durchschnittliche Anzahl der Herzschläge pro Minute über einen Zeitraum von 30 Minuten erfasst. Für die Herzratenvariabilität

<sup>6</sup> In der psychologischen Fachliteratur gibt es für die Begriffe „Erleben“ und „Empfinden“ unterschiedliche Definitionen (vgl. Bergius, 2014). In der vorliegenden Arbeit werden sie synonym verwendet.

wurde das Maß RMSSD (Quadratwurzel der quadrierten Differenzen des Mittelwertes der Abweichungen aufeinanderfolgender RR-Intervalle, vgl. Kapitel 3.4.3) über einen Zeitraum von 30 Minuten berechnet.

Unabhängige Variablen waren die Belastung und der zeitliche Verlauf während der Schicht. Als Bedingung für eine tiefe Belastung wurden Daten aus Arbeitsschichten am Wochenende, für eine normale Belastung Daten unter der Woche erfasst. Für ZVL sind Arbeitsschichten an Wochenenden durch ein generell geringes Verkehrsaufkommen, fahrplanmäßigen Verkehr (keine Verspätungen, Störungen) und wiederkehrende Abläufe im Fahrplan gekennzeichnet. Diese Faktoren tragen jeweils zu einer tiefen Belastung von ZVL bei. Unter der Woche trägt insbesondere der stärkere Verkehr zu den Hauptverkehrszeiten zu einer normalen Belastung von ZVL bei. Die Veränderung der Situation (unter der Woche / am Wochenende) wird als Manipulation der unabhängigen Variable interpretiert und ist entsprechend als quasi-experimentell einzuordnen (Shadish, Cook & Campbell, 2002).

Der zeitliche Verlauf wurde anhand von drei Messpunkten erfasst. Als Messzeitpunkte wurden Daten direkt nach Schichtbeginn (T0), in der Schichtmitte (T1, vor der Pause) und vor Schichtende (T2) erhoben (Abbildung 17).

Tabelle 32: Unabhängige Variablen U2

		<b>Belastung</b>	
		<b>tief</b>	<b>normal</b>
<b>Zeitpunkt</b>	<b>Schichtbeginn T0</b>	alle Versuchspersonen	alle Versuchspersonen
	<b>Schichtmitte T1</b>	alle Versuchspersonen	alle Versuchspersonen
	<b>Schichtende T2</b>	alle Versuchspersonen	alle Versuchspersonen

In Tabelle 33 werden verschiedene in der Untersuchung berücksichtigte Kontrollvariablen aufgelistet. Für jede Kontrollvariable wird aufgezeigt, welchen Einfluss diese auf die Untersuchung haben könnte und wie in der vorliegenden Untersuchung damit umgegangen wurde.

Tabelle 33: Kontrollvariablen U2

Kontrollvariable	Einfluss	Umgang in der Untersuchung
Tageszeit	Der zirkadiane Rhythmus kann die Herzrate und Herzratenvariabilität verändern.	Fixierung: Die Untersuchungen fanden immer zu den gleichen Tageszeiten (Mittelschicht ca. von 12:00–20:00 Uhr) statt.
Tageszeit	Das Verkehrsaufkommen und damit die Belastung variieren je nach Tageszeit.	Fixierung: Die Untersuchungen fanden immer zu den gleichen Tageszeiten (Mittelschicht ca. von 12:00 Uhr–20:00 Uhr) statt.
Bindung an die Arbeitsaufgabe	Die aufgabenbedingte kognitive Bindung an die Tätigkeit kann einen starken Einfluss auf das Entstehen von Monotonie haben (vgl. Kapitel 3.4.1).	Fixierung: Die Überwachungsaufgabe der ZVL ist für alle Erhebungen und Messzeitpunkte konstant. Sie erfordert eine enge kognitive Kopplung (Grote, 1997).
Gewohnte Arbeitszeit	Ungewöhnliche Arbeitszeiten könnten die Entstehung von Monotonie beeinflussen.	Fixierung: Die Untersuchungen fanden für die Teilnehmenden in der geplanten Schichtrotation mit den gewohnten Uhrzeiten, Arbeitsdauern und Pausenablösungen statt.
Gewohnte Arbeitsbedingungen	Arbeit an einem ungewohnten Arbeitsplatz könnte die Entstehung von Monotonie beeinflussen.	Fixierung: Die Untersuchungen fanden für die Teilnehmenden an ihren jeweils gewohnten Arbeitsplätzen während des Realbetriebs statt.
Besondere Ereignisse	Störfälle oder Unfälle im Bahnbetrieb könnten die Entstehung von Monotonie beeinflussen.	Kontrolle: Daten aus Erhebungen, bei denen eine Ereignischeckliste (Störfälle oder Unfälle) verwendet wurde, wurden in der Auswertung entsprechend mit der Variable „Ereignis“ berücksichtigt.
Funktion	Die Ausführung von anderen oder zusätzlichen Funktionen im Bahnbetrieb könnte die Entstehung von Monotonie beeinflussen.	Kontrolle: Daten aus Erhebungen, bei denen die Teilnehmenden zusätzliche Funktionen (z. B. Instruktion von Auszubildenden) oder andere Funktionen als ZVL übernommen haben (Disponent Bahnverkehr, Assistent Disponent Bahnverkehr), wurden nicht in die Auswertung einbezogen.
Störung durch EKG-Messung	Ein störendes Gerät könnte ablenkend wirken und die Entstehung von Monotonie beeinflussen.	Reduktion: Verwendung eines leichten, kaum spürbaren EKG-Messgerätes, das unter der Kleidung getragen wird.
Störung durch die Befragung	Das Ausfüllen der Skala zum Monotonieerleben könnte entstandene Monotonie unterbrechen.	Reduktion: Die Zeitpunkte für das Ausfüllen der Skalen wurden so gewählt, dass sie mit durch die Arbeit gegebenen Unterbrechungen einhergingen (z. B. Pausen).

### 7.4.3 Datenerhebung

Die Datenerhebung fand von April bis August 2016 an 30 Tagen statt. Durchführungsort der Untersuchung war der Kontrollraum der Betriebszentrale Mitte in Olten, Schweiz.

Für die tiefe Belastungsbedingung (Wochenende) wurden 26 individuelle Erhebungen (je 3 Messzeitpunkte), für die normale Belastungsbedingung (unter der Woche) 33 Erhebungen durchgeführt. 24 Teilnehmende nahmen unter beiden Belastungsbedingungen an jeweils unterschiedlichen Tagen an der Untersuchung teil. In den Felderhebungen mussten Einschränkungen der Arbeitsplanung der Teilnehmenden (z. B. Schichtrotation, Ferienplanung, etc.) berücksichtigt werden, eine vollständige Erhebung (alle Teilnehmenden unter beiden Belastungsbedingungen wie nach Design geplant) war deshalb nicht umsetzbar. Aufgrund kurzfristiger Änderungen in den Schichteinteilungen konnten mehrere geplante Erhebungen nicht stattfinden. Wenn möglich wurde die Datenerhebung an einem anderen Datum nachgeholt, dies war jedoch nicht in allen Fällen praktikabel.

Die Erhebungen erfolgten während der regulären Arbeitszeiten und innerhalb der gewohnten Schichtrotation der teilnehmenden ZVL. Entsprechend fand keine randomisierte Zuteilung der Versuchspersonen zu den verschiedenen Belastungsbedingungen statt.

Alle Messungen wurden in der gleichen Arbeitsschicht vorgenommen. Die Mittelschicht (Abbildung 15) wurde für die Erhebungen ausgewählt, da der Belastungsunterschied zwischen Tagen am Wochenende und unter der Woche in dieser Schicht am größten ist. Grund dafür sind hauptsächlich die Hauptverkehrszeiten (Mittag und Abend) und der Güterverkehr unter der Woche bzw. ihre Abwesenheit am Wochenende.

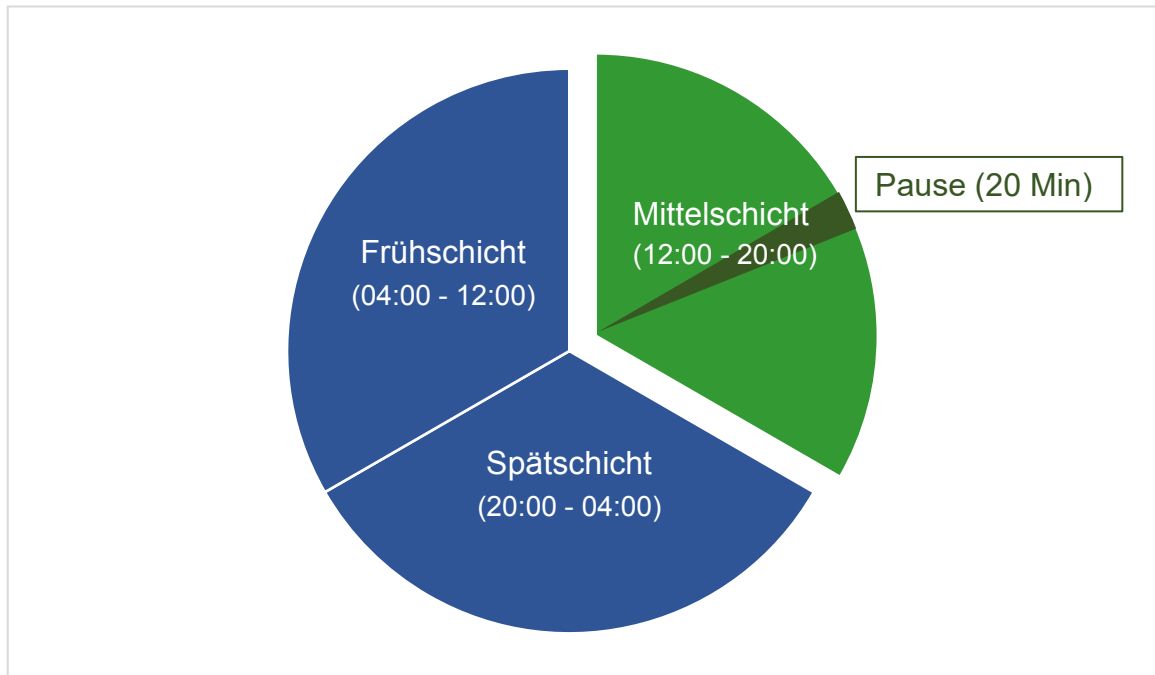


Abbildung 15: Arbeitsschichten in der Zugverkehrsleitung (die genauen Start- und Endzeiten können nach Arbeitsplatz variieren)

Direkt vor der Datenerhebung wurden die Teilnehmenden mit einem tragbaren Langzeit-EKG-Gerät (eMotion HRV) der Firma Mega Electronics ausgestattet. Das Gerät wiegt 16 Gramm und kann ohne Bewegungseinschränkungen unter der Kleidung getragen werden (Mega Electronics Ltd, 2013).

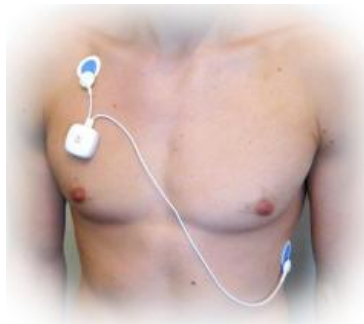


Abbildung 16: Verwendetes EKG Gerät (Bildquelle: Mega Electronics Ltd, 2013, S. 10)

Zusätzlich erhielten die Teilnehmenden auf Papier die Skalen zur Messung des Monotonieerlebens mit Instruktionen bezüglich des Zeitpunkts, wann diese auszufüllen sind.

In Abbildung 17 ist der zeitliche Verlauf der Datenerhebung dargestellt.

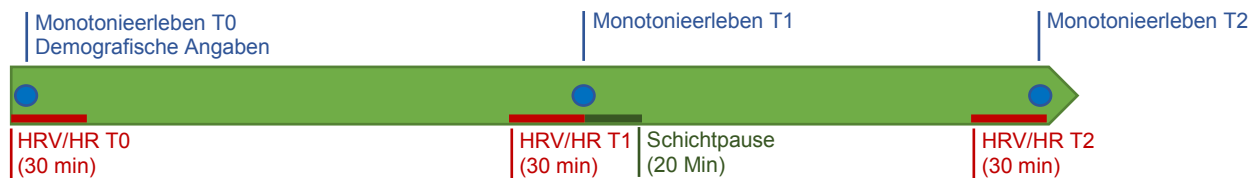


Abbildung 17: Ablauf der Datenerhebung in U2

Nach der Arbeitsschicht bzw. nach der Datenerhebung gaben die Teilnehmenden die EKG-Geräte und die ausgefüllten Skalen wieder ab.

#### 7.4.4 Auswertung

Für die statistischen Auswertungen wurde die Software R (R Core Team, 2014) verwendet.

Die Werte aus der Skala zur Messung des Monotonieerlebens wurden manuell von Papier in Excel übertragen, bevor sie zur Auswertung in R importiert wurden.

Zur Vorbereitung der EKG-Daten und für die Berechnungen der Herzrate (HR) und der Herzratenvariabilität (RMSSD) wurde die Software Kubios (Tarvainen & Niskanen, 2014) verwendet.

In einem ersten Schritt wurden die EKG-Daten visuell inspiziert und nach Messartefakten durchsucht. Messartefakte können durch die Messumgebung durch das Vorhandensein von Magneten, Elektronik und Radiofrequenzen (jeweils an Arbeitsplätzen von ZVL vorhanden) entstehen, als auch durch Kontaktprobleme der Elektroden und Bewegung (Saalasti, 2003). Nach der Inspektion wurde für alle EKG-Daten die gleiche automatische Artefaktkorrektur der Software Kubios (Tarvainen & Niskanen, 2014) mit dem Level „strong“ vorgenommen.

Nach Ergebnissen von Salo, Huikuri und Seppänen (2001) sind RMSSD-Werte sensitiv für Artefaktkorrekturen. Die verwendete Korrektur arbeitet mit einem Interpolationsverfahren, wodurch eine mögliche Verzerrung der Daten verringert wird (Salo et al., 2001). Bei dem ausgewählten Korrekturlevel kann davon ausgegangen werden, dass die in der Untersuchung verwendeten Werte (HR, RMSSD) nicht verzerrt werden (Aranda, De La Cruz & Naranjo, 2017). Der Verdeutlichung des Ergebnisses der Artefaktkorrektur auf die Daten eines Messzeitpunktes in der Erhebung dienen Abbildung 18 und Abbildung 19.

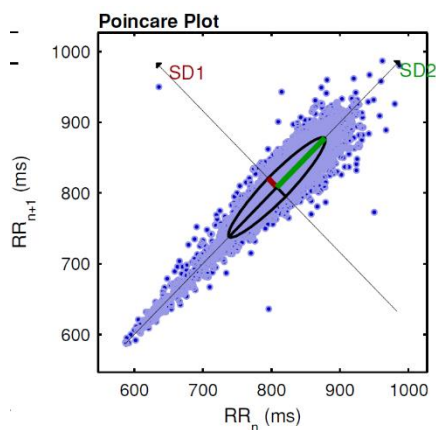


Abbildung 18: Bsp. EKG-Daten vor der Artefaktkorrektur

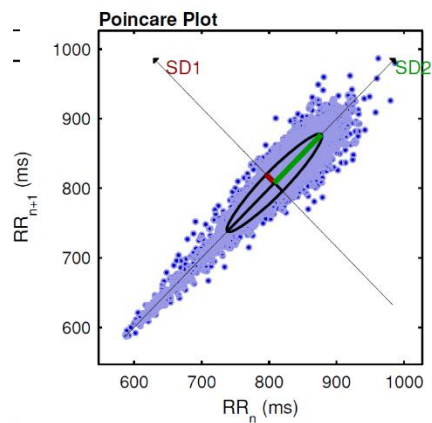


Abbildung 19: Bsp. EKG-Daten nach der Artefaktkorrektur

Bevor die EKG-Daten aus Kubios exportiert wurden, mussten die richtigen Zeitabschnitte für die auszuwertenden 30-Minuten-Intervalle ausgewählt werden. Für die genaue Bestimmung von Schichtbeginn (T0), Schichtmitte (T1) und Schichtende (T2) mussten die Teilnehmenden diese Zeitpunkte jeweils beim Ausfüllen der Skala zur Messung des Monotonieerlebens notieren. Die HR- und RMSSD-Daten für die entsprechenden Zeitintervalle wurden danach für die statistische Auswertung exportiert.

Zur Überprüfung der Hypothesen wurden Multilevelanalysen in R (nach Laird & Ware, 1982) durchgeführt. Die erhobenen Daten verfügen über eine hierarchische Struktur mit drei Ebenen:

1. Die Messzeitpunkte (T0, T1, T2)
2. Belastung (tief, normal)
3. Teilnehmende

Die Multilevelanalyse hat im Vergleich mit anderen statistischen Methoden für die vorliegende Untersuchung große Vorteile (Field, Miles & Field, 2012):

- Die hierarchische Struktur bzw. die Abhängigkeit der Daten werden berücksichtigt
- Der Einbezug von unvollständigen Datensätzen ist ohne Nachteile möglich. Es ist kein ausgewogenes Design (d. h. gleiche Anzahl an Fällen in allen Kombinationen der unabhängigen Variablen) notwendig, dadurch können auch Daten von Teilnehmenden, die nur an einem Tag teilgenommen haben, in den Auswertungen berücksichtigt werden.

### 7.4.5 Ausgeschlossene Daten

Insgesamt wurden Daten von fünf Erhebungen (à drei Messzeitpunkten) von der Auswertung ausgeschlossen.

Die Daten zweier Erhebungen wurden nicht verwendet, da während der ganzen Schicht jeweils ein Lernender am ZVL-Arbeitsplatz ausgebildet wurde. Durch eine solche Ausbildungssituation verändert sich die Aufgabe des ZVL grundlegend, wodurch ein Einbezug der erhobenen Daten in die vorliegende Untersuchung keinen Sinn macht.

Zwei Ausschlüsse von Datensätzen wurden wegen der Ausführung von anderen Funktionen am Arbeitsplatz vorgenommen. Anstatt der Funktion ZVL wurde die des DBV (Disponent Bahnverkehr) respektive des ADBV (Assistent Disponent Bahnverkehr) während der betroffenen Schicht übernommen. Da es sich dabei klar um andere Tätigkeiten handelt, mussten sie aus der Auswertung ausgeschlossen werden.

In einer Erhebung waren die EKG-Daten wegen Haftungsproblemen der Elektroden des Messgerätes lückenhaft und stark verzerrt (z. B. Herzrate von 158) und wurden deshalb nicht in die Auswertung einbezogen.

## 7.5 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden getrennt nach Monotonieerleben, Herzrate und Herzratenvariabilität dargestellt. Die Ergebnisdarstellung der statistischen Prüfung zu den Hypothesen in diesem Abschnitt folgt den Vorschlägen von Bolger und Laurenceau (2013) für Multilevelmodelle mit Längsschnittdaten.

### 7.5.1 Monotonieerleben

*Tabelle 34: Unterhypothesen zum Monotonieerleben U2*

Nr.	Hypothesen
<b>H1a</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung ist das Monotonieerleben bei ZVL höher im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.
<b>H1b</b>	Das Monotonieerleben verstärkt sich bei ZVL während einer Schicht über die Zeit.
<b>H1c</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung steigt das Monotonieerleben bei ZVL stärker an im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.

Die Mittelwerte zum Monotonieerleben der Teilnehmenden, abhängig von Belastung und Messzeitpunkt, sind in Tabelle 35 aufgeführt.

Tabelle 35: Ergebnisse deskriptiv zu Monotonieerleben U2

	Schichtbeginn T0	Schichtmitte T1	Schichtende T2
<b>Belastung normal</b>	3.10	3.87	4.13
<b>Belastung tief</b>	3.96	4.92	5.92
<b>Gesamt</b>	3.49	4.35	4.95

Anzahl der Beobachtungen=171

Abbildung 20 zeigt das Monotonieerleben in den beiden Belastungsbedingungen zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2. Die Balken geben die Mittelwerte an, mit den Antennen wird die jeweilige Standardabweichung (SD) aufgezeigt.

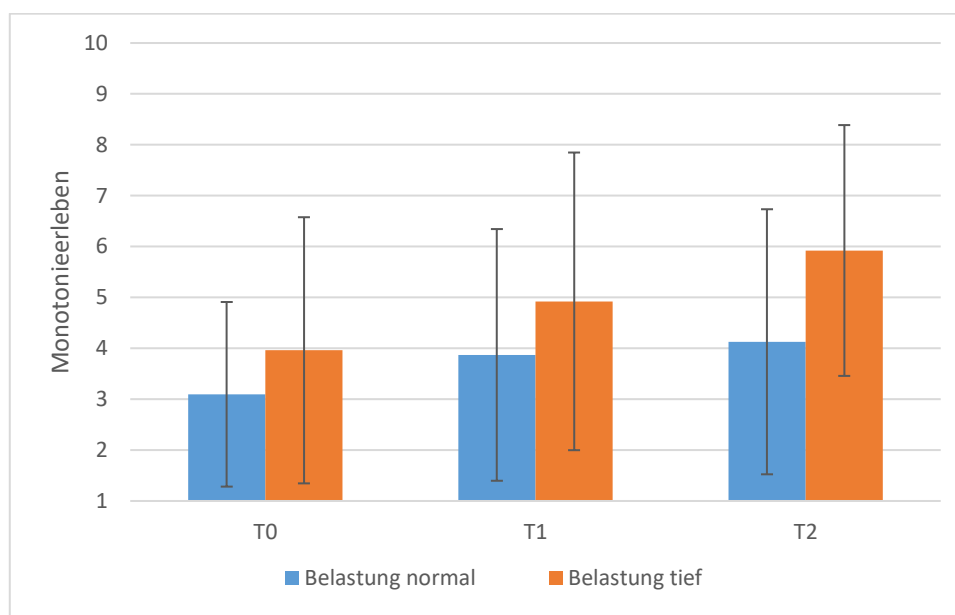


Abbildung 20: Monotonieerleben nach Belastung

Für die Kontrollvariable Ereignis zeigte sich, dass an insgesamt 8 Erhebungen bzw. 24 Messzeitpunkten (Belastung normal = 6, Belastung tief = 18) ein Ereignis auftrat, das ein Ausfüllen einer entsprechenden Checkliste erforderte (z. B. Fahrleitungsschaden, Schaden am Gleis, Systemstörung, Totalunterbruch einer Strecke). Die Kontrollvariable Ereignis wurde für die Datenanalyse als Kovariate in das Multilevelmodell aufgenommen.

Bei der Überprüfung der Daten nach erwarteten Mehrebenenstrukturen wird der Intraklassenkorrelationskoeffizient (ICC) erhoben. Der ICC1 repräsentiert die Abhängigkeit von Werten auf Ebene 1 (z. B. Monotonieerleben zu den einzelnen Messzeitpunkten) von der Gruppierung auf

Ebene 3 (Teilnehmende). Während Standard-Regressionsmodelle eine bedingte Unabhängigkeit der Werte auf verschiedenen Ebenen annehmen, berücksichtigen Multilevelmodelle diese Abhängigkeiten. Entsprechend muss bei einer festgestellten Abhängigkeit ( $ICC1 > 0.1$  (Bliese, 1998)) ein Multilevelmodell anstatt eines Standard-Regressionsmodells verwendet werden. Der ICC2 repräsentiert die Reliabilität der Mittelwerte auf Ebene 3 (Teilnehmende). Als Voraussetzung für eine Multilevelanalyse gelten ICC2-Werte  $< 0.40$  als schlecht, die von  $0.40$  bis  $0.75$  sind fair bis gut und die  $> 0.75$  sind ausgezeichnet (Fleiss, 1986).

Der geschätzte Intraklassenkorrelationskoeffizient ist  $ICC1 = 0.32$ . Insgesamt sind also 32 % der Variabilität der Daten auf Ebene 1 auf Unterschiede der Teilnehmenden hinsichtlich des Monotonieerlebens zurückzuführen und eine Multilevelanalyse ist indiziert (Bliese, 1998; LeBreton & Senter, 2008). Der geschätzte Intraklassenkorrelationskoeffizient ist  $ICC2 = 0.70$ , damit ist auch eine gute Reliabilität der Teilnehmendenmittelwerte von Monotonieerleben für eine Multilevelanalyse gegeben (Fleiss, 1986).

Das Erkenntnisinteresse der Anwendung des verwendeten Multilevelmodells (Random-Intercept-Modell) mit Kovariate bestand darin zu prüfen, inwiefern die abhängige Variable (Monotonieerleben) des Modells mit den aufgenommenen Prädiktorvariablen (Belastung, Messzeitpunkt) unter Berücksichtigung der Kontrollvariable (Ereignis) zusammenhängt. Bei der Modellerstellung wurden ggf. vorliegende, zeitstabile Unterschiede der Teilnehmenden mitmodelliert.

#### *Hypothesenprüfung (H1a, H1b, H1c)*

Das Ergebnis der statistischen Prüfung der Hypothesen zum Monotonieerleben ist im oberen Teil von Tabelle 36 unter *Fixed Effects* dargestellt.

In der Sektion der festen Effekte zeigt sich für den Intercept ein Schätzer  $\beta = 3.17$ . Das bedeutet, dass die geschätzte mittlere Ausprägung des Monotonieerlebens für eine normale Belastung bei Messzeitpunkt T0 ohne Ereignis bei 3.17 Punkten liegt.

Bei tiefer Belastung steigt der geschätzte Wert des Monotonieerlebens um 1.36 Punkte. Dieser Anstieg ist bei einem  $p < 0.01$  signifikant.

Für jeden folgenden Messzeitpunkt (T1, T2) steigt der Schätzer des Monotonieerlebens um 0.52 Punkte signifikant ( $p < 0.05$ ) an.

Eine Interaktion von Belastung und Messzeitpunkt kann nicht aufgezeigt werden.

Der Einfluss von Ereignissen auf das Monotonieerleben während der Messung wurde im Modell berücksichtigt. Beim Vorhandensein eines Ereignisses sank der Schätzer  $\beta$  des Monotonieerlebens um 1.85 Punkte ( $p < 0.001$ ) signifikant.

Tabelle 36: Parameterschätzungen für das Multilevelmodell zu Monotonieerleben als Funktion von Belastung und Messzeitpunkt

	Schätzer		<i>df</i>	<i>t</i>	95%- Konfidenzintervall	
	$\beta$	SE			Untere Intervallgrenze	Obere Intervallgrenze
<i>Fixed Effects</i>						
<b>Intercept</b>	3.17***	0.41	132	7.80	2.37	3.97
<b>Belastung</b>	1.36**	0.47	132	2.86	0.42	2.30
<b>Messzeitpunkt</b>	0.52*	0.23	132	2.20	0.05	0.98
<b>Ereignis</b>	-1.85***	0.53	132	-	-2.90	-0.79
				3.48		
<b>Belastung x Messzeitpunkt</b>	0.47	0.35	132	1.34	-0.22	1.15
<i>Random effect</i>						
	<i>Varianz</i>					
<b>Intercept</b>	1.54				1.11	2.12
<b>Residual</b>	1.85				1.64	2.09

Anzahl der Beobachtungen=171; Anzahl der Personen=35; AIC=757.5262; BIC=779.3101

\*\*\* $p < 0.001$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \* $p < 0.05$

## 7.5.2 Herzrate

Tabelle 37: Hypothese und Unterhypothesen zur Herzrate U2

Nr.	Hypothesen
<b>H2a</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung ist die Herzrate (HR) bei ZVL tiefer im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.
<b>H2b</b>	Die Herzrate (HR) sinkt bei ZVL während einer Schicht über die Zeit.
<b>H2c</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung sinkt die Herzrate (HR) bei ZVL stärker ab im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.

Die Mittelwerte der Herzrate der Teilnehmenden, abhängig von Belastung und Messzeitpunkt, sind in Tabelle 38 aufgeführt.

Tabelle 38: Ergebnisse deskriptiv zu Herzrate U2

	Schichtbeginn T0	Schichtmitte T1	Schichtende T2
<b>Belastung normal</b>	84.02	73.67	77.64
<b>Belastung tief</b>	81.83	74.07	74.75
<b>Gesamt</b>	83.00	73.85	76.30

Anzahl der Beobachtungen=166

Abbildung 21 zeigt die Herzrate in den beiden Belastungsbedingungen zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2.

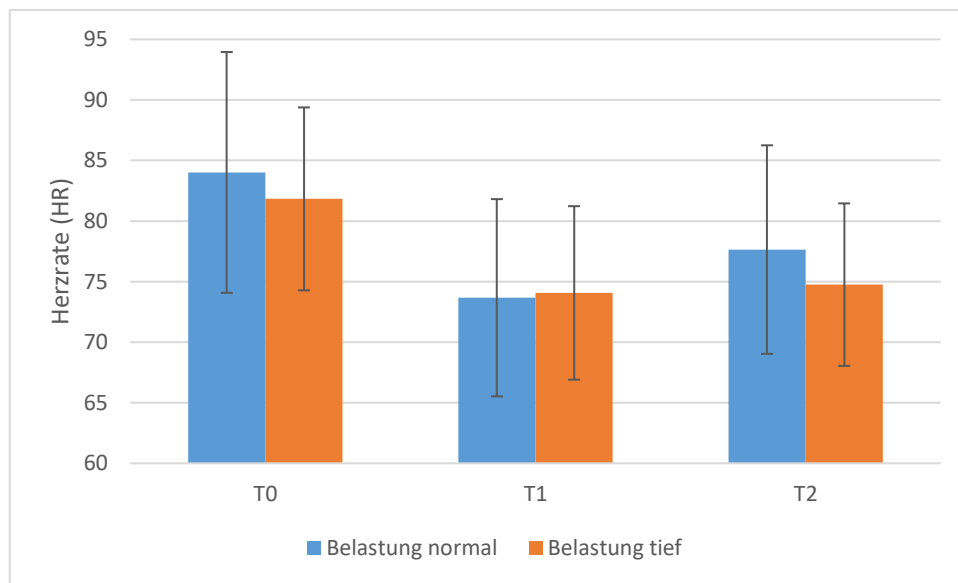


Abbildung 21: Herzrate nach Belastung

Für die Kontrollvariable Ereignis zeigte sich, dass bei insgesamt 8 Erhebungen ein Ereignis auftrat, das ein Ausfüllen einer entsprechenden Checkliste erforderte (vgl. Abschnitt 7.5.1).

Der geschätzte Intraklassenkorrelationskoeffizient ist  $ICC1 = 0.33$ . Insgesamt sind also 33 % der Variabilität der Daten auf Ebene 1 auf Unterschiede der Personen hinsichtlich der Herzrate zurückzuführen und eine Multilevelanalyse ist indiziert (Bliese, 1998; LeBreton & Senter, 2008). Der geschätzte Intraklassenkorrelationskoeffizient ist  $ICC2 = 0.70$ , damit ist auch eine gute Reliabilität der Gruppenmittelwerte von Herzrate für eine Multilevelanalyse gegeben (Fleiss, 1986).

Das Erkenntnisinteresse der Anwendung des verwendeten Multilevelmodells (Random-Intercept-Modell) mit Kovariate bestand darin zu prüfen, inwiefern die abhängige Variable (Herzrate) des

Modells mit den aufgenommenen Prädiktorvariablen (Belastung, Messzeitpunkt) unter Berücksichtigung der Kontrollvariable (Ereignis) zusammenhängt. Bei der Modellerstellung wurden ggf. vorliegende, zeitstabile Unterschiede der Teilnehmenden mitmodelliert.

### *Hypothesenprüfung (H2a, H2b, H2c)*

Das Ergebnis der statistischen Prüfung der Hypothesen zur Herzrate ist im oberen Teil von Tabelle 39 unter *Fixed Effects* dargestellt.

In der Sektion der festen Effekte zeigt sich für den Intercept ein Schätzer  $\beta = 82.08$ . Das bedeutet, dass die geschätzte, mittlere Ausprägung der Herzrate (HR) für eine normale Belastung bei Messzeitpunkt T0 ohne Ereignis bei 82.08 liegt.

Bei tiefer Belastung sinkt der geschätzte Wert der Herzrate um 2.88 Punkte signifikant ( $p < 0.05$ ) ab.

Für jeden folgenden Messzeitpunkt (T1, T2) sinkt der Schätzer der Herzrate um 3.19 Punkte signifikant ( $p < 0.001$ ) ab.

Eine Interaktion von Belastung und Messzeitpunkt kann nicht aufgezeigt werden. Für den Einfluss von Ereignissen auf die Herzrate während der Messung wurde kontrolliert  $p = n.s.$

Tabelle 39: Parameterschätzungen für das Multilevelmodell zu Herzrate als Funktion von Belastung und Messzeitpunkt

	Schätzer $\beta$	SE	df	t	95%- Konfidenzintervall	
					Untere Intervall- grenze	Untere Intervall- grenze
<i>Fixed Effects</i>						
<b>Intercept</b>	82.08***	1.53	127	53.61	79.05	85.11
<b>Belastung</b>	-2.88*	1.72	127	-1.68	-6.28	0.52
<b>Messzeitpunkt</b>	-3.19***	0.85	127	-3.75	-4.87	1.50
<b>Ereignis</b>	1.46	1.98	127	0.74	-2.46	5.38
<b>Belastung x Messzeitpunkt</b>	-0.35	1.25	127	-0.28	-2.82	2.12
<i>Random effect</i>						
	Varianz					
<b>Intercept</b>	6.00				4.35	8.27
<b>Residual</b>	6.59				5.82	7.46

Anzahl der Beobachtungen=166; Anzahl der Personen=35; AIC= 1150.07; BIC= 1171.64

\*\*\* $p < 0.001$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*  $p < 0.05$

### 7.5.3 Herzratenvariabilität

Tabelle 40: Unterhypothesen zur Herzratenvariabilität U2

Nr.	Hypothesen
<b>H3a</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung ist die Herzratenvariabilität (RMSSD) bei ZVL höher im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.
<b>H3b</b>	Die Herzratenvariabilität (RMSSD) steigt bei ZVL während einer Schicht über die Zeit.
<b>H3c</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung steigt die Herzratenvariabilität (RMSSD) bei ZVL stärker an im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.

Die Mittelwerte der Herzratenvariabilität der Teilnehmenden, abhängig von Belastung und Messzeitpunkt, sind in Tabelle 41 aufgeführt.

Tabelle 41: Ergebnisse deskriptiv zu Herzratenvariabilität U2

	Schichtbeginn T0	Schichtmitte T1	Schichtende T2
<b>Belastung normal</b>	24.95	36.66	30.92
<b>Belastung tief</b>	25.05	34.63	33.73
<b>Gesamt</b>	25.00	35.72	32.23

Anzahl der Beobachtungen=166

Abbildung 22 zeigt die Herzratenvariabilität in den beiden Belastungsbedingungen zu den Messzeitpunkten T0, T1 und T2.

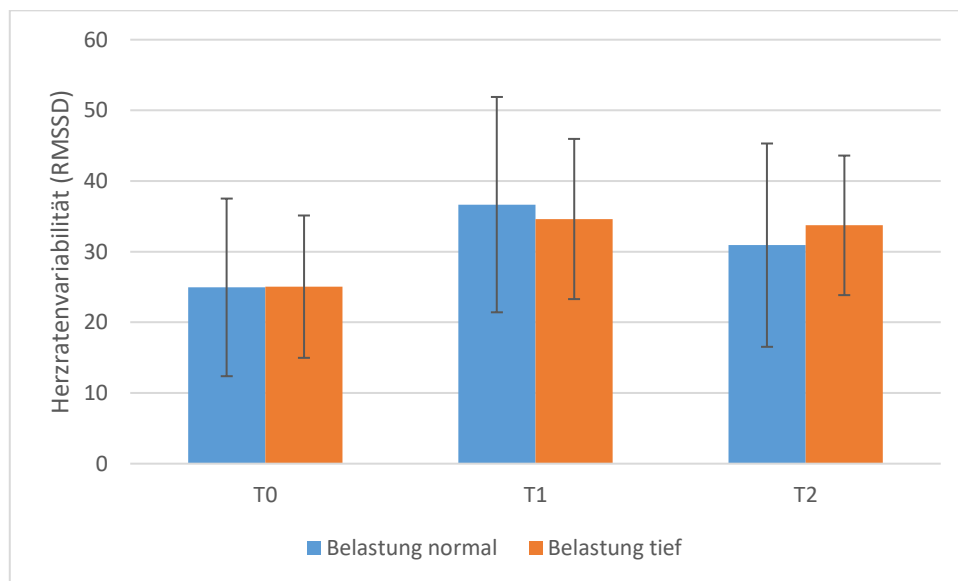


Abbildung 22: Herzratenvariabilität nach Belastung

Für die Kontrollvariable Ereignis zeigte sich, dass an insgesamt 8 Erhebungen ein Ereignis auftrat, das ein Ausfüllen einer entsprechenden Checkliste erforderte (vgl. Abschnitt 7.5.1).

Der geschätzte Intraklassenkorrelationskoeffizient ist  $ICC1 = 0.51$ . Insgesamt sind also 51 % der Variabilität der Daten auf Ebene 1 auf Unterschiede der Personen hinsichtlich der Herzratenvariabilität zurückzuführen und eine Multilevelanalyse ist indiziert (Bliese, 1998; LeBreton & Senter, 2008). Der geschätzte Intraklassenkorrelationskoeffizient ist  $ICC2 = 0.83$ , damit ist auch eine ausgezeichnete Reliabilität der Gruppenmittelwerte von Herzratenvariabilität für eine Multilevelanalyse gegeben (Fleiss, 1986).

Das Erkenntnisinteresse der Anwendung des verwendeten Multilevelmodells (Random-Intercept-Modell) mit Kovariate bestand darin zu prüfen, inwiefern die abhängige Variable (Herzratenvariabilität) des Modells mit den aufgenommenen Prädiktorvariablen (Belastung, Messzeitpunkt) unter Berücksichtigung der Kontrollvariable (Ereignis) zusammenhängt. Bei der Modellerstellung wurden ggf. vorliegende, zeitstabile Unterschiede der Teilnehmenden mitmodelliert.

#### *Hypothesenprüfung (H3a, H3b, H3c)*

Das Ergebnis der statistischen Prüfung zu den Hypothesen zur Herzratenvariabilität ist im oberen Teil von Tabelle 42 unter *Fixed Effects* dargestellt. In der Sektion der festen Effekte zeigt sich für den Intercept ein Schätzer  $\beta = 27.23$ . Das bedeutet, dass die geschätzte, mittlere Ausprägung der Herzratenvariabilität (RMSSD) für eine normale Belastung bei Messzeitpunkt T0 ohne Ereignis bei 27.23 Punkten liegt. Bei tiefer Belastung steigt der geschätzte Wert der Herzratenvariabilität nicht signifikant an. Für jeden folgenden Messzeitpunkt (T1, T2) steigt der Schätzer der Herzratenvariabilität um 2.99 Punkte signifikant ( $p < 0.01$ ) an.

Eine Interaktion von Belastung und Messzeitpunkt kann nicht aufgezeigt werden. Für den Einfluss von Ereignissen auf die Herzratenvariabilität während der Messung wurde kontrolliert  $p = n.s.$ .

Tabelle 42: Parameterschätzungen für das Multilevelmodell zu Herzratenvariabilität als Funktion von Belastung und Messzeitpunkt

	Schätzer $\beta$	SE	df	t	95%- Konfidenzintervall	
					Untere Intervall- grenze	Untere Intervall- grenze
<i>Fixed Effects</i>						
<b>Intercept</b>	27.23***	2.25	127	12.13	22.79	31.67
<b>Belastung</b>	1.75	2.26	127	0.78	-2.71	6.22
<b>Messzeitpunkt</b>	2.99**	1.11	127	2.70	0.79	5.18
<b>Ereignis</b>	-2.48	2.68	127	-0.93	-7.78	2.81
<b>Belastung x Messzeitpunkt</b>	1.35	1.63	127	0.83	-1.87	4.57
<i>Random effect</i>						
	Varianz					
<b>Intercept</b>	9.85				7.42	13.07
<b>Residual</b>	8.60				7.60	9.72

Anzahl der Beobachtungen=166; Anzahl der Personen=35; AIC= 1248.51; BIC= 1270.08

\*\*\*p&lt;0.001; \*\*p&lt;0.01

## 7.6 Diskussion

In der zweiten Untersuchung wurde der Einfluss von Unterbelastung auf Monotonie betrachtet. Die Fragestellung „*Welchen Einfluss hat Unterbelastung auf Erleben und physiologische Kennzeichen des Syndroms Monotonie in der Zugverkehrsleitung über die Zeit?*“ stand dabei im Zentrum.

Für die Beantwortung der Fragestellung mit Hilfe der aufgestellten Hypothesen lässt sich aus diesen Ergebnissen Folgendes ableiten.

### *Hypothese 1*

Die Hauptbefunde zu Hypothese 1 (H1) und die zugehörigen Unterhypothesen sind in Tabelle 43 zusammengefasst.

Tabelle 43: Ergebnisse der Prüfung von Hypothese 1 aus U2

Nr.	Hypothesen	Ergebnis
<b>H1</b>	<b>Monotonieerleben, als Symptom von Monotonie, verändert sich bei den ZVL in Abhängigkeit von Belastung und Zeit.</b>	<b>teilweise gestützt</b>
<b>H1a</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung ist das Monotonieerleben bei ZVL höher im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.	gestützt

<b>H1b</b>	Das Monotonieerleben verstärkt sich bei ZVL während einer Schicht über die Zeit.	gestützt
<b>H1c</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung steigt das Monotonieerleben bei ZVL stärker an im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.	nicht gestützt

Hypothesenkonform entsteht in der Zugverkehrsleitung durch Unterbelastung ein verstärktes Erleben von Monotonie. Im Einklang mit den Hypothesen konnte ein stärkeres Monotonieerleben über die Zeit in der Zugverkehrsleitung aufgezeigt werden. Entgegen den Erwartungen konnte keine Interaktion von Belastung und Zeit in Bezug auf das Monotonieerleben festgestellt werden.

### *Hypothese 2*

Die Hauptbefunde zu Hypothese 2 (H2) und die zugehörigen Unterhypothesen sind in Tabelle 44 zusammengefasst.

*Tabelle 44: Ergebnisse der Prüfung von Hypothese 2 aus U2*

<b>Nr.</b>	<b>Hypothesen</b>	<b>Ergebnis</b>
<b>H2</b>	<b>Die Herzrate (HR), als Symptom von Monotonie, verändert sich bei den ZVL in Abhängigkeit von Belastung und Zeit.</b>	<b>teilweise gestützt</b>
<b>H2a</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung ist die Herzrate (HR) bei ZVL tiefer im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.	gestützt
<b>H2b</b>	Die Herzrate (HR) sinkt bei ZVL während einer Schicht über die Zeit.	gestützt
<b>H2c</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung sinkt die Herzrate (HR) bei ZVL stärker ab im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.	nicht gestützt

Hypothesenkonform ist in der Zugverkehrsleitung Unterbelastung einhergehend mit einer tieferen Herzrate als Symptom von Monotonie. Im Einklang mit den Hypothesen konnte eine sinkende Herzrate über die Zeit in der Zugverkehrsleitung aufgezeigt werden. Entgegen den Erwartungen konnte keine Interaktion von Belastung und Zeit in Bezug auf die Herzrate festgestellt werden.

### *Hypothese 3*

Die Hauptbefunde zu Hypothese 3 (H3) und die zugehörigen Unterhypothesen sind in Tabelle 45 zusammengefasst.

Tabelle 45: Ergebnisse der Prüfung von Hypothese 3 aus U2

Nr.	Hypothesen	Ergebnis
<b>H3</b>	<b>Die Herzratenvariabilität (RMSSD), als Symptom von Monotonie, verändert sich bei den ZVL in Abhängigkeit von Belastung und Zeit.</b>	<b>teilweise gestützt</b>
<b>H3a</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung ist die Herzratenvariabilität (RMSSD) bei ZVL höher im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.	nicht gestützt
<b>H3b</b>	Die Herzratenvariabilität (RMSSD) steigt bei ZVL während einer Schicht über die Zeit.	gestützt
<b>H3c</b>	In den Schichten mit tiefer Belastung steigt die Herzratenvariabilität (RMSSD) bei ZVL stärker an im Vergleich zu Schichten mit normaler Belastung.	nicht gestützt

Im Einklang mit den Hypothesen konnte eine steigende Herzratenvariabilität über die Zeit in der Zugverkehrsleitung aufgezeigt werden.

Entgegen den Erwartungen konnte kein Einfluss von Unterbelastung auf die Herzratenvariabilität als Symptom von Monotonie aufgezeigt werden. Möglich ist, dass die Belastungsunterschiede, die in der Untersuchung realisiert wurden, nicht stark genug waren, um in der Herzratenvariabilität hypothesenkonforme Effekte zu erzeugen. Auch konnte keine Interaktion von Belastung und Zeit in Bezug auf die Herzratenvariabilität festgestellt werden.

#### *Theoretische Bedeutung der Ergebnisse zum Einfluss von Belastung auf Monotonie (H1a, H2a, H3a)*

Durch die Ergebnisse wird der Einfluss von Unterbelastung auf die Entstehung von Monotonie mehrheitlich bestätigt. Die Daten stützen die theoretischen Annahmen zu Entstehungsbedingungen für Monotonie aus der Literatur (vgl. Hacker & Richter, 1984; Johansson, 1989; Welford, 1965) sowie Erkenntnisse aus anderen empirischen Untersuchungen (z. B. Dunn, 2011; Körber et al., 2015; Melamed et al., 1995b; Ralph et al., 2017). Sie sind darüber hinaus in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Untersuchung 1 (siehe Kapitel 6).

*Theoretische Bedeutung der Ergebnisse zum Einfluss von Zeit auf Monotonie (H1b, H2b, H3b)*

Die Ergebnisse zeigen, dass sich, im Einklang mit den Hypothesen, alle betrachteten Symptome von Monotonie über die Zeit in der Zugverkehrsleitung verstärken. Bei der Betrachtung von Monotonie ist die Gesamtzeit, die für eine Aufgabe aufgewendet wird, von Bedeutung. Bei der Betrachtung von Repetitivität als Aufgabenmerkmal ist die alleinige Fokussierung auf Zykluszeiten bzw. deren Dauer vermutlich nicht ausreichend (vgl. Kapitel 3.3.1.2. Repetitivität). Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Gesamtzahl von Wiederholungen für die Aufgabenausführenden für die Entstehung von Monotonie relevant ist. Ähnliches kann für die Ereignisarmut vermutet werden. Nicht alleine eine tiefe Anzahl von Ereignissen, sondern auch die Gesamtdauer der Zeit ohne Ereignisse dürften von Bedeutung sein bei der Entstehung von Monotonie.

*Theoretische Bedeutung der Ergebnisse zum Einfluss der Interaktion von Belastung und Zeit auf Monotonie (H1c, H2c, H3c)*

Entgegen den Erwartungen konnte keine Interaktion von Belastung und Zeit in Bezug auf die betrachteten Symptome von Monotonie festgestellt werden. Das heißt, dass Zeit und Belastung als Faktoren unabhängig voneinander auf die erfassten Monotoniesymptome wirken. Eine Erklärung für das Fehlen einer Interaktion von Zeit und Belastung ist, dass Monotonie, vergleichbar mit Stress und psychischer Sättigung, bereits antizipativ erlebt werden kann. Dies könnte dazu führen, dass für Aufgaben, in denen eine tiefe Belastung erwartet wird (z. B. Schichten am Wochenende), Monotonie im Sinne einer selbsterfüllenden Prophezeiung verstärkt auftritt.

Eine alternative Erklärung ist, dass die Operationalisierung durch den Vergleich von Schichten unter der Woche (normale Belastung) und am Wochenende (tiefe Belastung) die Belastung weniger stark kontrastierte als erwartet. Möglicherweise wird dadurch der Unterschied zu gering, um in dem Untersuchungsdesign eine messbare Interaktion mit dem Faktor Zeit aufzuzeigen.

*Praktische Bedeutung der Ergebnisse*

Es wurde eine Verstärkung von mehreren Symptomen von Monotonie durch Unterbelastung in der praktischen Arbeit der ZVL unter realen Bedingungen aufgezeigt. Die Belastungsunterschiede, wie sie in der regulären Arbeit von ZVL auftreten, reichen aus, um Veränderungen in den Symptomen Monotonieerleben und Herzrate zu verursachen. Die Bedingungen für das Entstehen von Monotonie sind in der Zugverkehrsleitung, abhängig von Zeit und Wochentagen, gegeben.

Die alltägliche Arbeitsaufgabe von ZVL erzeugt Monotoniezustände. Dies ist in mehrfacher Hinsicht als problematisch anzusehen. Es muss dadurch mit einer Verschlechterung der Leistung für die Aufgabe gerechnet werden (vgl. Kapitel 3.2.2 Leistungskomponenten). Zusätzlich kann eine Arbeit, die unter alltäglichen Bedingungen zu Widerwillen und anderen negativen Emotionen führen kann (vgl. Kapitel 3.2.1 Erlebenskomponenten), kaum als menschengerecht gelten. Dies gilt insbesondere, wenn diese Arbeit über mehrere Jahre und Jahrzehnte ausgeführt werden soll.

### *Weitere Erkenntnisse*

Der Einbezug von checklistenrelevanten Ereignissen in das Multilevelmodell als Kontrollvariable zeigte, dass diese einen starken Einfluss auf das Erleben von Monotonie haben. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Aussagen und Erkenntnissen aus Untersuchung 1 (Kapitel 6), in denen der störungsfreie Normalbetrieb (ohne checklistenrelevante Ereignisse) als monotonieerzeugend geschildert wurde. Für eine detaillierte Analyse des Einflusses der Ereignisse (z. B. Fahrleitungsschaden, Schaden am Gleis, Systemstörung, Totalunterbruch einer Strecke) bieten die insgesamt acht erfassten Fälle keine ausreichend große Datengrundlage.

Die Symptome für Monotonie in der Untersuchung wurden auch unter der Bedingung „normale Belastung“ über die Zeit stärker. Durch die Einschränkungen der Felderhebung konnten unterschiedliche Belastungen nur eingeschränkt operationalisiert werden. So beinhaltet die Aufgabe der ZVL auch unter „normaler“ Belastung Merkmale, die monotonieerzeugend sein können, wie z. B. die Art der Bindung an die Aufgabe und sich wiederholende Abläufe durch den Taktfahrplan. Für die betrachteten Belastungsbedingungen sind die Bezeichnungen „normal“ und „tief“ eher relational zueinander zu verstehen. „Normal“ bezeichnet dabei die Belastung, die den größten zeitlichen Raum in der Arbeit der ZVL einnimmt. Die als „tief“ bezeichnete Belastung tritt aber auch häufig und über lange Zeiträume auf. Im Vergleich mit anderen Tätigkeiten, die gar keine Monotonie erzeugen, wären die Bezeichnungen „tief“ bzw. „sehr tief“ wohl treffender. Entsprechend musste unter beiden Bedingungen von einer Verstärkung der Monotonie ausgegangen werden (H1b, H2b, H3b).

Da sowohl Symptome für Erleben und physiologische Kennzeichen von Monotonie betrachtet wurden, ist eine Beeinflussung der Ergebnisse durch Phänomene der sozialen Erwünschtheit unwahrscheinlich.

Einer der größten Schwachpunkte der Felderhebung ist die Vermischung der Merkmale Repetitivität und Ereignisarmut in der verwendeten Variable Unterbelastung. Für die nachfolgende Untersuchung 3 (U3, Kapitel 8) wurden diese Merkmale in einem Experiment unabhängig voneinander manipuliert, um ihren Einfluss auf die Entstehung von Monotonie getrennt voneinander zu erfassen.

Außerdem stehen in U3 neben dem Monotonieerleben auch Leistungskomponenten wie Erkennungsleistung und Reaktionszeiten als Symptome im Fokus.

## **8 U3: Experimentelle Untersuchung der Auswirkung spezifischer Aufgabenmerkmale auf Monotonie**

Die dritte Untersuchung (U3) thematisiert die Wirkung von Ereignisarmut und Repetitivität als Entstehungsbedingungen von Monotonie. Zu diesem Zweck wurde ein experimentelles Design mit Erhebungen im Labor umgesetzt.

### **8.1 Ziel**

Ziel dieser Untersuchung ist die Ermittlung der Auswirkung der Aufgabenmerkmale Ereignisarmut und Repetitivität als Elemente von Unterbelastung auf Monotonie. Der Fokus liegt dabei auf verschiedenen Symptomen von Monotonie, für die negative betriebliche Auswirkungen in der Domäne der Zugverkehrsleitung erwartet werden.

Viele Überwachungsaufgaben, wie z. B. die der Zugverkehrsleitung, beinhalten Elemente von Repetitivität und Ereignisarmut (vgl. auch Dunn, 2011; Straussberger, 2006). Solche Aufgaben können im Hinblick auf Monotonie als Zustand als problematisch betrachtet werden. Mit steigender Automatisierung kann erwartet werden, dass beide Merkmale in diesen Aufgaben noch stärker werden (z. B. durch automatisierte Störungsbehandlungen und getaktete Prozessabläufe).

Wie bereits in der zweiten Untersuchung (Kapitel 7) beschrieben, tauchen die Aufgabenmerkmale Repetitivität und Ereignisarmut bei Überwachungsaufgaben im Feld typischerweise konfundiert auf. Dadurch wird eine differenzierte Problemanalyse und eine sich ggf. daraus ableitende Maßnahmenentwicklung erschwert. Eine Trennung des Einflusses der beiden Faktoren ist aus diesem Grund von praktischer Bedeutung. Die experimentell getrennte Betrachtung des Einflusses beider Merkmale wird deshalb in Untersuchung 3 realisiert.

### **8.2 Fragestellungen**

In der dritten Untersuchung sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

#### **Fragestellung 1**

Führen Ereignisarmut und Repetitivität in einer Überwachungsaufgabe zu Monotonieerleben und Leistungseinbußen?

**Fragestellung 2**

Welchen Beitrag haben die Aufgabenmerkmale Ereignisarmut und Repetitivität jeweils zu Monotonie?

Die erste Fragestellung bezieht sich auf die übergreifende Fragestellung zu den Symptomen (Kapitel 5.1.2) und spezifiziert diese. Die zweite Fragestellung differenziert die übergreifende Fragestellung zu den Entstehungsbedingungen (Kapitel 5.1.1) aus.

Durch die Aufgabenmerkmale Repetitivität und Ereignisarmut wird das Entstehen von Monotonie mit ihren verschiedenen Symptomen, die in der Domäne der Zugverkehrsleitung betriebliche Relevanz haben können, erwartet. Wie bereits in Kapitel 3 erwähnt, gehören hierzu Komponenten von (1) Montonieverleben (aufgabenbezogene Langeweile, passive aufgabenbezogene Müdigkeit), die (2) erhöhte Fehlerrate (im Sinne einer tieferen Entdeckungsleistung) und (3) verlängerte Reaktionszeiten. In Tabelle 46 werden die jeweils erwarteten negativen betrieblichen Auswirkungen für die in der Untersuchung betrachteten Symptome aufgelistet (vgl. Kapitel 3.2.4 „Symptome von Monotonie und vermutete negative betriebliche Auswirkungen in der Domäne der Zugverkehrsleitung“).

*Tabelle 46: In U3 berücksichtigte Symptome von Monotonie und erwartete negative Konsequenzen in der Zugverkehrsleitung*

<b>Symptome</b>	<b>Erwartete negative betriebliche Auswirkungen in der Domäne der Zugverkehrsleitung</b>
Aufgabenbezogene Langeweile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unzufriedenheit</li> <li>• erhöhte Fluktuation</li> <li>• unzulässige Nebenbeschäftigungen</li> </ul>
Passive aufgabenbezogene Müdigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einschlafen</li> </ul>
Erhöhte Fehlerrate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verspätungen</li> <li>• Zugausfälle</li> <li>• erhöhter Energieverbrauch</li> <li>• Erschwerung des Störungsmanagements</li> <li>• Gefährdung von Personal und Passagieren</li> </ul>
Verlängerte Reaktionszeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verspätungen</li> <li>• Gefährdung von Personal und Passagieren</li> </ul>

Ausgehend von der Differenzierung ereignisarmer und repetitiver Arbeiten (Johansson, 1989) wird angenommen, dass bei Überwachungstätigkeiten die Ereignisarmut als vorrangiges Merkmal einen stärkeren Einfluss auf die Entwicklung von Monotonie ausübt als Repetitivität. Für Arbeiten, wie z. B. Fließbandmontage, bei denen Repetitivität das vorrangige Merkmal darstellt, wäre diese Annahme anders. Empirische Studien zur Stützung dieser Annahme fehlen jedoch bisher.

Unbekannt ist außerdem, wie die beiden Aufgabenmerkmale in Bezug auf die Symptome von Monotonie wirken bzw. miteinander interagieren. Es besteht die Möglichkeit, dass sich diese Merkmale in Kombination gegenseitig verstärken und dadurch Monotonie von den Betroffenen intensiver wird, als wenn diese Faktoren einzeln auftreten.

### 8.3 Hypothesen

In Bezug auf das Ziel und die Fragestellung leiten sich jeweils eine Hypothese für jedes der betrachteten Symptome ab. H1 bezieht sich auf das Monotonieerleben, H2 auf die Entdeckungsleistung ( $d'$ ) und H3 auf die Reaktionszeit.

Für jede Hypothese sind vier Unterhypothesen formuliert, die sich auf den spezifischen Einfluss der Aufgabenmerkmale Ereignisarmut (a) und Repetitivität (b), deren Unterschiede (c) sowie deren Interaktion (d) beziehen.

Tabelle 47: Hypothesen und Unterhypothesen U3

Nr.	Hypothesen
<b>H1</b>	<b>Die Aufgabemerkmale Repetitivität und Ereignisarmut führen zu einem verstärkten Monotonieerleben.</b>
<b>H1a</b>	Ereignisarme Aufgaben verstärken das Monotonieerleben gegenüber ereignisreichen Aufgaben.
<b>H1b</b>	Repetitive Aufgaben verstärken das Monotonieerleben gegenüber nicht repetitiven Aufgaben.
<b>H1c</b>	Das Aufgabenmerkmal Ereignisarmut verstärkt das Monotonieerleben mehr als Repetitivität.
<b>H1d</b>	Wenn die Aufgabenmerkmale Ereignisarmut und Repetitivität in Kombination auftreten, ist der Einfluss auf das Monotonieerleben stärker, als wenn nur eines dieser Aufgabenmerkmale vorhanden ist.

Nr.	Hypothesen
<b>H2</b>	<b>Die Aufgabenmerkmale Repetitivität und Ereignisarmut führen zu einer reduzierten Entdeckungsleistung (<math>d'</math>).</b>
<b>H2a</b>	Ereignisarme Aufgaben reduzieren die Entdeckungsleistung ( $d'$ ) gegenüber ereignisreichen Aufgaben.
<b>H2b</b>	Repetitive Aufgaben reduzieren die Entdeckungsleistung ( $d'$ ) gegenüber nicht repetitiven Aufgaben.
<b>H2c</b>	Das Aufgabenmerkmal Ereignisarmut reduziert die Entdeckungsleistung ( $d'$ ) stärker als Repetitivität.
<b>H2d</b>	Wenn die Aufgabenmerkmale Ereignisarmut und Repetitivität in Kombination auftreten, ist der Einfluss auf die Entdeckungsleistung ( $d'$ ) stärker, als wenn nur eines dieser Aufgabenmerkmale vorhanden ist.
<b>H3</b>	<b>Die Aufgabenmerkmale Repetitivität und Ereignisarmut führen zu einer verlängerten Reaktionszeit.</b>
<b>H3a</b>	Ereignisarme Aufgaben verlängern die Reaktionszeit gegenüber ereignisreichen Aufgaben.
<b>H3b</b>	Repetitive Aufgaben verlängern die Reaktionszeit gegenüber nicht repetitiven Aufgaben.
<b>H3c</b>	Das Aufgabenmerkmal Ereignisarmut verlängert die Reaktionszeit mehr als Repetitivität.
<b>H3d</b>	Wenn die Aufgabenmerkmale Ereignisarmut und Repetitivität in Kombination auftreten, ist der Einfluss auf die Reaktionszeit stärker, als wenn nur eines dieser Aufgabenmerkmale vorhanden ist.

## 8.4 Methode

### 8.4.1 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 36 Versuchspersonen teil. Die Stichprobe bestand aus 23 weiblichen und 13 männlichen Teilnehmenden. Die Teilnehmenden waren im Alter zwischen 21 und 61 Jahren ( $M = 27.9$ ,  $SD = 7.37$ ).

Bei den Teilnehmenden handelte es sich um eine anfallende Stichprobe. Die Teilnehmenden waren Studierende und Mitarbeitende der Fachhochschule Nordwestschweiz. Für die Akquise wurden in verschiedenen Hochschulen (angewandte Psychologie, Wirtschaft, soziale Arbeit) Studierende für eine Teilnahme angefragt. Als Anreiz für eine Teilnahme wurden 3 Konsumationsgutscheine im Wert von jeweils CHF 50.– unter den Teilnehmenden verlost. Die Teilnahme am Experiment war für alle Versuchspersonen freiwillig.

#### 8.4.2 Design

Die Prüfung der Hypothesen wurde in einem experimentellen Laborsetting in einem 2x2 within-subjects Design realisiert. Dabei wurden Symptome für Monotonie bei Versuchspersonen in vier unterschiedlichen Bedingungen erhoben.

Die Aufgabe der Versuchspersonen bestand darin, auf einem Bildschirm auftretende Reize (Nummern und Kreise) zu überwachen. Dabei gab es unter den Reizen „kritische Ereignisse“, auf die mit Tastendruck reagiert werden musste, die anderen Reize erforderten keine Reaktion der Versuchspersonen (ausführliche Beschreibung der Aufgabe unter 8.4.3 Überwachungsaufgabe).

Die abhängigen Variablen wurden zu diesem Zweck auf unterschiedliche Weise operationalisiert. Als Kennzeichen für das Erleben von Monotonie wurde das Monotonieempfinden auf einer Single-Item-Skala mittels einer Selbsteinschätzung der Versuchspersonen beurteilt.

Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles <u>Monotonieempfinden</u> in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment empfinde ich die Arbeit als...									
gar nicht monoton								sehr monoton	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Abbildung 23: Single-Item-Skala zur Messung des Erlebens von Monotonie

Zusätzlich wurden mit ähnlichen zehnstufigen Single-Item-Skalen die aufgabenbezogene Langeweile (gar nicht gelangweilt – sehr gelangweilt) und die passive aufgabenbezogene Müdigkeit (sehr wach – sehr müde) erhoben. Diese Variablen werden nicht für die Hypothesenprüfung benötigt, jedoch wird auf sie explorativ im Ergebnisteil eingegangen.

Die Entdeckungsleistung wurde mit der Sensitivität  $d'$  operationalisiert (vgl. Kapitel 3.4.2 „Methoden und Instrumente zur Erfassung der Leistungskomponenten von Monotonie“). Das Sensitivitätsmaß  $d'$  ist ein valides Maß der Erkennungsleistung bei Detektionsaufgaben (Hofer & Schwaninger, 2004; Schwaninger, 2005b). Es wird berechnet, indem die standardisierte (Z-transformierte) Rate der falschen Alarme von der standardisierten (Z-transformierten) Rate der Treffer abgezogen wird.

$$d' = Z(\text{Trefferrate}) - Z(\text{Rate falscher Alarme})$$

Eine Entdeckungsleistung  $d' = 0$  bedeutet, dass Trefferrate und Rate falscher Alarme gleich, also die Treffer zufällig, zustande gekommen sind.

Bei der erhobenen Reaktionszeit handelt es sich um die durchschnittliche Reaktionszeit zwischen dem Auftauchen eines kritischen Ereignisses und der korrekten Reaktion mit Tastendruck darauf (vgl. 8.4.3 Überwachungsaufgabe). Sie bezieht sich entsprechend nur auf korrekt erkannte kritische Ereignisse (Treffer) und nicht auf falsche Alarme oder nicht erkannte bzw. verpasste kritische Ereignisse. Die Reaktionszeit wurde in Millisekunden (ms) erhoben.

Unabhängige Variablen waren die Repetitivität und die Ereignishäufigkeit. Repetitivität wurde dabei in zwei Stufen (nicht repetitiv, repetitiv) variiert. Für die nicht repetitive Bedingung traten die zu überwachenden Reize in der auszuführenden Überwachungsaufgabe zufällig, d. h. in keiner vorhersehbaren Weise auf. In der repetitiven Bedingung traten die zu überwachenden Reize wiederholend in gleich langen zeitlichen Intervallen auf (vgl. Abbildung 24 und Abbildung 25). Die Dauer jedes Repetitionszyklus betrug 60 Sekunden.

Ereignishäufigkeit wurde ebenfalls in zwei Stufen (ereignisreich, ereignisarm) variiert. In der Bedingung „ereignisarm“ erschienen nur wenige zu überwachende Reize (Nummern und Kreise), zusätzlich hatten diese eine niedrige Wahrscheinlichkeit, kritische Ereignisse zu sein und eine Reaktion zu erfordern. Im Gegensatz dazu erschienen in der Bedingung „ereignisreich“ mehr Reize, die überwacht werden mussten, gleichzeitig hatten diese Reize eine höhere Wahrscheinlichkeit, reaktionsrelevante kritische Ereignisse zu sein. Die exakten Wahrscheinlichkeiten für jede Bedingung sind in Anhang C.1 dargestellt.

Tabelle 48: Unabhängige Variablen U3

		Repetitivität	
		nicht repetitiv	repetitiv
Ereignishäufigkeit	ereignisreich	alle Versuchspersonen	alle Versuchspersonen
	ereignisarm	alle Versuchspersonen	alle Versuchspersonen

In Tabelle 49 werden die in der Untersuchung berücksichtigten Kontrollvariablen aufgelistet. Für jede Kontrollvariable wird aufgezeigt, welchen Einfluss diese auf die Untersuchung haben könnte und wie in der vorliegenden Untersuchung damit umgegangen wurde.

Tabelle 49: Kontrollvariablen U3

Kontrollvariable	Einfluss	Umgang in der Untersuchung
Technik	Unterschiedliche technische Ausrüstung (Bildschirmgröße, Hardwareperformance) könnte Entdeckungsleistung und Reaktionszeit beeinflussen.	Fixierung: Alle Teilnehmenden bearbeiteten die Aufgabe an identisch ausgestatteten Computern.
Reihenfolge und Position der Versuchsbedingungen	Positionseffekte können Einfluss auf die abhängigen Variablen haben, z. B. durch Ermüdung, Übung oder Sensibilisierung.	Kontrolle: Systematische Variation der Reihenfolgen aller Bedingungen in der Untersuchung.
Testumgebung	Unterschiedliche Testumgebungen (Raumgestaltung) könnten die Entstehung von Monotonie beeinflussen.	Kontrolle: Das Experiment fand für alle Teilnehmenden im selben Raum statt.
Ablenkung durch Kommunikationsmittel	Die Störung durch Kommunikationsmittel (z. B. Mobiltelefon) könnte Monotonie unterbrechen.	Kontrolle: Die Teilnehmenden wurden vor Beginn des Experiments angewiesen, alle Kommunikationsmittel auszuschalten und abseits vom Arbeitsplatz abzulegen.
Ablenkung durch andere Teilnehmende	Gespräche oder Äußerungen von anderen Teilnehmenden während des Experiments könnten Monotonie durch Ablenkung reduzieren.	Kontrolle: Die Teilnehmenden wurden angewiesen, während des Experiments nicht miteinander zu sprechen und sich nicht gegenseitig abzulenken.
Ablenkung durch andere Teilnehmende	Die Aufgabenbearbeitung von anderen Versuchsteilnehmenden im selben Raum könnte Monotonie durch Ablenkung reduzieren.	Reduktion: Die Teilnehmenden wurden jeweils so im Raum platziert, dass sie alleine in einer Pultreihe sitzen und die Bildschirme von anderen Teilnehmenden nicht sehen konnten.

### 8.4.3 Überwachungsaufgabe

Im Rahmen des Experimentes mussten die Teilnehmenden eine Überwachungsaufgabe ausführen. Die Aufgabe und ihre visuelle Gestaltung waren dabei angelehnt an die Aufgaben von Zugverkehrsleitenden in der Überwachung des Bahnverkehrs und an deren Arbeitsplätze. Die für die Aufgabe verwendete Software TRAINS wurde spezifisch für dieses Experiment programmiert.

Bei der Überwachungsaufgabe bewegen sich 6-stellige Nummern (Kombinationen aus Ziffern und Buchstaben) entlang von 15 Linien von links nach rechts über den Bildschirm (vgl. Abbildung 24 und Abbildung 25). Gleichzeitig tauchten auf den Linien verschiedenfarbige (rot, grün, magenta) Kreise auf.

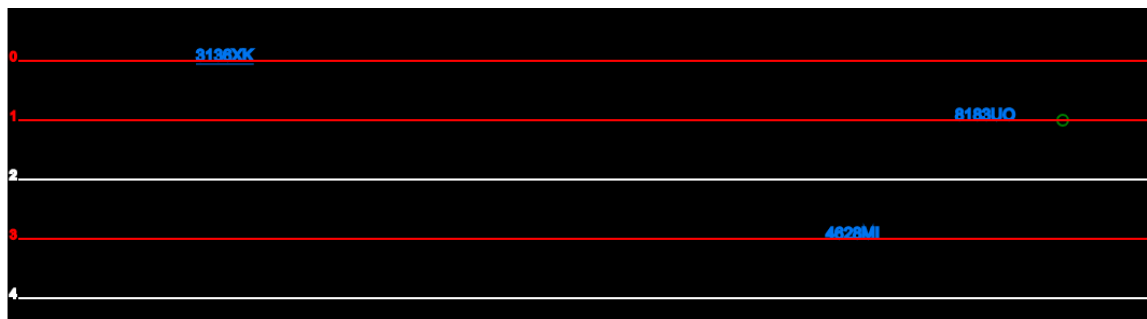


Abbildung 24: Bildschirmausschnitt aus der Software TRAINS zu der Überwachungsaufgabe (nicht repetitiv)

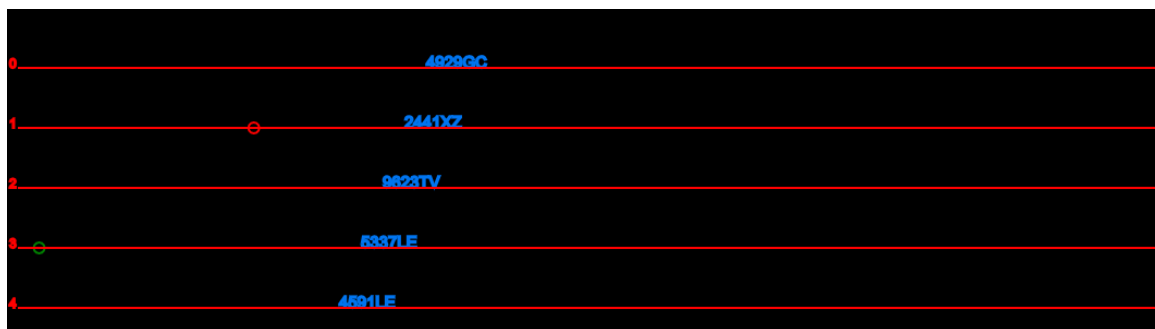


Abbildung 25: Bildschirmausschnitt aus der Software TRAINS zu der Überwachungsaufgabe (repetitiv)

Die Aufgabe der Teilnehmenden war es, zwei Arten von kritischen Ereignissen zu erkennen: (1) Unterstreichung einer Nummer mit einer Linie (Abbildung 26) und (2) Erscheinen von Kreisen in der Farbe Magenta (Abbildung 27). Beide Ereignisse mussten mit Mausklick auf den entsprechenden Bereich auf dem Bildschirm bestätigt werden. Kritische Ereignisse, die nicht innerhalb eines 5 Sekunden Zeitlimit bestätigt wurden, galten als „nicht erkannt“ und wurden von der Anzeige wieder entfernt.



Abbildung 26: Beispiel eines kritischen Ereignisses: unterstrichene Zugnummer

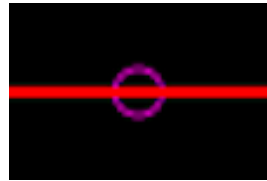


Abbildung 27: Beispiel eines kritischen Ereignisses: magentafarbiger Kreis

#### 8.4.4 Datenerhebung

Die Durchführung der Datenerhebung fand im Mai 2018 in den Räumlichkeiten der FHNW in Olten statt.

Der Ablauf der Untersuchung wurde vorhergehend im Detail festgelegt und fand für alle Teilnehmenden nach der gleichen Struktur statt. Abbildung 28 gibt einen Überblick über den Ablauf des Experiments.

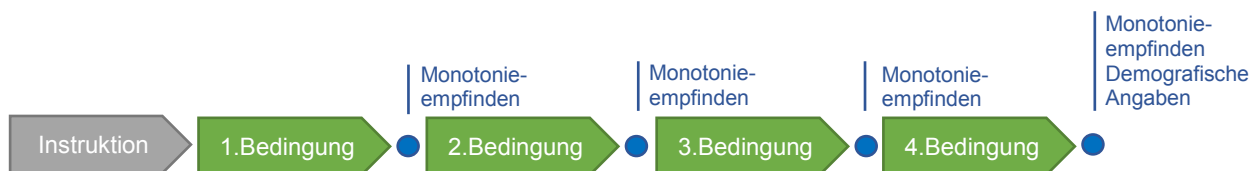


Abbildung 28: Ablauf der Datenerhebung in U3

Zu der Instruktion gehörte eine zweiminütige Testphase, bei der die Teilnehmenden die Aufgabe am Computer bereits üben und allenfalls Verständnisfragen stellen konnten. Auch wurden sie in das Ausfüllen der Skalen zum Erleben von Monotonie, Langeweile und zur Müdigkeit instruiert. Die Instruktion war standardisiert für alle Teilnehmenden (Anhang C.2) und wurde mithilfe einer PowerPoint-Präsentation visuell unterstützt.

Es folgten nacheinander die Aufgaben unter den vier Bedingungen à 10 Minuten. Nach jeder Bedingung wurden die Teilnehmenden angewiesen, die Skalen zum Erleben von Monotonie, Langeweile und zur Müdigkeit auszufüllen. Nach der letzten Bedingung wurden zusätzlich noch demografische Angaben der Teilnehmenden erhoben.

Um Positionseffekte zu verhindern, wurde im Ablauf der Datenerhebung die Reihenfolge der Bedingungen (Tabelle 50) zwischen vier Versuchsgruppen systematisch variiert. Die Reihenfolgen der Bedingungen für die Versuchsgruppen wurden mit Hilfe eines lateinischen Quadrates erstellt (vgl. Huber, 2014) (siehe Tabelle 51). Gemäß Huber (2014) kann dadurch der Positionseffekt effektiv kontrolliert werden.

Tabelle 50: Bedingungen für die Datenerhebung U3

<b>Bedingung</b>	<b>Repetitivität</b>	<b>Ereignishäufigkeit</b>
Bedingung 1	repetitiv	ereignisarm
Bedingung 2	repetitiv	ereignisreich
Bedingung 3	nicht repetitiv	ereignisarm
Bedingung 4	nicht repetitiv	ereignisreich

Tabelle 51: Versuchsgruppen und Reihenfolgen der Bedingungen

<b>Versuchsgruppe (VG)</b>	<b>Reihenfolge der Bedingungen</b>	<b>N</b>
VG 1	4, 3, 2, 1	9
VG 2	3, 4, 1, 2	9
VG 3	1, 2, 4, 3	9
VG 4	2, 1, 3, 4	9

#### 8.4.5 Auswertung

Für die statistischen Auswertungen wurde die Software SPSS (IBM Corp., 2016) verwendet.

Die Werte aus den Skalen zur Messung des Monotonieerlebens, der Langeweile und zur Müdigkeit wurden manuell von Papier in Excel übertragen, bevor sie zur Auswertung in SPSS importiert wurden.

Zur Berechnung der Entdeckungsleistung  $d'$  wurden in einem ersten Schritt die Trefferrate und die Rate der falschen Alarme aus den Logdateien der verwendeten Software TRAINS für alle Versuchsbedingungen und getrennt nach Teilnehmenden berechnet. Im zweiten Schritt wurde  $d'$  direkt aus diesen beiden Raten ermittelt.

Die durchschnittlichen Reaktionszeiten wurden direkt aus den Logdateien der verwendeten Software TRAINS entnommen.

Zur Überprüfung der Hypothesen wurden jeweils zweifaktorielle Varianzanalysen (ANOVA) mit Messwiederholung auf beiden Faktoren (Rasch, Friese, Hofmann & Naumann, 2014) und ein t-Test mittels SPSS durchgeführt.

Es mussten keine Daten von der Auswertung ausgeschlossen werden.

## 8.5 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden getrennt entsprechend der formulierten Hypothesen dargestellt.

Im Abschnitt 8.5.4 „Weitere Ergebnisse“ folgen einige explorative Auswertungen zum Zusammenhang von Erleben von Monotonie, Langeweile und Müdigkeit.

### 8.5.1 Monotonieerleben

Die deskriptiven Ergebnisse zum Monotonieerleben zeigen den höchsten Mittelwert unter der Bedingung 1 „repetitiv und ereignisarm“ ( $M = 7.33$ ,  $SD = 1.91$ ). Der tiefste Wert zeigte sich unter der Bedingung 4 „nicht repetitiv und ereignisreich“ ( $M = 6.5$ ,  $SD = 2.26$ ) (vgl. Tabelle 52).

Tabelle 52: Deskriptive Ergebnisse zu Monotonieerleben U3

Repetitivität	Ereignishäufigkeit	Mittelwert	SE	95%-Konfidenzintervall	
				Untere Intervallgrenze	Obere Intervallgrenze
repetitiv	ereignisarm	7.33	.32	6.69	7.98
	ereignisreich	6.58	.33	5.91	7.26
nicht repetitiv	ereignisarm	7.31	.29	6.72	7.89
	ereignisreich	6.50	.38	5.74	7.27

In Abbildung 29 ist das Monotonieerleben in den vier betrachteten Bedingungen zum einfacheren Verständnis grafisch dargestellt.

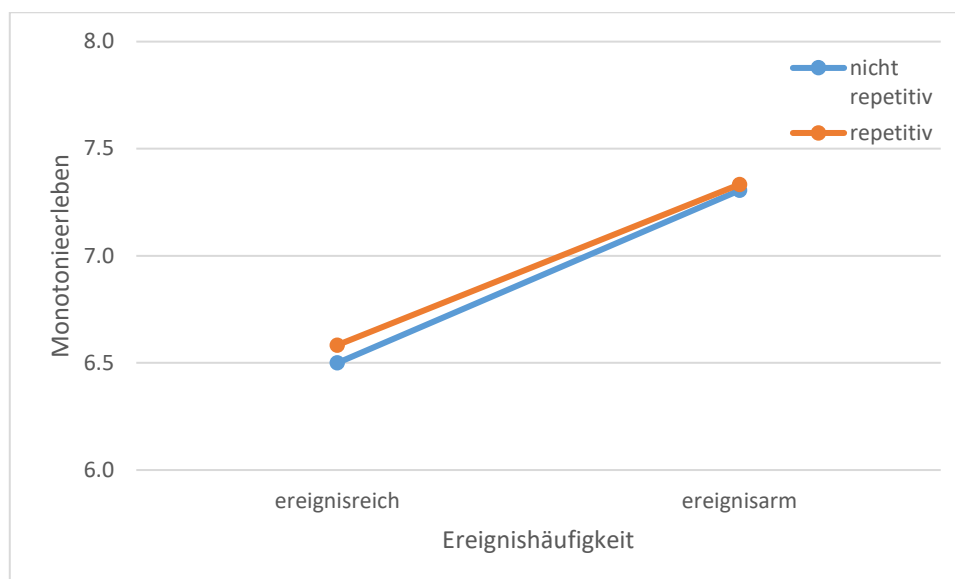


Abbildung 29: Monotonieerleben nach Repetitivität und Ereignishäufigkeit

Zur Prüfung der Hypothesen 1a, 1b, 1c und 1d wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse für verbundene Stichproben (Tabelle 53) und ein t-Test durchgeführt.

Tabelle 53: Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse zum Monotonieerleben U3

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	p	$\eta^2_p$
Repetitivität	.11	1, 35	.11	.03	.854	.001
Ereignishäufigkeit	21.78	1, 35	21.78	11.09	.002	.241
Repetitivität x Ereignishäufigkeit	.03	1, 35	.03	.04	.836	.001

Die Annahme der Sphärizität konnte nicht getestet werden, da für beide unabhängigen Variablen nur zwei Faktorstufen realisiert wurden. Konservativ wurden die Freiheitsgrade entsprechend der Greenhouse-Geisser-Schätzungen für Sphärizität korrigiert.

Es gab keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den verschiedenen Bedingungen der Repetitivität (repetitiv, nicht repetitiv) bzgl. des Monotonieerlebens,  $F(1, 35) = 0.03$ ,  $p = .854$ .

Das Monotonieerleben war statistisch signifikant stärker unter der Bedingung „ereignisarm“ als unter der Bedingung „ereignisreich“,  $F(1, 35) = 11.09$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2_p = .241$ . Die Effektstärke wird als groß eingeschätzt (Cohen, 1988; Ellis, 2010).

Aus der Varianzanalyse ist bereits ersichtlich, dass das Monotonieerleben stärker von der Ereignishäufigkeit beeinflusst wurde als von der Repetitivität. Ein zusätzlicher t-Test (one-tailed) zur Prüfung des Mittelwertunterschiedes zwischen Bedingung 2 „repetitiv und ereignisreich“ und Bedingung 3 „nicht repetitiv und ereignisarm“ zeigt, dass die Bedingung mit der höheren Ereignishäufigkeit einen statistisch signifikant stärkeren Einfluss auf das Monotonieerleben hatte als die Bedingung mit der tieferen Repetitivität ( $t = -2.10$ ,  $p = .022$ ,  $n = 36$ ). Die Effektstärke liegt bei  $r = .33$  und entspricht damit einem mittleren Effekt (Cohen, 1988; Ellis, 2010).

Es gab keinen statistisch signifikanten Interaktionseffekt zwischen den Faktoren Repetitivität und Ereignishäufigkeit,  $F(1, 35) = 0.04$ ,  $p = .836$ . Dies indiziert, dass beide Faktoren unabhängig voneinander auf die Entstehung von Monotonie wirken.

### 8.5.2 Entdeckungsleistung ( $d'$ )

Die deskriptiven Ergebnisse zur Entdeckungsleistung ( $d'$ ) zeigen den höchsten Mittelwert unter der Bedingung 1 „repetitiv und ereignisarm“ ( $M = 3.6$ ,  $SD = .43$ ). Der tiefste Wert zeigte sich unter der Bedingung 4 „nicht repetitiv und ereignisreich“ ( $M = 2.54$ ,  $SD = .27$ ) (vgl. Tabelle 54).

Tabelle 54: Deskriptive Ergebnisse zur Entdeckungsleistung ( $d'$ ) U3

Repetitivität	Ereignishäufigkeit	Mittelwert	SE	95%-Konfidenzintervall	
				Untere Intervallgrenze	Obere Intervallgrenze
repetitiv	ereignisarm	3.60	.072	3.45	3.75
	ereignisreich	2.88	.053	2.77	2.99
nicht repetitiv	ereignisarm	3.24	.049	3.14	3.34
	ereignisreich	2.54	.045	2.45	2.63

In Abbildung 30 ist die Entdeckungsleistung  $d'$  in den vier betrachteten Bedingungen zum einfacheren Verständnis grafisch dargestellt.

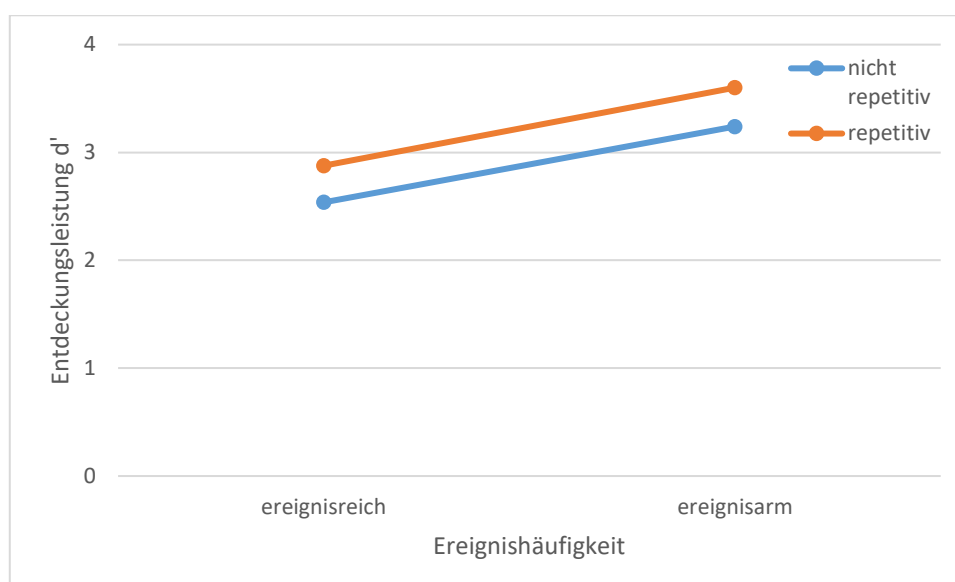


Abbildung 30: Entdeckungsleistung  $d'$  nach Repetitivität und Ereignishäufigkeit

Zur Prüfung der Hypothesen 2a, 2b, 2c und 2d wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse für verbundene Stichproben (Tabelle 55) und ein t-Test durchgeführt.

Tabelle 55: Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse zur Entdeckungsleistung ( $d'$ ) U3

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	p	$\eta_p^2$
Repetitivität	4.42	1, 35	4.42	53.15	.000	.603
Ereignishäufigkeit	18.31	1, 35	18.31	218.37	.000	.862
Repetitivität x Ereignishäufigkeit	.004	1, 35	.004	.004	.786	.002

Die Annahme der Sphärizität konnte nicht getestet werden, da für beide unabhängigen Variablen nur zwei Faktorstufen realisiert wurden. Konservativ wurden die Freiheitsgrade entsprechend der Greenhouse-Geisser-Schätzungen für Sphärizität korrigiert.

Es gab einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den verschiedenen Bedingungen der Repetitivität (repetitiv, nicht repetitiv) bzgl. der Entdeckungsleistung  $d'$ ,  $F(1, 35) = 53.15$ ,  $p < .001$ .  $\eta_p^2 = .603$ . Die Effektstärke wird als groß eingeschätzt (Cohen, 1988; Ellis, 2010).

Die Entdeckungsleistung  $d'$  war statistisch signifikant höher unter der Bedingung „ereignisarm“ als unter der Bedingung „ereignisreich“,  $F(1, 35) = 218.37$ ,  $p < .001$   $\eta_p^2 = .862$ . Die Effektstärke wird als groß eingeschätzt (Cohen, 1988; Ellis, 2010).

Ein t-Test (one-tailed) zur Prüfung des Mittelwertunterschiedes zwischen Bedingung 2 „repetitiv und ereignisreich“ und Bedingung 3 „nicht repetitiv und ereignisarm“ zeigt, dass die Bedingung mit der höheren Ereignishäufigkeit einen statistisch signifikant stärkeren Einfluss auf die Entdeckungsleistung  $d'$  hatte als die Bedingung mit der tieferen Repetitivität ( $t = -5.54, p < .001, n = 36$ ). Die Effektstärke liegt bei  $r = .68$  und entspricht damit einem großen Effekt (Cohen, 1988; Ellis, 2010).

Es gab keinen statistisch signifikanten Interaktionseffekt zwischen den Faktoren Repetitivität und Ereignishäufigkeit,  $F(1, 35) = 0.04, p = .786$ . Dies indiziert, dass beide Faktoren unabhängig voneinander auf die Entdeckungsleistung wirken.

### 8.5.3 Reaktionszeit

Die deskriptiven Ergebnisse zur Reaktionszeit zeigen den tiefsten Mittelwert unter der Bedingung 1 „repetitiv und ereignisarm“ ( $M = 2500.13, SD = 252.55$ ). Der höchste Wert zeigte sich unter der Bedingung 3 „nicht repetitiv und ereignisarm“ ( $M = 2729.59, SD = 214.63$ ) (vgl. Tabelle 56).

Tabelle 56: Deskriptive Ergebnisse zur Reaktionszeit U3

Repetitivität	Ereignishäufigkeit	Mittelwert	SE	95%-Konfidenzintervall	
				Untere Intervallgrenze	Obere Intervallgrenze
repetitiv	ereignisarm	2500.13	42.09	2414.68	2585.58
	ereignisreich	2500.73	34.44	2430.81	2570.65
nicht repetitiv	ereignisarm	2729.59	35.77	2656.96	2802.21
	ereignisreich	2715.12	31.97	2650.22	2780.02

In Abbildung 31 ist die Reaktionszeit in den vier betrachteten Bedingungen zum einfacheren Verständnis grafisch dargestellt.

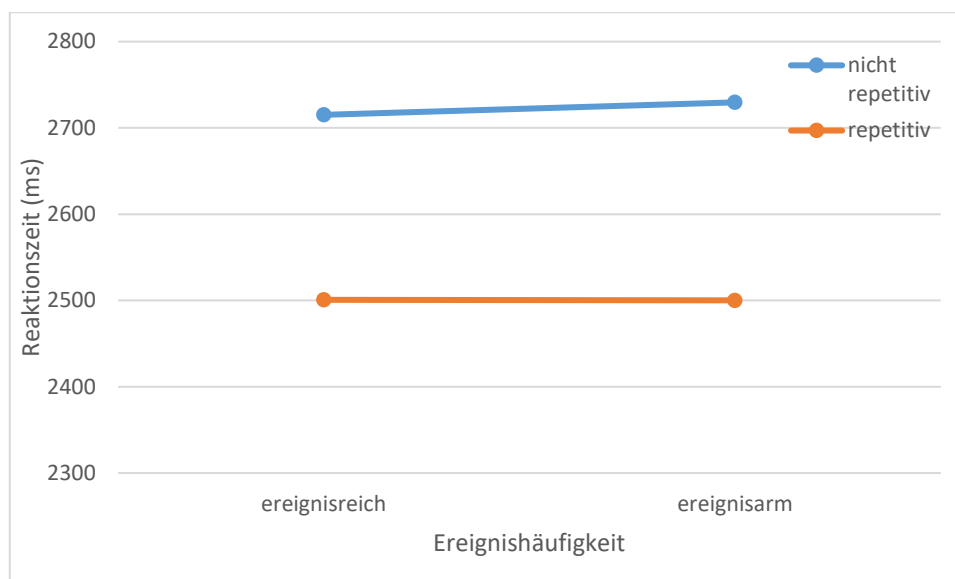


Abbildung 31: Reaktionszeit nach Repetitivität und Ereignishäufigkeit

Zur Prüfung der Hypothesen 3a, 3b, 3c und 3d wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse für verbundene Stichproben (Tabelle 57) und ein t-Test durchgeführt.

Tabelle 57: Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse zur Reaktionszeit U3

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	p	$\eta^2_p$
Repetitivität	1773009.07	1, 35	1773009.07	74.32	.000	.680
Ereignishäufigkeit	1728.35	1, 35	1728.35	.10	.759	.003
Repetitivität x Ereignishäufigkeit	2043.41	1, 35	2043.41	.14	.715	.004

Die Annahme der Sphärizität konnte nicht getestet werden, da für beide unabhängigen Variablen nur zwei Faktorstufen realisiert wurden. Konservativ wurden die Freiheitsgrade entsprechend der Greenhouse-Geisser-Schätzungen für Sphärizität korrigiert.

Es gab einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den verschiedenen Bedingungen der Repetitivität (repetitiv, nicht repetitiv) bzgl. der Reaktionszeit,  $F(1, 35) = 74.32$ ,  $p < .001$ .  $\eta^2_p = .68$ . Die Effektstärke wird als groß eingeschätzt (Cohen, 1988; Ellis, 2010).

Die Reaktionszeit war statistisch nicht signifikant länger unter der Bedingung „ereignisarm“ als unter der Bedingung „ereignisreich“,  $F(1, 35) = .10$ ,  $p = .759$ .

Aus der Varianzanalyse ist bereits ersichtlich, dass die Reaktionszeit stärker von der Repetitivität beeinflusst wurde als von der Ereignishäufigkeit. Ein zusätzlicher t-Test (one-tailed) zur Prüfung des Mittelwertunterschiedes zwischen Bedingung 2 „repetitiv und ereignisreich“ und Bedingung 3 „nicht repetitiv und ereignisarm“ zeigt, dass die Bedingung mit der tieferen Repetitivität einen statistisch signifikant stärkeren Einfluss auf die Reaktionszeit hatte als die Bedingung mit der höheren Ereignishäufigkeit ( $t = -7.11, p < .001, n = 36$ ). Die Effektstärke liegt bei  $r = .77$  und entspricht damit einem sehr großen Effekt (Cohen, 1988; Ellis, 2010).

Es gab keinen statistisch signifikanten Interaktionseffekt zwischen den Faktoren Repetitivität und Ereignishäufigkeit,  $F(1, 35) = .14, p = .715$ . Dies indiziert, dass beide Faktoren unabhängig voneinander auf die Reaktionszeit wirken.

#### 8.5.4 Weitere Ergebnisse

Zusätzlich zum Monotonieerleben wurden zwei weitere Komponenten von Monotonie, nämlich die aufgabenbezogene Langeweile und die passive aufgabenbezogene Müdigkeit, in der Untersuchung erfasst. Deskriptive Ergebnisse zu diesen Variablen für die Bedingung 1 (repetitiv, ereignisarm) sind in Tabelle 58 dargestellt.

Tabelle 58: Deskriptive Ergebnisse zur Bedingung 1 (repetitiv, ereignisarm) U3

	Mittelwert	SD	N
Monotonieerleben	7.33	1.912	36
Langeweile	5.97	2.184	36
Müdigkeit	6.72	2.288	36

Zur Klärung des Zusammenhangs dieser drei Variablen wurde eine Produkt-Moment-Korrelation (Pearson-Korrelation) durchgeführt (Tabelle 59).

Tabelle 59: Korrelationsmatrix zur Bedingung 1 (repetitiv, ereignisarm) U3

	Monotonieerleben	Langeweile
Monotonieerleben		
Langeweile	.75***	
Müdigkeit	.40*	.48**

\*\*\* $p < 0.001$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \* $p < 0.05$

Die Ergebnisse zeigen eine hohe Korrelation von Monotonieerleben und Langeweile ( $r = .75$ ,  $p < .001$ ,  $n = 36$ ) und eine mittlere bis hohe Korrelation von Monotonieerleben und Müdigkeit ( $r = .40$ ,  $p = .016$ ,  $n = 36$ ) (Cohen, 1988).

Zusätzlich ergibt sich eine mittlere bis hohe Korrelation von Langeweile und Müdigkeit ( $r = .48$ ,  $p = .003$ ,  $n = 36$ ) (Cohen, 1988).

Die hohe Korrelation von Langeweile und Monotonie war aufgrund der Ähnlichkeit der theoretischen Konzepte zu erwarten (vgl. Kapitel 3.2.1.1). Der Wert von  $r = .75$  zeigt aber auch, dass die beiden Konstrukte nicht vollkommen identisch sind, wie von einigen Autoren beschrieben (Smith, 1955; Thackray, 1981; Thackray et al., 1977; Welford, 1965).

Die Korrelation von Müdigkeit und Monotonie ist mit  $r = .40$  ebenfalls groß genug, um die im Kapitel 3.2.1.2 beschriebene konzeptuelle Verwandtschaft aufzuzeigen. Dies gilt insbesondere für die von May und Baldwin (2009) beschriebene Form der passiven aufgabenbezogenen Müdigkeit.

## 8.6 Diskussion

In der dritten Untersuchung wurde der Einfluss von verschiedenen Aspekten von Unterbelastung auf Monotonie betrachtet. Folgende Fragestellungen standen dabei im Zentrum:

### Fragestellung 1

Führen Ereignisarmut und Repetitivität in einer Überwachungsaufgabe zu Monotonieerleben und Leistungseinbußen?

### Fragestellung 2

Welchen Beitrag haben die Aufgabenmerkmale Ereignisarmut und Repetitivität jeweils zu Monotonie?

Für die Beantwortung der Fragestellungen mit Hilfe der aufgestellten Hypothesen lässt sich aus den Ergebnissen Folgendes ableiten.

*Monotoniererleben*

Im Einklang mit den Hypothesen konnte ein stärkeres Monotonieerleben bei ereignisarmen Aufgaben aufgezeigt werden (H1a). Dies unterstützt die Annahme, dass Aufgaben, die von Ereignisarmut geprägt sind, nicht genügend Stimulation zur ausreichenden Aktivierung des zentralen Nervensystems bieten und damit das Entstehen von Monotoniezuständen fördern (Michael, 2011).

Entgegen der Erwartungen kann kein Haupteffekt von Repetitivität auf das Erleben von Monotonie festgestellt werden (H1b). Für die Repetitivität zeigte sich in den Ergebnissen lediglich eine Tendenz (nicht signifikant) in die erwartete Richtung. Unklar ist, wieso kein signifikanter Effekt durch das Aufgabenmerkmal Repetitivität auf das Monotonieerleben aufgezeigt werden konnte, insbesondere, da der Einfluss von Repetitivität auf Monotonie in anderen Untersuchungen bestätigt wurde (vgl. Davies et al., 1983; Melamed et al., 1995a; Straussberger, 2006).

Ausgehend von der Theorie (vgl. Kapitel 3) wurde erwartet, dass durch die Repetitivität die physiologische Aktivierung durch die präsentierten Reize abgeschwächt wird (Habituationseffekte) und sich dies auch in verstärktem Monotonieerleben zeigt (Thiffault & Bergeron, 2001). Zusätzlich wurde eine Reduktion der Aktivierung, verbunden mit einer Steigerung des Monotonieerlebens, durch die erhöhte Vorhersehbarkeit der Situation und verringerte Aufgabenkomplexität erwartet (vgl. Michael, 2011). Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen eine Tendenz in die erwartete Richtung auf. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, dass die Versuchsdauer für die Bedingung der Repetitivität (jeweils 10 Min.) zu kurz war für die Entstehung von deutlicheren Unterschieden im Monotonieerleben. Ggf. hätten mehr Wiederholungen der Reize, z. B. durch eine längere Versuchsdauer, einen stärkeren Effekt erzeugen können.

Aus den Ergebnissen leitet sich für die betrachtete Überwachungsaufgabe ab, dass eine geringe Ereignishäufigkeit einen deutlich stärkeren Effekt auf das Monotonieerleben hat als eine hohe Repetitivität. Die Annahme, dass Ereignisarmut als das vorrangige Merkmal von Überwachungstätigkeiten (vgl. Johansson, 1989) einen stärkeren Einfluss auf Monotonie ausübt, wird dadurch gestützt (H1c). Die Begründung dafür liegt Vermutlich in der Menge der von den Aufgabenmerkmalen betroffenen kognitiven Prozessen (vgl. auch Kapitel 2.2 „Kognitive Anforderungen an Zugverkehrsleitende“). Repetitivität in Überwachungsaufgaben, wie die der Zugverkehrsleitenden, bezieht sich primär auf die kognitiven Prozesse der Wahrnehmung von Reizen. Ereignisarmut als Bedingung betrifft zusätzlich zu der Wahrnehmung auch die Prozesse der Entscheidungsfindung und der Handlungssteuerung (vgl. Elsner & Prinz, 2012). Dadurch, dass mehr kognitive Prozesse

von der primären Charakteristik der Aufgabe betroffen sind, wirkt sich diese stärker auf Monotonie aus. Bei Aufgaben, in denen Repetitivität das vorrangige Merkmal ist, wie z. B. Montagearbeiten am Fließband, wirkt sich diese z. B. auch auf Prozesse der Handlungssteuerung aus, wodurch sich dieses Merkmal dort stärker auf Monotonie auswirken dürfte.

Die Hypothese, dass bei der Kombination der Aufgabenmerkmale Repetitivität und Ereignisarmut der Einfluss auf das Monotonieerleben stärker ist, als wenn nur eines dieser Aufgabenmerkmale vorhanden ist, wird durch die Daten nicht gestützt (H1d). Die Ergebnisse zeigen für die beiden Aufgabenmerkmale Ereignisarmut und Repetitivität keine Interaktion bezüglich ihrer Wirkung auf das Monotonieerleben. Die Ergebnisse ergänzen damit eine Lücke in bisherigen Studien zur Ermittlung beitragender Faktoren zu Monotonie, in denen keine Aussagen zu möglichen Interaktionen getroffen werden (z. B. Dunn, 2011; Dunn & Williamson, 2011; Johansson, 1989; Straussberger, 2006). Als Grund für das Fehlen einer Interaktion wird vermutet, dass Repetitivität und Ereignisarmut Ausdruck desselben Merkmals sind. Diese Interpretation unterstützt die Sichtweise von Michael (2011), die Stimulusvariabilität als ein solches übergreifendes Merkmal bezeichnet.

Die Stimulusvariabilität als Merkmal würde sich, je nach Ausprägung (repetitiv oder ereignisarm), in einer Aufgabe auf unterschiedliche kognitive Prozesse auswirken (siehe oben), was den in dieser Untersuchung beobachteten Haupteffekt (Ereignisarmut wirkt sich stärker auf das Monotonieerleben aus als Repetitivität) erklären könnte. Falls dies der Fall ist, wäre die Trennung der beiden Merkmale aus theoretischer Sicht unnötig. Aus praktischen Überlegungen kann die Trennung dennoch Sinn machen, da Repetitivität und Ereignisarmut als Begriffe leichter verständlich sind als das abstraktere Konzept der Stimulusvariabilität.

### *Leistungsmaße*

Entgegen der Hypothesen kann keine Reduktion der Entdeckungsleistung ( $d'$ ) durch das Aufgabenmerkmal Ereignisarmut festgestellt werden (H2a). Das Gegenteil ist der Fall, bei Ereignisarmut stieg die Entdeckungsleistung. Ebenfalls entgegen der Hypothesen erhöhte sich die Entdeckungsleistung ( $d'$ ) bei Repetitivität (H2b).

Das Aufgabenmerkmal Ereignisarmut hatte einen stärkeren Einfluss auf die Entdeckungsleistung ( $d'$ ) als Repetitivität, dieser zeigte sich jedoch entgegengesetzt der vermuteten Wirkungsrichtung (H2c).

Eine Interaktion der Aufgabenmerkmale Repetitivität und Ereignisarmut in Bezug auf die Entdeckungsleistung ( $d'$ ) konnte nicht aufgezeigt werden (H2d).

Die Reaktionszeit wurde durch das Aufgabenmerkmal Ereignisarmut nicht verändert (H3a).

Nicht gestützt wird die Vermutung, dass sich durch das Aufgabenmerkmal Repetitivität die Reaktionszeit verlängert (H3b). Das Gegenteil, nämlich eine verkürzte Reaktionszeit, wurde festgestellt.

Konträr zu den Hypothesen hatte das Aufgabenmerkmal Repetitivität einen stärkeren Einfluss auf die Reaktionszeit als Ereignishäufigkeit (H3c). Die Hypothese, dass bei der Kombination der Aufgabenmerkmale Repetitivität und Ereignisarmut der Einfluss auf die Reaktionszeit stärker ist, als wenn nur eines dieser Aufgabenmerkmale vorhanden ist, wird durch die Daten nicht gestützt (H3d).

In Bezug zu den Ergebnissen der Hypothesenprüfung ist insbesondere erklärungsbedürftig, warum ein Teil der in den Ergebnissen aufgezeigten Effekte entgegengesetzt zu den Hypothesen liegt. Aus welchem Grund stieg die Entdeckungsleistung und sank die Reaktionszeit bei gleichzeitigem Anstieg des Monotonieerleben? Auf den ersten Blick wirken diese Ergebnisse paradox, die genauere Betrachtung der Überwachungsaufgabe, die von den Teilnehmenden ausgeführt wurde, lässt aber eine mögliche Interpretation zu.

Durch die Manipulation der Ereignishäufigkeit und Repetitivität wurde vermutlich der Schwierigkeitsgrad der Überwachungsaufgabe reduziert. Vermutete Ursachen dafür sind weniger Möglichkeiten Fehler zu machen (Ereignisarmut) und Lerneffekte in der repetitiven Bedingung. Dies führte zu einer Erhöhung der Leistung (Erkennungsleistung ( $d'$ ) und Reaktionszeit), die jedoch primär ein Artefakt der einfacheren Aufgabe darstellt.

Diese Erklärung für die scheinbar der Theorie widersprechenden Ergebnisse weist auf eine grundlegende methodische Schwäche im Design der Untersuchung hin. Bei dieser Schwäche handelt es sich um die nicht über alle vier Versuchsbedingungen konstant gehaltene Aufgabenschwierigkeit, die als Störvariable die Leistung beeinflusst hat. Die Interpretation der Ergebnisse ist dadurch nicht wie geplant möglich, da das Ausmaß des Einflusses der Aufgabenschwierigkeit auf die Leistungsmaße nicht eindeutig quantifiziert werden kann.

Die theoretischen Überlegungen, die eine Leistungsreduktion durch Monotonie vermuten lassen, werden deshalb durch die vorliegenden Ergebnisse weder bestätigt noch in Frage gestellt.

### *Praktische Bedeutung der Ergebnisse*

Durch die Trennung der Faktoren Ereignishäufigkeit und Repetitivität in der Untersuchung wurde die Grundlage für eine differenziertere Betrachtung von Monotonie als Phänomen geschaffen. Dies ermöglicht für Aufgaben, in denen diese Faktoren konfundiert auftreten (z. B. in der Zugverkehrsleitung), einen gezielteren Einsatz von Maßnahmen zur Bekämpfung von Monotonie.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass es keine Interaktion der Aufgabenmerkmale Repetitivität und Ereignisarmut hinsichtlich des Monotonieerlebens gibt. Dieses Ergebnis sollte jedoch nicht als eine „Entwarnung“ bezüglich der Problematik von schlecht gestalteten Arbeitsaufgaben gesehen werden. Gut gestaltete Aufgaben sollten, zumindest im Hinblick auf Monotonie, Ereignisarmut und Repetitivität minimal halten.

Der aufgezeigte Einfluss von Ereignisarmut auf Entstehung und Erleben von Monotonie ist in der Praxis bei vielen Arbeiten bedeutend. Durch Automatisierung werden häufig Ereignisse, die bisher von Menschen erkannt und bearbeitet werden mussten, zukünftig maschinell erledigt. Durch den Trend der Automatisierung in der Zugverkehrsleitung dürfte das Problem der Monotonie generell zunehmen. In einem ungünstigen Fall könnten in der Praxis negative Auswirkungen auf Leistung durch Monotonie, wie in dieser Untersuchung, von Veränderungen der Aufgabenschwierigkeit verdeckt werden.

Für die Entwicklung von Maßnahmen gegen Monotonie bei Überwachungsaufgaben lässt sich ableiten, dass diese optimalerweise die Unterbelastung, insbesondere das dazu beitragende Aufgabenmerkmal Ereignisarmut, reduzieren.

Die Ergebnisse zeigen auf, dass für die Bewertung von Maßnahmen gegen Monotonie verschiedene Symptome betrachtet werden müssen. Die alleinige Betrachtung z. B. von Leistungskomponenten reicht für eine humangerechte Gestaltung von Maßnahmen nicht aus und könnte leicht zu Fehlschlüssen zu der Wirksamkeit dieser führen. Insbesondere, um negative Auswirkungen wie Unzufriedenheit, erhöhte Fluktuation, unzulässige Nebenbeschäftigungen oder Einschlafen am Arbeitsplatz zu verhindern, müssen auch Erlebenskomponenten berücksichtigt werden.

*Weitere Erkenntnisse*

In den explorativen Auswertungen zu den Variablen Erleben von Monotonie, aufgabenbezogene Langeweile und Müdigkeit konnten deutliche Zusammenhänge festgestellt werden. Diese Feststellung unterstützt die Schlussfolgerungen aus dem Theoriekapitel (Kapitel 3) und Untersuchungen von Melamed (1995a) und Johansson, Cavalini & Pettersson (1996), dass es sich bei aufgabenbezogener Langeweile und passiver aufgabenbezogener Müdigkeit um Erlebenskomponenten von Monotonie als Zustand handelt.

Die Theorie geht davon aus, dass Monotonie und passive aufgabenbezogene Müdigkeit konzeptuell nicht unterscheidbar sind (vgl. 3.2.1.2 Passive aufgabenbezogene Müdigkeit). Die vorliegende empirische Untersuchung zeigt jedoch, dass es keine perfekte Korrelation zwischen den beiden gibt, die Probanden also durchaus zwischen Monotonie und Müdigkeit differenzieren. Die Ergebnisse sind damit im Einklang mit den Ergebnissen von Dunn und Williamson (2011), die in Untersuchungen mit Lokführenden aufzeigen konnten, dass diese Monotonieerleben und das Erleben von Müdigkeit unterschieden werden können.

Die Ergebnisse zeigen, dass es gerechtfertigt ist, die drei Konstrukte (Monotonie, Langeweile, Müdigkeit) getrennt voneinander zu erfassen.

In der nachfolgenden Untersuchung 4 (U4, Kapitel 9) wird eine Maßnahme der Aufgabenbereicherung in mehreren Anforderungsniveaus zur Reduktion von Unterbelastung evaluiert. Bei der Evaluation werden neben dem Monotonieerleben auch die Entdeckungsleistung und Reaktionszeit berücksichtigt.

## **9 U4: Experimentelle Untersuchung des Einflusses von Sekundäraufgaben auf Monotonie**

Die vierte Untersuchung (U4) thematisiert den Einfluss von Sekundäraufgaben mit unterschiedlichem Anforderungsniveau auf Monotonie. Es wird geklärt, inwiefern sich eine Erhöhung des Anforderungsniveaus durch eine Sekundäraufgabe gegen Monotonie auswirkt. Zu diesem Zweck wurde ein experimentelles Design mit Erhebungen im Labor umgesetzt.

In Kapitel 4 wurden bereits verschiedene personenbezogene, technikbezogene und organisationale Maßnahmen zum Umgang mit Monotonie bei Tätigkeiten mit überwachender Kontrolle erläutert und miteinander in Beziehung gesetzt.

Bei den Sekundäraufgaben, die in der vorliegenden Untersuchung betrachtet werden, handelt es sich um Aufgabenbereicherungen (job enrichment) (vgl. Kapitel 4.3.3). Die Aufgabenbereicherung gehört zu den organisationalen Maßnahmen. Sie wird von verschiedenen Autoren als geeignete Maßnahme zur Bekämpfung von Monotonie betrachtet (Davies et al., 1983; Demerouti et al., 2012; Link, 2011; Thackray, 1980).

Aufgabenbereicherung bedeutet, dass die ausgeführte (Überwachungs-)Tätigkeit mit zusätzlichen Aufgaben auf höherem Anforderungsniveau angereichert wird. Dadurch findet eine qualitative Veränderung der Tätigkeit statt. Maßnahmen der Aufgabenbereicherung erweitern nach Kreikebaum und Herbert (1988) den Tätigkeitsspielraum von Ausführenden, indem sie die Anforderungen der Arbeit an unterschiedlichen Fähigkeiten erhöhen (skill variety). Insbesondere erfordern sie zusätzliche antizipatorische Denkleistungen (Ulich, 2005). Zusätzlich erweitern sie den Entscheidungs- und Kontrollspielraum durch Erhöhung der Autonomie (Kreikebaum & Herbert, 1988). Maßnahmen der Aufgabenbereicherung enthalten oft Bestandteile einer Aufgabenerweiterung, sind dieser in der Praxis jedoch sowohl in Bezug auf das Ziel einer möglichst humangerechten (vollständigen) Aufgabe als auch unter ökonomischen Effizienzkriterien vorzuziehen (Kreikebaum & Herbert, 1988; Ulich, 2005).

Abhängig von der konkreten Ausgestaltung einer Aufgabenbereicherung kann diese sowohl zusätzliche reaktionsrelevante Ereignisse in eine Aufgabe mit einbringen als auch repetitive Zyklen durchbrechen. Für eine entsprechend gestaltete Aufgabenbereicherung wird dadurch eine monotoniereduzierende Wirkung erwartet.

Bei der Gestaltung einer Aufgabenbereicherung muss darauf geachtet werden, dass das Ausführen der zusätzlichen Aufgabe nicht in Konflikt steht mit der ursprünglichen Aufgabe. Im Falle, dass die beiden Aufgaben miteinander in Konflikt stehen, könnte eine Leistungsminderung in der ursprünglichen Aufgabe erfolgen (Schömig & Metz, 2013; Wickens, 2002). Für Überwachungsaufgaben bedeutet dies, dass durch eine Bereicherung die Aufmerksamkeit möglichst nicht reduziert oder von den zu überwachenden Elementen abgelenkt werden sollte.

## 9.1 Ziel

Ziel dieser Untersuchung ist die Prüfung der Wirksamkeit einer spezifischen Maßnahme gegen Monotonie. Die ausgewählte Maßnahme der Aufgabenbereicherung soll zu diesem Zweck im Kontext einer Überwachungsaufgabe die Aufgabenmerkmale Ereignisarmut und Repetitivität als Elemente von Unterbelastung bzw. die daraus entstehende Monotonie reduzieren. Nach den Ergebnissen aus der vorausgehenden Untersuchung (vgl. Kapitel 8) liegt der Fokus primär auf der Reduktion von Ereignisarmut und sekundär auf dem Unterbrechen von Repetitivität.

Neben der Betrachtung der generellen Wirksamkeit der Maßnahme soll auch eruiert werden, inwiefern sich verschiedene Niveaus von kognitiver Anforderung, die durch die Maßnahme induziert werden, auf deren Effektivität auswirken. Um die Wirksamkeit der Maßnahme beurteilen zu können, werden sowohl Erleben als auch Leistungsmaße als Symptome von Monotonie berücksichtigt.

## 9.2 Fragestellungen

In der vierten Untersuchung sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

### **Fragestellung 1**

Reduziert die Aufgabenbereicherung durch eine Sekundäraufgabe das Monotonieerleben und die Leistungsminderung in Überwachungsaufgaben?

### **Fragestellung 2**

Reduziert eine anspruchsvolle, d. h. kognitiv belastende Sekundäraufgabe das Monotonieerleben und die Leistungseinbußen stärker als eine kognitiv weniger belastende Sekundäraufgabe?

Die beiden Fragestellungen beziehen sich auf die übergreifende Fragestellung zu den Möglichkeiten der Reduktion von Monotonie (Kapitel 5.1.3) und differenzieren diese.

Die Wirksamkeit der Aufgabenbereicherung als Maßnahme wird in Bezug auf verschiedene Symptome von Monotonie mit betrieblicher Relevanz in der Domäne der Zugverkehrsleitung untersucht. Wie bereits in der vorausgehenden Untersuchung (Kapitel 8) wurden Monotonieerleben, Entdeckungsleistung ( $d'$ ) und Reaktionszeit erfasst.

Inwiefern sich unterschiedliche Niveaus der kognitiven Anforderung durch eine Aufgabenbereicherung in ihrer Wirkung gegen Monotonie unterscheiden, ist bisher noch unklar.

Unterbelastung konnte bereits in den ersten beiden Untersuchungen (Kapitel 6 und 7) als Ursache von Monotonie im Kontext der Zugverkehrsleitung und Überwachungsaufgaben bestätigt werden.

Gershon, Ronen, Oron-Gilad und Shinar (2009) konnten in einer Untersuchung im Fahrsimulator aufzeigen, dass eine Erhöhung des Anforderungsniveaus in einer unterfordernden Fahraufgabe durch eine Aufgabenbereicherung in Form einer kognitiv anspruchsvollen Zusatzaufgabe (interactive cognitive task) geeignet ist, um Monotonie entgegenzuwirken. Berücksichtigt wurden dabei verschiedene monotonietytische Symptome zu Erleben, Leistungsminderung und physiologischen Veränderungen.

Erfolgreich gegen Monotonie wirkte in einer Untersuchung in einem Lok-Fahrsimulator die Erhöhung des Anforderungsniveaus durch einfache Rechenaufgaben, die anstelle von Zahlen auf den Verkehrsschildern zur Geschwindigkeitsbegrenzung neben der Strecke gezeigt wurden (Dunn, 2011; Dunn & Williamson, 2012b). Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten, dass Lokführende in der Aufgabe mit dem höheren Anspruchsniveau (mit Rechenaufgaben) die bessere Leistung mit weniger Fehlern beim Fahren zeigten im Vergleich mit denen auf dem tieferen Anspruchsniveau (ohne Rechenaufgaben).

Auf Grundlage dieser Ergebnisse ist davon auszugehen, dass, je höher die kognitive Anforderung durch eine Aufgabenbereicherung ist, desto stärker deren Wirkung gegen Monotonie sein sollte. Eine Übertragbarkeit auf den Kontext einer Überwachungsaufgabe, wie sie in der Zugverkehrsleitung gegeben ist, muss allerdings noch geprüft werden.

Eine zu hohe Anforderung könnte jedoch, ähnlich wie bei Monotonie, eine Reduktion der Leistung zur Folge haben und soll deshalb verhindert werden.

Hinweise darauf, dass ein zu hohes Anforderungsniveau zu einer Leistungsreduktion führen kann, gibt das Modell von Hancock und Warm (1989), indem ein umgekehrt U-förmiger Zusammenhang zwischen dem Anforderungsniveau und Leistung aufgezeigt wird. Eine Leistungssteigerung durch Erhöhung des Anspruchsniveaus ist entsprechend nur bis zu einem „optimalen“ Niveau zu erwarten (vgl. 3.2.2.4 Theoretische Modelle zur Abnahme von Aufmerksamkeit bei Monotonie).

### 9.3 Hypothesen

In Bezug auf das Ziel und die Fragestellungen leiten sich jeweils eine Wirksamkeitshypothese und eine Wirksamkeitsunterschiedshypothese für jedes der betrachteten Symptome ab.

*Tabelle 60: Hypothesen U4*

<b>Nr.</b>	<b>Hypothesen</b>
<b>H1a</b>	In einer Überwachungstätigkeit reduziert Aufgabenbereicherung durch eine Sekundäraufgabe die Entwicklung von Monotonieerleben gegenüber einer Überwachungstätigkeit ohne Sekundäraufgabe.
<b>H1b</b>	Je höher das Anforderungsniveau, desto geringer ist die Entwicklung von Monotonieerleben.
<b>H2a</b>	In einer Überwachungstätigkeit erhöht Aufgabenbereicherung durch Sekundäraufgabe die Entdeckungsleistung (d') für kritische Ereignisse gegenüber einer Überwachungstätigkeit ohne Sekundäraufgabe.
<b>H2b</b>	Je höher das Anforderungsniveau, desto höher ist die Entdeckungsleistung (d') für kritische Ereignisse.
<b>H3a</b>	In einer Überwachungstätigkeit verkürzt Aufgabenbereicherung durch Sekundäraufgabe die Reaktionszeiten für kritische Ereignisse gegenüber einer Überwachungstätigkeit ohne Sekundäraufgabe.
<b>H3b</b>	Je höher das Anforderungsniveau, desto kürzer ist die Reaktionszeit für kritische Ereignisse.

## 9.4 Methode

### 9.4.1 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 40 Versuchspersonen teil. Die Stichprobe bestand aus 27 weiblichen und 13 männlichen Teilnehmenden. Die Teilnehmenden waren im Alter zwischen 20 und 52 Jahren ( $M = 28.53$ ,  $SD = 6.32$ ).

Bei den Teilnehmenden handelte es sich um eine anfallende Stichprobe. Die Teilnehmenden waren Studierende und Mitarbeitende der Fachhochschule Nordwestschweiz. Für die Akquise wurden in verschiedenen Hochschulen (angewandte Psychologie, Wirtschaft, soziale Arbeit) Studierende für eine Teilnahme angefragt. Als Anreiz für eine Teilnahme wurden 15 Konsumationsgutscheine im Wert von jeweils CHF 10.– unter den Teilnehmenden verlost. Die Teilnahme am Experiment war für alle Versuchspersonen freiwillig.

### 9.4.2 Design

Die Prüfung der Hypothesen wurde in einem experimentellen Laborsetting in einem unifaktoriellen between-subjects Design mit drei Faktorstufen (Anforderungsniveau tief, mittel und hoch) realisiert. Dabei wurden Symptome für Monotonie bei einer Überwachungsaufgabe (Primäraufgabe) erhoben. Das Monotonieerleben wurde vor und nach der Aufgabenbearbeitung erhoben, Entdeckungsleistung ( $d'$ ) und Reaktionszeit wurden während des Ausführens der Aufgabe erfasst.

Die Überwachungsaufgabe war identisch mit der in U3 (Bedingung 1, Kapitel 8). Die Aufgabe der Versuchspersonen bestand darin, auf einem Bildschirm auftretende Reize (Nummern und Kreise) zu überwachen. Dabei gab es unter den Reizen „kritische Ereignisse“, auf die mit Tastendruck reagiert werden musste, die anderen Reize erforderten keine Reaktion der Versuchspersonen (vgl. 9.4.3 Überwachungsaufgabe).

Die abhängigen Variablen wurden zu diesem Zweck wie folgt operationalisiert. Als Kennzeichen für das Erleben von Monotonie wurde das Monotonieempfinden auf einer Single-Item-Skala mittels einer Selbsteinschätzung der Versuchspersonen beurteilt (Abbildung 32).

Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles Monotonieempfinden in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment empfinde ich die Arbeit als...

gar nicht monoton								sehr monoton	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Abbildung 32: Single-Item-Skala zur Messung des Erlebens von Monotonie

Für die Bestimmung der Entwicklung des Monotonieerlebens wurde die Differenz der Messungen vor und nach der Aufgabenbearbeitung verwendet. Die Variable, die die Entwicklung von Monotonieerleben bezeichnet, ist  $\Delta$  Monotonieerleben.

$$\Delta \text{ Monotonieerleben} = \text{Monotonieerleben}_{\text{nachher}} - \text{Monotonieerleben}_{\text{vorher}}$$

Die erhobenen Leistungsmaße sind identisch mit denen in Untersuchung 3 (Kapitel 8). Die Entdeckungsleistung wurde mit der Sensitivität  $d'$  operationalisiert (vgl. Kapitel 3.4.2 Methoden und Instrumente zur Erfassung der Leistungskomponenten von Monotonie). Das Sensitivitätsmaß  $d'$  ist ein valides Maß der Erkennungsleistung bei Detektionsaufgaben (Hofer & Schwaninger, 2004; Schwaninger, 2005b). Es wird berechnet, indem die standardisierte (Z-transformierte) Rate der falschen Alarme von der standardisierten (Z-transformierten) Rate der Treffer abgezogen wird.

$$d' = Z(\text{Trefferrate}) - Z(\text{Rate falscher Alarme})$$

Eine Entdeckungsleistung  $d' = 0$  bedeutet, dass Trefferrate und Rate falscher Alarme gleich groß, also die Treffer zufällig zustande gekommen sind.

Bei der erhobenen Reaktionszeit handelt es sich um die durchschnittliche Reaktionszeit zwischen dem Auftauchen eines kritischen Ereignisses und der korrekten Reaktion mit Tastendruck darauf (vgl. 9.4.3 Überwachungsaufgabe). Sie bezieht sich entsprechend nur auf korrekt erkannte kritische Ereignisse (Treffer) und nicht auf falsche Alarme oder nicht erkannte bzw. verpasste kritische Ereignisse. Die Reaktionszeit wurde in Millisekunden (ms) erhoben.

Unabhängige Variable ist die kognitive Anforderung. Die kognitive Anforderung wurde für das Experiment in drei Anforderungsniveaus variiert (tief, mittel, hoch). Die Versuchspersonen im

Anforderungsniveau *tief* bearbeiteten nur die Überwachungsaufgabe (Primäraufgabe). In den Anforderungsniveaus *mittel* und *hoch* mussten die Versuchspersonen, zusätzlich zu der Überwachungsaufgabe, eine Sekundäraufgabe ausführen. Eine ausführliche Beschreibung der Anforderungsniveaus befindet sich in der Beschreibung der Aufgabenbereicherung (vgl. 9.4.4 Aufgabenbereicherung).

Tabelle 61: Abhängige und unabhängige Variablen U4

		AV
Anforderungs- niveau (UV)	tief (ohne Sekundäraufgabe)	$\Delta$ Monotonieerleben Entdeckungsleistung ( $d'$ ) Reaktionszeit
	mittel (Sekundäraufgabe Anzahl)	$\Delta$ Monotonieerleben Entdeckungsleistung ( $d'$ ) Reaktionszeit
	hoch (Sekundäraufgabe Summe)	$\Delta$ Monotonieerleben Entdeckungsleistung ( $d'$ ) Reaktionszeit

In Tabelle 62 werden die in der Untersuchung berücksichtigten Kontrollvariablen aufgelistet. Für jede Kontrollvariable wird aufgezeigt, welchen Einfluss diese auf die Untersuchung haben könnte und wie in der vorliegenden Untersuchung damit umgegangen wurde.

Tabelle 62: Kontrollvariablen U4

Kontrollvariable	Einfluss	Umgang in der Untersuchung
Technik	Unterschiedliche technische Ausrüstung (Bildschirmgröße, Hardwareperformance) könnte Entdeckungsleistung und Reaktionszeit beeinflussen.	Fixierung: Alle Teilnehmenden bearbeiteten die Aufgabe an identisch ausgestatteten Computern.
Testumgebung	Unterschiedliche Testumgebungen (Raumgestaltung) könnten die Entstehung von Monotonie beeinflussen.	Kontrolle: Das Experiment fand für alle Teilnehmenden im selben Raum statt.
Überlastung durch Sekundäraufgabe	Das ausführend der Sekundäraufgabe könnte bei einer zu hohen Anforderung die Leistung in der Primäraufgabe reduzieren.	Kontrolle: Die Teilnehmenden wurden instruiert, dass das Ausführen der Primäraufgabe Priorität vor dem Ausführen der Sekundäraufgabe hat.
Ablenkung durch Kommunikationsmittel	Die Störung durch Kommunikationsmittel (z. B. Mobiltelefon) könnte Monotonie unterbrechen.	Kontrolle: Die Teilnehmenden wurden vor Beginn des Experiments angewiesen, alle Kommunikationsmittel auszuschalten und abseits vom Arbeitsplatz abzulegen.
Ablenkung durch andere Teilnehmende	Gespräche oder Äußerungen von anderen Teilnehmenden während des Experiments könnten Monotonie durch Ablenkung reduzieren.	Kontrolle: Die Teilnehmenden wurden angewiesen, während des Experiments nicht miteinander zu sprechen und sich nicht gegenseitig abzulenken.
Ablenkung durch andere Teilnehmende	Die Aufgabenbearbeitung von anderen Versuchsteilnehmenden im selben Raum könnte Monotonie durch Ablenkung reduzieren.	Reduktion: Die Teilnehmenden wurden jeweils so im Raum platziert, dass sie alleine in einer Pultreihe sitzen und die Bildschirme von anderen Teilnehmenden nicht sehen konnten.

### 9.4.3 Überwachungsaufgabe

Die Überwachungsaufgabe und ihre visuelle Gestaltung waren angelehnt an die Aufgaben von Zugverkehrsleitenden in der Überwachung des Bahnverkehrs und an deren Arbeitsplätze. Wie bereits in Untersuchung 3 wurde für die Aufgabe die Software TRAINS verwendet. Eine detaillierte Beschreibung der Aufgabe befindet sich in Abschnitt 8.4.3.

Im Gegensatz zu Untersuchung 3 wurden die Einstellungen der Software in dieser Untersuchung konstant auf repetitiv und ereignisarm gehalten (Anhnag D.1). Die Dauer jedes Repetitionszyklus

betrug 60 Sekunden. Die Ereignishäufigkeit war etwas tiefer als in U3, dies wurde durch die längere Dauer, der die Versuchspersonen diesen Einstellungen ausgesetzt waren (25 Min.), ermöglicht.

#### **9.4.4 Aufgabenbereicherung**

Die konkrete Gestaltung der Aufgabenbereicherung wurde abgestimmt auf die Überwachungsaufgabe, die von den Versuchspersonen bearbeitet werden musste, damit mögliche Probleme durch Ablenkung der Aufmerksamkeit oder andere Konflikte der Aufgaben vermieden werden konnten.

Die Aufgabenbereicherung wurde mittels einer Sekundäraufgabe realisiert. Die Ausführung der Sekundäraufgabe beinhaltete die Erfassung von Ziffern, eine Kopfrechnung (anhängig vom Anforderungsniveau) und eine verbale Reaktion durch Nennung des Ergebnisses der Rechnung. Ausgelöst wurde die Sekundäraufgabe jeweils durch ein unregelmäßig auftretendes akustisches Signal (Klingel, durchschnittlich alle 2,5 Min.). Die Suche in der Sekundäraufgabe bezog sich auf die in der Primäraufgabe zu überwachenden Reize, damit die visuelle Aufmerksamkeit nicht von diesen abgelenkt wurde.

Die Unterschiede in den drei Anforderungsniveaus werden nachfolgend einzeln erläutert:

*Anforderungsniveau tief = Versuchsgruppe 0*

Die Versuchsteilnehmenden mussten nur die beschriebene Überwachungsaufgabe ausführen. Es gab keine Aufgabenbereicherung.

*Anforderungsniveau mittel = Versuchsgruppe 1*

Die Versuchsteilnehmenden mussten als Primäraufgabe die beschriebene Überwachungsaufgabe ausführen. Zusätzlich mussten sie eine Sekundäraufgabe ausführen. Die Sekundäraufgabe bestand darin, sobald ein akustisches Signal ertönt, alle Nummern auf dem Bildschirm zu erfassen, welche mit den Ziffern 1, 5 oder 9 beginnen. Die Anzahl dieser Nummern sollte bestimmt und laut ausgesprochen werden. Wenn zu diesem Zeitpunkt keine Nummern auf dem Bildschirm zu sehen waren, die den Kriterien entsprachen, sollten die Versuchspersonen „Null“ sagen.



Abbildung 33: Beispielbild für Anforderungsniveau 1 und 2

Für das Beispiel in Abbildung 33 sind eine Nummer mit der Startziffer 1, eine Nummer mit der Startziffer 5 und vier Nummern mit der Startziffer 9 zu sehen. Die Versuchsperson sollte bei dem akustischen Signal folglich laut „sechs“ sagen.

#### *Anforderungsniveau hoch = Versuchsgruppe 2*

Die Versuchsteilnehmenden mussten als Primäraufgabe die beschriebene Überwachungsaufgabe ausführen. Zusätzlich mussten sie eine Sekundäraufgabe ausführen. Die Sekundäraufgabe bestand darin, sobald ein akustisches Signal ertönt, alle Nummern auf dem Bildschirm zu erfassen, welche mit den Ziffern 1, 5 oder 9 beginnen. Die Startziffern dieser Nummern sollten addiert und die Gesamtsumme laut ausgesprochen werden. Wenn zu diesem Zeitpunkt keine Nummern auf dem Bildschirm zu sehen waren, die den Kriterien entsprachen, sollten die Versuchspersonen „Null“ sagen.

Für das Beispiel in Abbildung 33 lautet die laut auszusprechende Zahl für eine Versuchsperson auf diesem Anforderungsniveau „42“ ( $1 + 5 + 9 + 9 + 9 + 9 = 42$ ). Durch die zusätzliche Additionsaufgabe ist das Anforderungsniveau hier höher als bei VG 1.

### 9.4.5 Datenerhebung

Die Durchführung der Datenerhebung fand im Dezember 2019 in den Räumlichkeiten der FHNW in Olten statt.

Der Ablauf der Untersuchung fand für alle Teilnehmenden nach der gleichen Struktur statt. Die Zuteilung zu den Versuchsgruppen war zufällig, dabei wurde auf gleiche Gruppengrößen geachtet. Abbildung 34 gibt einen Überblick über den Ablauf des Experiments.

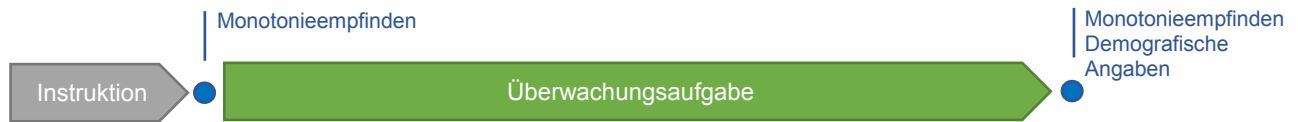


Abbildung 34: Ablauf der Datenerhebung in U4

Zu der Instruktion gehörte eine zweiminütige Testphase, bei der die Teilnehmenden die Aufgabe am Computer üben und Verständnisfragen stellen konnten. Auch wurden sie im Ausfüllen der Skala zum Erleben von Monotonie instruiert. Die Teilnehmenden der Versuchsgruppen mit den Anforderungsniveaus *mittel* und *hoch* erhielten nach der Testphase eine zusätzliche Instruktion zum Ausführen der jeweiligen Sekundäraufgabe. Die Instruktion war standardisiert für alle Gruppen (Anhang D.2) und wurde mithilfe einer PowerPoint-Präsentation visuell unterstützt.

Nach der Instruktion füllten die Teilnehmenden die Skala zum Erleben von Monotonie (vorher) aus. Es folgte eine 25 Minuten lange Phase, in der das Bearbeiten der Überwachungsaufgabe stattfand. Die Teilnehmenden der Versuchsgruppen mit den Anforderungsniveaus *mittel* und *hoch* bearbeiteten in dieser Phase gleichzeitig die Sekundäraufgabe. Die genauen Zeitpunkte für das akustische Signal der Sekundäraufgabe ist Tabelle 63 zu entnehmen.

Tabelle 63: Zeitpunkte für die Sekundäraufgabe (min.:sek) (U4).

1:45	3:40	6:00	8:30	11:10	14:00	16:50	19:15	22:00	24:10
------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Nach der Bearbeitung der Aufgaben wurden die Teilnehmenden angewiesen, die Skala zum Erleben von Monotonie (nachher) auszufüllen und einige demografische Fragen zu beantworten.

#### 9.4.6 Auswertung

Für die statistischen Auswertungen wurde die Software SPSS (IBM Corp., 2016) verwendet.

Die Werte aus den Skalen zur Messung des Monotonieerlebens wurden manuell von Papier in Excel übertragen, bevor sie zur Auswertung in SPSS importiert wurden. Im Anschluss wurde das  $\Delta$  Monotonieerleben aus den vorhandenen Werten berechnet.

Zur Berechnung der Entdeckungsleistung  $d'$  wurden in einem ersten Schritt die Trefferrate und die Rate der falschen Alarme aus den Logdateien der verwendeten Software TRAINS für alle Versuchsbedingungen und getrennt nach Teilnehmenden berechnet. Im zweiten Schritt wurde  $d'$  direkt aus diesen beiden Raten ermittelt.

Die durchschnittlichen Reaktionszeiten wurden direkt aus den Logdateien der verwendeten Software TRAINS entnommen.

Zur Überprüfung der Hypothesen wurden jeweils einfaktorielle Varianzanalysen (ANOVA) durchgeführt. Post-hoc wurden t-Tests mit Bonferroni-Korrektur umgesetzt.

Es mussten keine Daten von der Auswertung ausgeschlossen werden.

## 9.5 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden getrennt entsprechend der formulierten Hypothesen dargestellt.

### 9.5.1 Monotonieerleben

Die deskriptiven Ergebnisse zum  $\Delta$  Monotonieerleben zeigen die größte Erhöhung unter dem Anforderungsniveau „tief“ ( $M = 3.71$ ,  $SD = 2.23$ ). Die kleinste Erhöhung zeigt sich unter der dem Anforderungsniveau „hoch“ ( $M = 1.54$ ,  $SD = 1.61$ ) (vgl. Tabelle 64).

Tabelle 64: Deskriptive Ergebnisse zu  $\Delta$  Monotonieerleben U4

Anforderungsniveau	Mittelwert	SD	N
tief	3.71	2.23	14
mittel	2.15	2.64	13
hoch	1.54	1.61	13
Gesamt	2.50	2.34	40

In Abbildung 35 ist das  $\Delta$  Monotonieerleben in den drei Anforderungsniveaus grafisch dargestellt. Die Kastengrafik zeigt für jedes Anforderungsniveau den Mittelwert ( $\bar{x}$ ), den Median, die 25 % und 75 % Quartile (Kasten) und die beiden Extremwerte (Antennen). Werte mit einer Abweichung größer dem 1,5-fachen Interquartilsabstand werden als Ausreißer außerhalb der Antennen einzeln dargestellt (Punkte).

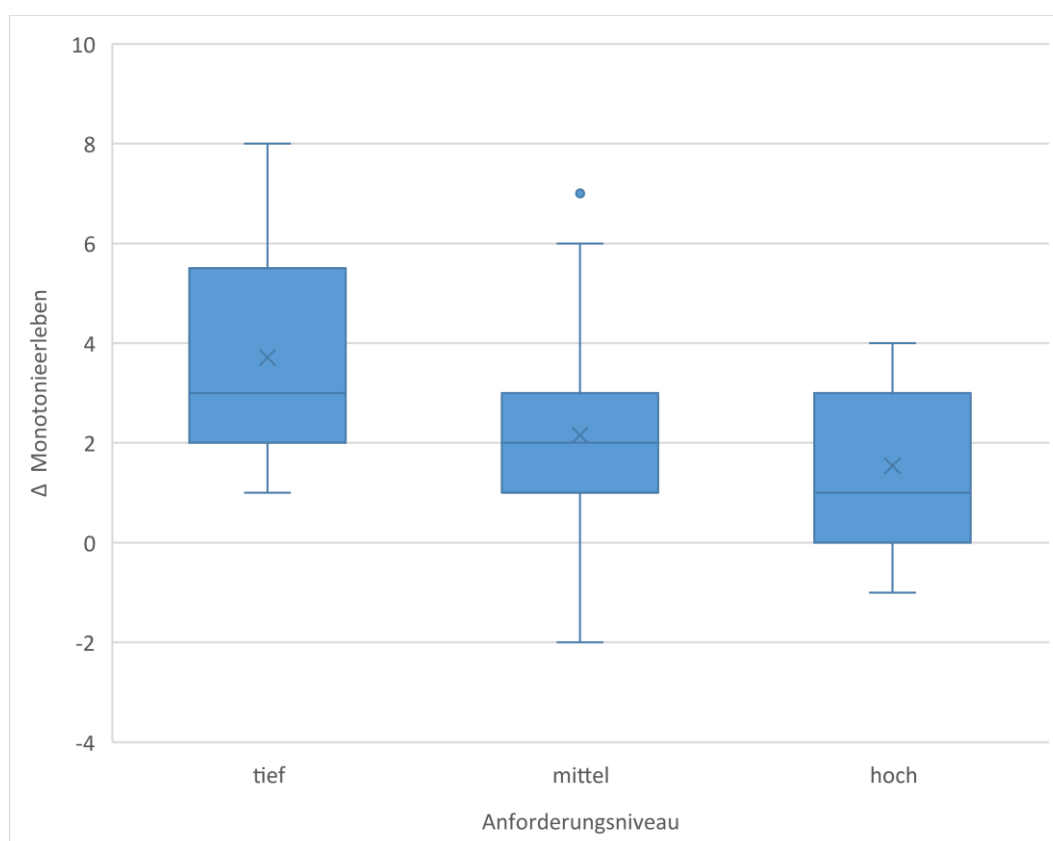


Abbildung 35:  $\Delta$  Monotonieerleben nach Anforderungsniveau U4

Zur Prüfung der Hypothesen 1a und 1b wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse (Tabelle 65) durchgeführt.

Tabelle 65: Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse zum  $\Delta$  Monotonieerleben U4

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	$\eta_p^2$
Anforderungsniveau	34.220	2, 37	17.110	3.521	.040	.160

Das Anforderungsniveau zeigt als Haupteffekt einen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung des Monotonieerlebens ( $F(2,37) = 3.52$ ,  $p = .040$ ,  $\eta_p^2 = .160$ ,  $n = 40$ ). Die Effektstärke wird als groß eingeschätzt (Cohen, 1988; Ellis, 2010). 11,4 % der Streuung der Monotonie-Werte um den Gesamtmittelwert kann durch das Anforderungsniveau erklärt werden (korrigiertes R-Quadrat). Im Einklang mit den Hypothesen konnte eine Reduktion der Entwicklung des Monotonieerlebens durch eine Sekundäraufgabe aufgezeigt werden.

Post-hoc paarweise Vergleiche mit Bonferroni-Korrektur (Tabelle 66) zeigen, dass sich die Werte der Versuchsgruppen zwischen den Anforderungsniveaus „tief“ ( $M = 3.71$ ,  $SD = 2.23$ ) und „hoch“ ( $M = 1.54$ ,  $SD = 1.61$ ) signifikant voneinander unterscheiden ( $p < .05$ )

Die Versuchsgruppe mit dem Anforderungsniveau „mittel“ ( $M = 2.15$ ,  $SD = 2.46$ ) zeigte jedoch bezüglich des  $\Delta$  Monotonieerlebens keine signifikanten Unterschiede zu den anderen Gruppen.

Tabelle 66: Ergebnisse der post-hoc-Tests zum  $\Delta$  Monotonieerleben U4

(I)Anforderungs- niveau	(J)Anforderungs- niveau	Mittlere Differenz (I-J)	SE	p (one- tailed)	95%- Konfidenzintervall	
					Untere Intervall- grenze	Obere Intervall- grenze
tief	mittel	1.56	.85	.111	-.57	3.69
	hoch	2.18*	.84	.022	.047	4.30
mittel	tief	-1.56	.85	.111	-3.69	.57
	hoch	.62	.86	.500	-1.55	2.78
hoch	tief	-2.18*	.85	.022	-4.30	-.05
	mittel	-.62	.86	.500	-2.78	1.55

\* $p < 0.05$

### 9.5.2 Entdeckungsleistung ( $d'$ )

Die deskriptiven Ergebnisse zur Entdeckungsleistung ( $d'$ ) zeigen die höchsten Werte unter dem Anforderungsniveau „tief“ ( $M = 3.00$ ,  $SD = 0.51$ ). Die tiefste Entdeckungsleistung zeigt sich unter dem Anforderungsniveau „hoch“ ( $M = 2.76$ ,  $SD = 0.35$ ) (vgl. Tabelle 67).

Tabelle 67: Deskriptive Ergebnisse zu Entdeckungsleistung ( $d'$ ) U4

Anforderungsniveau	Mittelwert	SD	N
tief	3.00	.51	14
mittel	2.88	.33	13
hoch	2.76	.35	13
Gesamt	2.88	.41	40

In Abbildung 36 ist die Entdeckungsleistung ( $d'$ ) in den drei Anforderungsniveaus grafisch dargestellt.

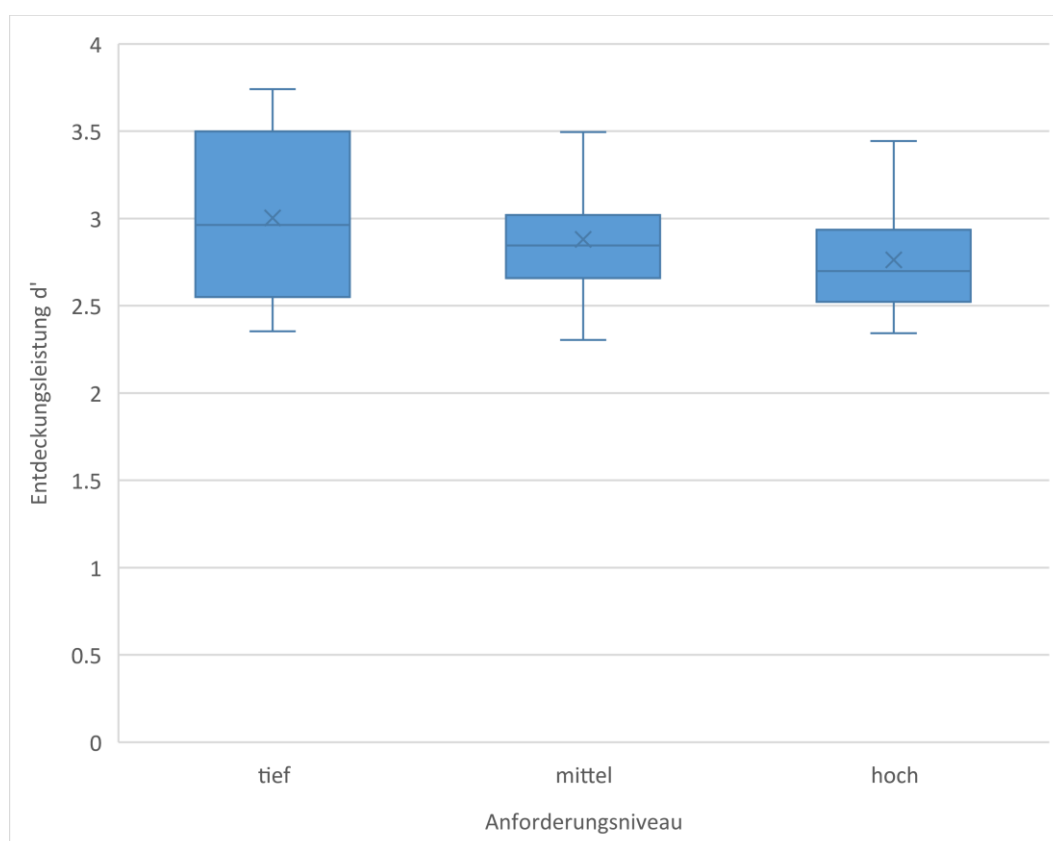


Abbildung 36: Entdeckungsleistung ( $d'$ ) nach Anforderungsniveau U4

Zur Prüfung der Hypothesen 2a und 2b wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse (Tabelle 68) durchgeführt.

Tabelle 68: Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse zur Entdeckungsleistung ( $d'$ ) U4

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	$\eta_p^2$
Anforderungsniveau	.385	2, 37	.193	1.164	.323	.059

Das Anforderungsniveau hat keinen signifikanten Einfluss auf die Entdeckungsleistung ( $d'$ ) ( $F(2,37) = 1.164$ ,  $p = .323$ ,  $\eta_p^2 = .059$ ,  $n = 40$ ).

### 9.5.3 Reaktionszeit

Die deskriptiven Ergebnisse zur Reaktionszeit zeigen die höchsten Werte unter dem Anforderungsniveau „tief“ ( $M = 2724.70$ ,  $SD = 274.34$ ). Die kürzeste Reaktionszeit zeigt sich unter dem Anforderungsniveau „hoch“ ( $M = 2558.00$ ,  $SD = 156.62$ ) (vgl. Tabelle 69).

Tabelle 69: Deskriptive Ergebnisse zur Reaktionszeit U4

Anforderungsniveau	Mittelwert	SD	N
tief	2724.70	274.34	14
mittel	2650.37	143.56	13
hoch	2558.00	156.62	13
Gesamt	2646.37	209.26	40

In Abbildung 37 ist die Reaktionszeit in den drei Anforderungsniveaus grafisch dargestellt.

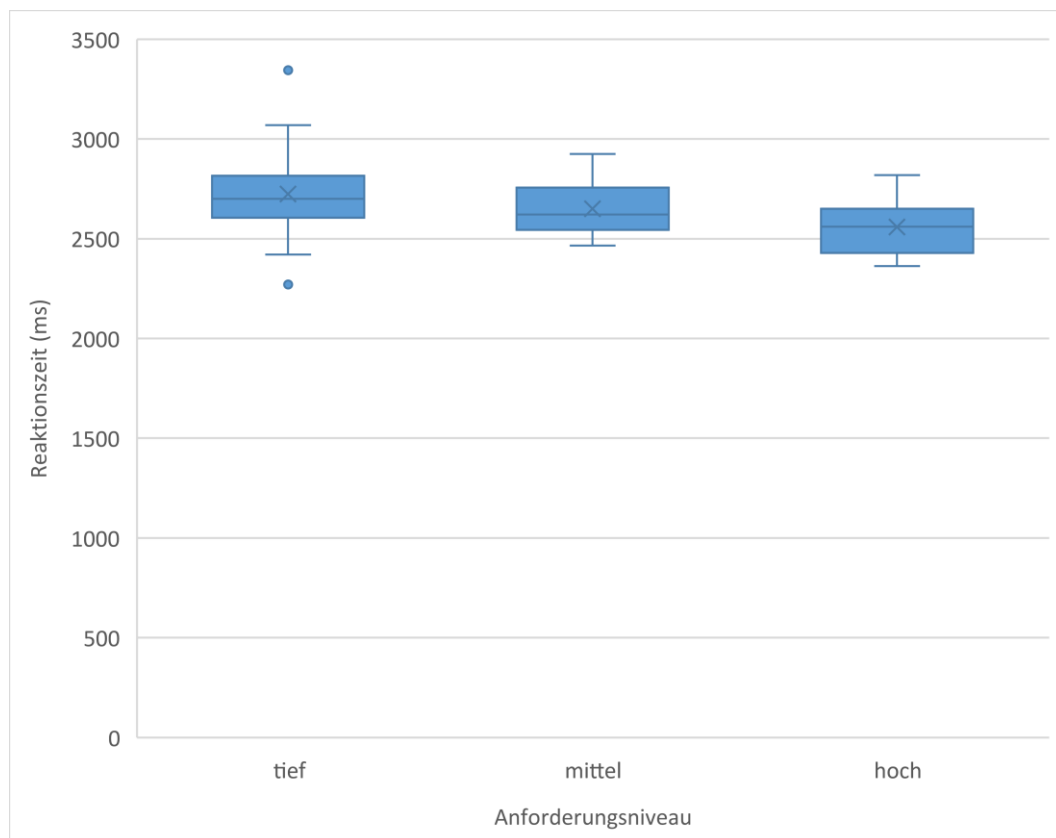


Abbildung 37: Reaktionszeit nach Anforderungsniveau U4

Zur Prüfung der Hypothesen 3a und 3b wurde eine einfaktorische Varianzanalyse (Tabelle 70) durchgeführt.

Tabelle 70: Ergebnisse der einfaktorischen Varianzanalyse zur Reaktionszeit U4

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	$\eta_p^2$
Anforderungsniveau	187626.80	2, 37	93813.40	2.283	.058	.110

Das Anforderungsniveau hat keinen signifikanten Einfluss auf die Reaktionszeit ( $F(2,37) = 2.283$ ,  $p = .058$ ,  $\eta_p^2 = .110$ ,  $n = 40$ ).

## 9.6 Diskussion

In der vierten Untersuchung wurde der Einfluss von Sekundäraufgaben mit unterschiedlichem Anforderungsniveau auf das Monotonieerleben und die Leistung untersucht. Solche Sekundäraufgaben könnten in der Praxis als eine mögliche arbeitspsychologische Maßnahme gegen Monotonie eingesetzt werden. Folgende Fragestellungen standen in dieser Untersuchung im Zentrum:

### Fragestellung 1

Reduziert die Aufgabenbereicherung durch eine Sekundäraufgabe das Monotonieerleben und die Leistungsminderung in Überwachungsaufgaben?

### Fragestellung 2

Reduziert eine anspruchsvolle, d. h. kognitiv belastende Sekundäraufgabe das Monotonieerleben und die Leistungseinbußen stärker als eine kognitiv weniger belastende Sekundäraufgabe?

Für die Beantwortung der Fragestellungen mit Hilfe der aufgestellten Hypothesen lässt sich aus den Ergebnissen Folgendes ableiten.

#### *Monotonieerleben*

Die Sekundäraufgabe im höheren Anforderungsniveau (VG2) reduzierte das Monotonieerleben im Vergleich zu der Versuchsgruppe ohne Sekundäraufgabe (VG0) wie erwartet (H1a). In der Tendenz weist auch die Sekundäraufgabe mit dem tieferen Anforderungsniveau (VG1) auf eine Reduktion des Monotonieerlebens.

Eine Erklärung für die aufgezeigten Effekte ist, dass durch die Sekundäraufgaben das monotonieerzeugende Aufgabenmerkmal Unterbelastung (durch Ereignisarmut und Repetitivität) reduziert wurde.

Die Sekundäraufgaben reduzierten Unterbelastung und wirkten damit direkt gegen die Ursachen von Monotonie. Sekundäraufgaben bieten zusätzliche kognitive Anforderungen, wie das Erkennen

bestimmter Elemente (spezifischer Ziffern), schlussfolgerndes Denken (Rechnen) und Planen (Strategie zum Bearbeiten der Sekundäraufgabe).

Die zusätzliche Anforderung, die Sekundäraufgaben bieten, ist dabei bis zu einem bestimmten Grad variabel. Es wird angenommen, dass die Versuchspersonen fähig sind, ihre Interaktion mit einer Sekundäraufgabe den Anforderungen der Primäraufgabe anzupassen (vgl. Schömig, 2013).

Eine solche Anpassung findet statt, indem die Versuchspersonen entscheiden, in welchen Situationen die Sekundäraufgabe z. B. verzögert oder überhaupt nicht ausgeführt wird. Zusätzlich stellt die Entscheidung, die Ausführung der Sekundäraufgabe zu unterbrechen, z. B. für kurze Blicke auf andere Bereiche des Bildschirms, eine Möglichkeit zur Anpassung dar.

Grundsätzlich konnte ein Haupteffekt des Anforderungsniveaus auf das Monotoniererleben aufgezeigt werden (H1b). Es wird angenommen, dass die Sekundäraufgabe mit dem höheren Anforderungsniveau stärker gegen Monotonie wirkte, weil sie es ermöglichte, die Unterbelastung als Ursache stärker zu reduzieren.

#### *Erkennungsleistung ( $d'$ )*

Die Aufgabenanreicherung durch die Sekundäraufgabe führte entgegen der Erwartung nicht zur Verbesserung der Erkennungsleistung (H2a). Ebenfalls entgegen der Hypothesen kann kein Haupteffekt des Anforderungsniveaus auf die Entdeckungsleistung ( $d'$ ) festgestellt werden (H2b). Diese Ergebnisse stehen damit entgegen anderen Untersuchungen, in denen Leistungsmaße im Zusammenhang mit kognitiver Anforderung und Monotonie erfasst wurden (vgl. Dunn, 2011; Dunn & Williamson, 2012b; Gershon et al., 2009).

Eine mögliche Erklärung wäre eine Überforderung durch die Sekundäraufgabe als Ursache. Gegen diese Erklärung sprechen jedoch zwei Punkte. (1) Die Versuchspersonen wurden instruiert, dass das Ausführen der Primäraufgabe Priorität vor dem Ausführen der Sekundäraufgabe hat, damit sich eine allfällige Überforderung nicht auf die Leistung in der Überwachungsaufgabe auswirkt. (2) Die Ergebnisse zeigen keine Verschlechterung der Erkennungsleistung, eine Überforderung als Ursache ist als Erklärungsansatz entsprechend nicht wahrscheinlich.

Wahrscheinlicher ist, dass die erwartete höhere Entdeckungsleistung durch die erhöhten Anforderungen der Sekundäraufgabe kompensiert worden sind. Dies würde bedeuten, dass Aufmerksamkeitsressourcen, die durch die Monotoniereduktion entstehen, für die Sekundäraufgabe benötigt bzw. verwendet wurden (z. B. für das Erfassen der Nummern mit den Anfangsziffern 1, 5 und 9). Diese Erklärung ist auch im Einklang mit der Theorie der veränderbaren Aufmerksamkeitsressourcen (Young & Stanton, 2002a), nach der sich verfügbare Ressourcen dynamisch an die Anforderungen von Aufgaben anpassen.

### *Reaktionszeit*

Die erwartete Reduktion der Reaktionszeit durch die Sekundäraufgabe auf kritische Ereignisse konnte nicht eindeutig gezeigt werden (H3a). Wie bei der Entdeckungsleistung (vorheriger Abschnitt) könnten auch hier Kompensationseffekte die Wirkung der Sekundäraufgabe reduziert haben.

Der Haupteffekt des Anforderungsniveaus auf die Reaktionszeit verfehlte knapp einen signifikanten Wert, die Wirksamkeitsunterschiedshypothese wird aus diesem Grund nicht gestützt (H3b). Ein statistischer Trend des Einflusses des Anforderungsniveaus auf die Reaktionszeit lässt sich jedoch ausmachen. Dieser Trend steht im Einklang mit den Ergebnissen von Dunn (2011), die einen positiven Zusammenhang von Reaktionszeit und Anforderungsniveau bei Monotonie aufzeigen konnte. Beide Versuchsgruppen mit Sekundäraufgabe zeigten im Vergleich zu der Gruppe ohne Sekundäraufgabe eine nicht signifikante Reduktion der Reaktionszeit, wobei die Versuchsteilnehmenden der Gruppe mit dem höchsten Anspruchsniveau die kürzesten Reaktionszeiten aufwiesen. Eine Interpretation des Trends lässt vermuten, dass die Reaktionszeiten durch eine Sekundäraufgabe positiv beeinflusst werden können. Durch Überschneidungen der Primär- und Sekundäraufgabe können Synergien entstehen, die dies erklären. Die Synergien entstehen dadurch, dass die Aufmerksamkeit durch die Inhalte der Primär- und Sekundäraufgabe auf dieselben Elemente gelenkt werden (z. B. für die Suche nach kritischen Ereignissen und bestimmten Ziffern).

### *Praktische Bedeutung der Ergebnisse*

Aus den Ergebnissen der vierten Untersuchung lässt sich ableiten, dass Sekundäraufgaben geeignet sein können, Monotonie zu reduzieren und damit als wirkungsvolle Maßnahmen gegen Monotonie auch im Kontext von Überwachungstätigkeiten einsetzbar sind.

Die Ergebnisse stehen im Einklang mit den Betrachtungsweisen und Ergebnissen der Autorinnen und Autoren, die Aufgabenbereicherung zur Reduktion von Monotonie vorschlugen (Davies et al., 1983; Demerouti et al., 2012; Link, 2011; Thackray, 1980) und in anderem Kontext (Fahraufgabe) empirisch untersucht haben (Gershon et al., 2009). Die Ergebnisse weisen auf eine Übertragbarkeit auf den Kontext einer Überwachungsaufgabe hin.

Eine positive Wirkung von Aufgabenbereicherung durch eine Sekundäraufgabe konnte auf das Erleben von Monotonie in den Ergebnissen aufgezeigt werden. In der Praxis dürfte dies verschiedene negative Effekte von Monotonie wie Unzufriedenheit, erhöhte Fluktuation, unzulässige Nebenbeschäftigungen oder Einschlafen reduzieren.

Für die Leistung konnte durch die Aufgabenbereicherung keine eindeutige Verbesserung aufgezeigt werden. Es zeigten sich keine negativen Effekte, wie z. B. eine Leistungsreduktion durch Überforderung.

Die Aufgabenbereicherung als Maßnahme gegen Monotonie erscheint basierend auf den Ergebnissen dieser Untersuchung als valide.

Ein Anstieg von Monotonieerleben, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß, konnte in keiner der Versuchsgruppen vermieden werden. Dies lässt vermuten, dass die monotonieerzeugenden Aufgabenmerkmale (Repetitivität und Ereignisarmut) durch eine Aufgabenbereicherung nur bis zu einem bestimmten Grad kompensiert werden konnten. Gegebenenfalls könnten zusätzliche Aufgabenbereicherungen oder andere Maßnahmen (siehe Kapitel 4) eine Entstehung komplett verhindern.

Die Umsetzung einer Aufgabenbereicherung im praktischen Kontext einer Überwachungstätigkeit, wie die der Zugverkehrsleitung, ist denkbar. Im Vergleich zum experimentellen Setting der Untersuchung sind in einer praktischen Anwendung am Arbeitsplatz zusätzliche Punkte zu berücksichtigen. Langfristig muss eine Aufgabenanreicherung aus Sicht der Ausführenden im Kontext der Arbeit sinnvoll gestaltet sein (Ulich, 2005). Aufgabenirrelevante Additionsaufgaben bieten in einem experimentellen Setting eine geeignete Möglichkeit zur Erhöhung des Anforderungsniveaus, wären in einem praktischen Kontext jedoch wegen der fehlenden Sinnhaftigkeit problematisch. Im Kontext der Zugverkehrsleitung gibt es verschiedene sinnhafte Aufgaben, die sich für eine Bereicherung anbieten könnten. Beispiele hierfür sind z. B.:

- Anschlussmanagement: Die Entscheidungen darüber, welche Anschlusszüge im Falle von Verspätungen abgewartet werden und welche nicht. Diese Entscheidungen setzen Wissen zur aktuellen Situation des Bahnverkehrs, den Zugauslastungen und dem Verhalten der Zugreisenden voraus.
- Zugabfolgemanagement: Koordination der optimalen Zugabfolge an neuralgischen Punkten im Schienennetz. Bei diesen Entscheidungen müssen die Bedürfnisse verschiedener Bahnkunden (z. B. Reisende und Güter) gegeneinander abgewogen werden.
- Strategische Disposition: Sektorübergreifende Entscheidungen zur Lenkung des Bahnverkehrs. Diese Aufgabe erfordert eine erhöhte Koordination zwischen verschiedenen Sektoren.

Bei dem Anschlussmanagement und dem Zugabfolgemanagement handelt es sich um Aufgaben, die bereits früher von Zugverkehrsleitenden bearbeitet wurden, jedoch in den letzten Jahren automatisiert wurden. Das Fällen von Entscheidungen zur strategischen Disposition wird aktuell von einer anderen Berufsgruppe, den Disponenten Bahnverkehr (DBV), als Aufgabe ausgeführt. Für jede dieser Aufgaben bleibt der Fokus der Aufmerksamkeit auf den von den ZVL zu überwachenden Elementen im Bahnsystem. Dieser Fokus verhindert potenzielle Ressourcenkonflikte zwischen der Überwachungsaufgabe und Aufgabenbereicherungen und ermöglicht Synergien (z. B. zur Reduktion von Reaktionszeit).

Die drei genannten Beispiele sind keine vollständige Liste der geeigneten Aufgabenbereicherungen, zeigen aber exemplarisch auf, dass es in der Zugverkehrsleitung Potential für eine praktische Umsetzung der Erkenntnisse aus dieser Untersuchung gibt.

Im nachfolgenden Kapitel findet eine abschließende Diskussion der Ergebnisse aller vier durchgeführten Untersuchungen statt. Dabei werden die Hauptfragestellungen der Arbeit beantwortet, auf zukünftige Herausforderungen eingegangen und die Vorgehensweise in den Untersuchungen kritisch reflektiert.

## **10 Abschließende Diskussion der Untersuchungen**

Die übergeordneten Ziele dieser Arbeit waren, in verschiedenen Untersuchungen neues Wissen zu Entstehungsbedingungen und Symptomen von Monotonie zu schaffen sowie Möglichkeiten zu ihrer Vermeidung bzw. Reduktion zu erkunden. Die Ergebnisse der vier durchgeführten Untersuchungen werden nachfolgend noch einmal aus einer übergeordneten, theoretischen Perspektive diskutiert, die Grenzen der Arbeit werden aufgezeigt, offene Fragen angesprochen und ein Ausblick auf zukünftige Forschungsfragen gegeben.

### **10.1 Zusammenfassung der Fragestellungen und neue Erkenntnisse**

#### **10.1.1 Neue Erkenntnisse zu den Entstehungsbedingungen von Monotonie**

Die erste Hauptfragestellung beschäftigte sich mit den Entstehungsbedingungen von Monotonie.

Die Ergebnisse der ersten Untersuchung zeigen, dass die subjektiven Konzepte von Monotonie der Betroffenen in der Zugverkehrsleitung die in der Theorie aufgezeigten Entstehungsbedingungen widerspiegeln: Unterbelastung, Repetitivität und Ereignisarmut wurden von den befragten Zugverkehrsleitenden als wichtigste Ursachen von Monotonie genannt.

Zusätzlich wurden neue, bisher in der Theorie nicht beschriebene monotonieförderliche Einflussfaktoren genannt:

- Elemente der Teamzusammensetzung, wie Kollegen, die wenig reden bzw. sich introvertiert verhalten.
- Viel Erfahrung an den Arbeitsplätzen (Routine).
- Tagesform bzw. der Wille, aktiv etwas gegen Monotonie zu unternehmen und diese zu bekämpfen.
- Zeiträume mit vielen aufeinanderfolgenden Arbeitstagen oder sehr langen Tagesarbeitszeiten.
- Elemente der räumlichen Umgebung wie gedimmtes Raumlicht, hohe Temperaturen und trockene Luft.

Unklar ist, ob diese zusätzlich genannten Bedingungen ursächlich für die Entstehung von Monotonie sind oder lediglich als verstärkend wirkende Faktoren agieren. Einige dieser Faktoren könnten aber auf wichtige Ansätze zur Reduktion von Monotonie, z. B. durch die Veränderungen von Teamzusammensetzungen oder Gestaltung der räumlichen Umgebung, hinweisen.

Es konnte gezeigt werden, dass ZVL in der Praxis, insbesondere beim Ausführen der Überwachungsaufgabe, einem breiten Spektrum an monotonieerzeugenden und -verstärkenden Bedingungen ausgesetzt sind. Dementsprechend ist für die Praxis eine Trennung von verschiedenen Arten von Monotonie nach Ursache (repetitive Monotonie / ereignisarme Monotonie) (vgl. Johansson, 1989) nicht sinnvoll.

In der zweiten Untersuchung wurde gezeigt, dass die Entstehungsbedingungen von Monotonie in der Zugverkehrsleitung nicht kontinuierlich gegeben sind, sondern zwischen Tagen unter der Woche und an Wochenenden systematisch variieren.

Der Einfluss von Unterbelastung auf die Entstehung von Monotonie wird von den Ergebnissen mehrheitlich bestätigt. In Schichten mit tiefer Belastung war die Monotonie stärker im Vergleich zu Schichten mit hoher Belastung. Die Daten stützen damit die theoretischen Annahmen zu Entstehungsbedingungen für Monotonie aus der Literatur (vgl. Hacker & Richter, 1984; Johansson, 1989; Welford, 1965) sowie Erkenntnisse aus anderen empirischen Untersuchungen (z. B. Dunn, 2011; Körber et al., 2015; Melamed et al., 1995b; Ralph et al., 2017).

Dass Monotonie sich bei Zugverkehrsleitenden während einer Schicht über die Zeit verstärkt, weist darauf hin, dass nicht alleine eine tiefe Anzahl von Ereignissen, sondern die Gesamtdauer der Aufgabenausführung ohne Ereignisse bei der Entstehung von Monotonie von Bedeutung ist.

Die Ergebnisse der zweiten Untersuchung zeigten keine Interaktion von Belastung und Zeit. Im Sinne einer selbsterfüllenden Prophezeiung tritt Monotonie verstärkt auf, wenn eine Unterbelastung aufgrund vorhergehender Erfahrungen erwartet wird (z. B. Schichten am Wochenende). Dies wird als Hinweis darauf gedeutet, dass Monotonie, vergleichbar mit anderen Belastungsfolgen wie Stress und psychischer Sättigung, bereits antizipativ erlebt werden kann. Die Erkenntnis, dass in Bezug auf Monotonie auch die Erwartungshaltung eine wichtige Rolle spielen kann, widerspricht bisherigen Annahmen zum Konzept der Monotonie (Richter, 2000). Ein entsprechend gestaltetes Erwartungsmanagement könnte damit zur effektiven Reduktion von Monotonie beitragen.

In der dritten Untersuchung wurde die Wirkung der Merkmale Ereignisarmut und Repetitivität auf Monotonie getrennt betrachtet.

Die Annahme, dass Ereignisarmut als das vorrangige Merkmal von Überwachungstätigkeiten (vgl. Johansson, 1989) einen stärkeren Einfluss auf Monotonie ausübt, wurde durch die Ergebnisse gestützt. Es zeigte sich, dass für die betrachtete Überwachungsaufgabe eine geringe Ereignishäufigkeit einen deutlich stärkeren Effekt auf das Monotonieerleben hatte als eine hohe Repetitivität.

Erklärt wird dies durch die Menge der von den Aufgabenmerkmalen betroffenen kognitiven Prozesse. In Überwachungsaufgaben bezieht sich Repetitivität vor allem auf die kognitiven Prozesse der Wahrnehmung von Reizen. Ereignisarmut wirkt sich in solchen Aufgaben zusätzlich zu der Wahrnehmung auf Prozesse der Entscheidungsfindung und der Handlungssteuerung aus. Infolgedessen, dass mehr kognitive Prozesse von der primären Charakteristik der Aufgabe betroffen sind, wirkt sich diese stärker auf Monotonie aus.

Ausgehend davon wird angenommen, dass bei Aufgaben, in denen Repetitivität das vorrangige Merkmal ist, sich dieses Merkmal stärker als Ereignisarmut auf Monotonie auswirkt. Ein Beispiel hierfür sind Montagearbeiten am Fließband, bei denen sich die Repetitivität z. B. auch auf Prozesse der Handlungssteuerung auswirken, wodurch dieses Merkmal einen stärkeren Einfluss als Ereignisarmut auf die Entstehung von Monotonie haben müsste.

Die Berücksichtigung von kognitiven Prozessen der Wahrnehmung, Entscheidung und Handlungssteuerung ermöglicht eine differenzierte Maßnahmengestaltung für unterschiedliche monotonieerzeugende Aufgaben. Dies bedeutet, dass bei der Reduktion von Repetitivität als Entstehungsbedingung von Monotonie bei einer Fließbandarbeit nicht nur die als repetitiv wahrgenommenen Reize variiert werden müssen (z. B. durch verschiedene Farben), sondern auch die Ausführung der Aufgabe (z. B. durch verschiedene benötigte Handgriffe) verändert werden sollte.

Für das Konzept von Monotonie bedeutet dies, dass die bei der Aufgabenausführung beteiligten kognitiven Prozesse die Entstehung von Monotonie beeinflussen. Es ist zu erwarten, dass individuelle Unterschiede, z. B. in der Expertise, auf diesen Einfluss einen moderierenden Effekt haben.

Es konnte kein Hinweis auf eine Interaktion für die beiden Aufgabenmerkmale Ereignisarmut und Repetitivität bezüglich ihrer Wirkung auf das Monotonieerleben gefunden werden. Als Grund wird angenommen, dass kognitionspsychologisch gesehen Repetitivität und Ereignisarmut Ausdruck ein und desselben bestimmenden Faktors sind. Dies spricht gegen die bisherige Unterscheidung der Tätigkeitsmerkmale bzgl. Monotonie in der Psychologie (vgl. Demerouti et al., 2012; Landau

& Pressel, 2009; Smith, 1955; Wirtz, 2014). Anstelle dieser Merkmale wird ein bereits von Michael (2011) vorgeschlagener Ansatz der Stimulusvariabilität als übergreifend bestimmender Faktor unterstützt. Dadurch wird das Konzept von Monotonie vereinfacht.

Ereignisarmut und Repetitivität sind als separate Begriffe für die Beschreibung des Konzeptes von Monotonie nützlich, insofern sie konkreter und damit leichter verständlich, besser operationalisierbar und experimentell variierbar sind als das abstraktere Konzept der Stimulusvariabilität.

Neue Erkenntnisse zu den Entstehungsbedingungen:

- Neu identifizierte Einflussfaktoren von Monotonie für Elemente der:
  - Teamzusammensetzung
  - Erfahrung
  - Tagesform
  - Arbeitsdauer
  - räumlichen Umgebung
- Erwartung kann das Erleben von Monotonie beeinflussen.
- Monotonie wird stärker von Aufgabenmerkmalen beeinflusst, die bei der Aufgabenausführung mehr kognitive Prozesse betreffen.
- Stimulusvariabilität ist der monotonierelevante bestimmender Faktor der Merkmale Ereignisarmut und Repetitivität.

### 10.1.2 Neue Erkenntnisse zu den Symptomen von Monotonie

Die zweite Hauptfragestellung der Arbeit fokussierte auf die Symptome von Monotonie.

Die in der Theorie beschriebenen Symptome von Monotonie zu Erleben und Leistung (vgl. Kapitel 3.2) wurden in der ersten Untersuchung von den Betroffenen weitgehend bestätigt. Hierzu gehören insbesondere auch die in der Fragestellung fokussierten Symptome aufgabenbezogene Langlei-  
weile, passive aufgabenbezogene Müdigkeit, erhöhte Fehlerrate und verlängerte Reaktionszeiten.

Mehrere Autoren verweisen auf eine schnelle Reversibilität dieser Symptome (Landau & Pressel, 2009; Richter, 2000). Im Unterschied zu diesen Autoren schilderten Betroffene verschiedene nachwirkend anhaltende Symptome wie schlechte Laune, Erschöpfung und Schlafprobleme. Dies be-

deutet eine Erweiterung der zeitlichen Dimension der Symptome. Für eine vollständige Beschreibung von Monotonie müssen mögliche kurz- und mittelfristig nachwirkende Symptome in einem überarbeiteten Konzept erfasst werden. Die beschriebenen nachwirkenden Symptome bieten neue Ansatzpunkte zur Erfassung von Monotonie und erweitern den zeitlichen Horizont möglicher Maßnahmen auf nach der Beendigung einer Tätigkeit.

In Untersuchungen zwei, drei und vier wurden als Symptome des Syndroms Monotonie verschiedene Komponenten von Erleben (Monotoniereleben, Langeweile, Müdigkeit), Leistung (Entdeckungsleistung, Reaktionszeit) und Physiologie (HR, HRV) erhoben.

Zwischen den erfassten Erlebenskomponenten konnte ein starker Zusammenhang aufgezeigt werden (U3). Der Zusammenhang weist darauf hin, dass Monotonieerleben, Langeweile, Müdigkeit als Symptome verschiedene Facetten des Syndroms Monotonie sind.

Die vermutete Reduktion der Aufmerksamkeit als Symptom von Monotonie zeigte sich nicht eindeutig (U3). Methodische Probleme verhinderten aussagekräftige Ergebnisse hierzu (siehe 10.2 Grenzen der Arbeit).

Die physiologische Komponente der Herzrate zeigte hypothesenkonforme Ergebnisse (U2). Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass Monotonie sich in diesem Symptom manifestiert.

In Bezug auf die Herzratenvariabilität (RMSSD) zeigten die Ergebnisse keine eindeutige Übereinstimmung mit den Hypothesen. Die Betrachtung der Herzratenvariabilität als Symptom von Monotonie (Myrtek et al., 1994) wird nicht gestützt. Diese Ergebnisse zeigen, dass es möglicherweise komplexere Zusammenhänge zwischen dem Erleben von Monotonie und deren physiologischen Symptomen gibt als die allgemein beschriebene verringerte Aktivierung des zentralen Nervensystems und die Zunahme der Vaguswirkung im vegetativen Nervensystem (Wirtz, 2014).

Neue Erkenntnisse zu den Symptomen:

- Es gibt keine umfassende, schnelle Reversibilität aller Symptome, verschiedene kurz- und mittelfristig anhaltende Nachwirkungen.
- Die Zusammenhänge zwischen Monotonieerleben, Langeweile und Müdigkeit unterstützen die Sichtweise von Monotonie als Syndrom.
- Übereinstimmende Ergebnisse von Monotonieerleben und Herzrate weisen neben Erleben auch auf physiologische Symptome.
- Zusammenhänge zwischen Monotonie und deren physiologischen Symptomen sind offenbar komplexer als bislang angenommen.

Aufgrund der neuen Erkenntnisse zu Entstehungsbedingungen und Symptomen von Monotonie sollte das in der Theorie beschriebene Monotoniekonzept (Kapitel 3.5) modifiziert werden.

Zentrale Elemente des Konzepts bleiben durch die Erkenntnisse der Arbeit unverändert bestehen. So beschreibt das Konzept den Zustand der Monotonie als ein Syndrom mit verschiedenen Komponenten in den Bereichen Erleben, Leistung und Physiologie.

Der Zustand der Monotonie ist jeweils gebunden an eine Aufgabe, die sich durch Unterbelastung, hohe Repetitivität und/oder Ereignisarmut auszeichnet.

Individuelle Unterschiede können das Erleben und die Symptome von Monotonie beeinflussen.

Das Konzept (Abbildung 38) wird jedoch basierend auf den neuen Erkenntnissen angepasst um folgende Elemente:

- den Einfluss von Erwartung auf Monotonie,
- die Stimulusvariabilität als relevante Qualität der Entstehungsbedingungen Repetitivität und Ereignisarmut,
- die vermittelnde Rolle der kognitiven Prozesse, wobei gilt, je mehr kognitive Prozesse von der primären Charakteristik der Tätigkeit betroffen sind, desto stärker wirkt sich diese auf Monotonie aus,
- die neu identifizierten vermittelnden Einflussfaktoren, Arbeitsdauer, Teamzusammensetzung und räumliche Umgebung,
- kurz- und mittelfristig anhaltende Nachwirkungen im Erleben von Monotonie.

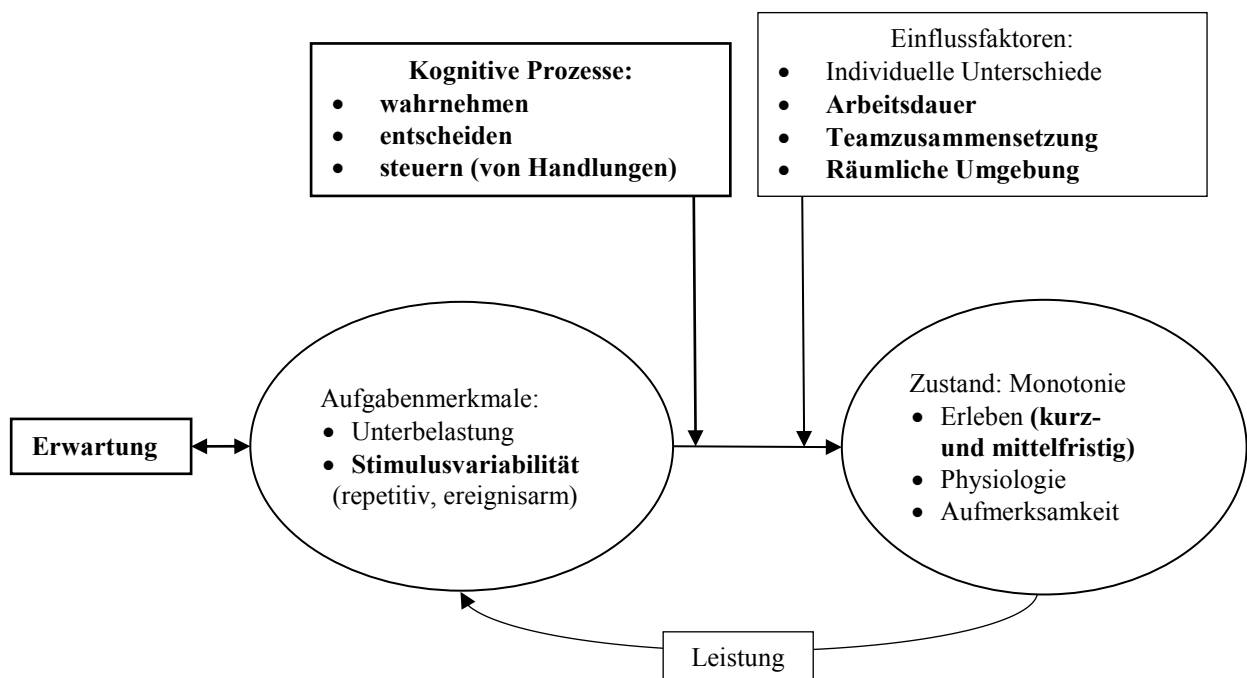


Abbildung 38: Modifiziertes Monotoniekonzept (neue Elemente jeweils in **Fett** dargestellt)

### 10.1.3 Neue Erkenntnisse zu Möglichkeiten der Reduktion von Monotonie

Die dritte Hauptfragestellung betrifft Möglichkeiten der Reduktion von Monotonie.

Um eine gezielte Auswahl einer erfolgsversprechenden Möglichkeit zur Reduktion von Monotonie zu treffen, wurden die Erkenntnisse zu der Arbeitssituation in der Zugverkehrsleitung und den konkreten Entstehungsbedingungen aus den ersten drei Untersuchungen genutzt. Diesen Erkenntnissen entsprechend wurde für die in der Zugverkehrsleitung dominante Überwachungsaufgabe der Fokus primär auf die Reduktion von Ereignisarmut und sekundär auf das Unterbrechen von Repetitivität gelegt.

Basierend auf diesen Erkenntnissen und mit Hilfe der Sammlung verschiedener in der Literatur vorgeschlagener Maßnahmen (Kapitel 4) wurde die Aufgabenbereicherung durch Sekundäraufgaben als vielversprechende Möglichkeit der Reduktion von Monotonie ausgewählt.

In Untersuchung vier wurde die Aufgabenbereicherung durch Sekundäraufgaben als Möglichkeit zur Reduktion von Monotonie auf ihre Wirksamkeit überprüft. Sekundäraufgaben wirken direkt

gegen die Entstehungsbedingungen von Monotonie. D. h., durch Sekundäraufgaben können Ereignisarmut und Repetitivität (bzw. tiefe Stimulusvariabilität) gezielt reduziert werden.

Es zeigte sich, dass Sekundäraufgaben wirksam das Monotonieerleben reduzierten. Für die beiden berücksichtigten Leistungsparameter Erkennungsleistung und Reaktionszeit konnten dagegen keine Veränderungen, weder positive noch negative, aufgezeigt werden.

In Bezug auf die Gestaltung der Aufgabenbereicherung durch Sekundäraufgaben zeigte sich, dass ein höheres Anforderungsniveau in der Sekundäraufgabe stärker gegen Monotonie wirkte. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Sekundäraufgabe mit dem höheren Anforderungsniveau stärker gegen Monotonie wirkte, weil sie es ermöglichte, die Entstehungsbedingungen Ereignisarmut und Repetitivität (bzw. tiefe Stimulusvariabilität) stärker zu reduzieren.

Es wurde gezeigt, dass Monotonie durch eine Sekundäraufgabe reduziert werden kann. Vollständig verhindert wurde ein Anstieg jedoch auch bei höherem Anforderungsniveau der Sekundäraufgabe nicht. Inwiefern z. B. eine Kombination mit anderen organisationalen, personenbezogenen und technischen Maßnahmen eine Entstehung ggf. vollständig verhindern könnten, wurde nicht untersucht.

Die überprüfte Möglichkeit zur Reduktion von Monotonie erscheint basierend auf den Ergebnissen als Maßnahme gegen Monotonie als valide.

Neue Erkenntnisse zu Möglichkeiten der Reduktion von Monotonie:

- Eine gezielte Auswahl bzw. Gestaltung von Maßnahmen berücksichtigt die vorhandenen Monotonieauslösenden Entstehungsbedingungen.
- Sekundäraufgaben verringern Monotonie.
- Sekundäraufgaben wirken stärker gegen Monotonie, je höher ihr Anforderungsniveau.
- Ein Anstieg von Monotonieerleben, wenn auch in geringerem Ausmaß, konnte durch Sekundäraufgaben nicht vermieden werden.

#### **10.1.4 Implikationen für die Zugverkehrsleitung**

Die aktuelle Situation in der Zugverkehrsleitung ist – u. a. aufgrund des hohen Ausmaßes an Automatisierung – in Bezug auf Monotonie problematisch.

Copingstrategien zum Umgang mit der Monotonie durch die Betroffenen bestehen in vielen Fällen darin, dass die Personen ihre Aufmerksamkeit von der die Monotonie auslösenden Tätigkeit abziehen und sich auf verschiedene Weisen ablenken (U1). Im Unterschied zu Maßnahmen wird mit Copingstrategien nicht das Entstehen von Monotonie verhindert, sondern versucht, bereits entstandene Monotonie reaktiv zu bewältigen.

Es wäre jedoch zu kurz gegriffen, die existierende Problematik auf die Betroffenen zu reduzieren. Die Entstehung von Monotonie wird maßgeblich von technischen und organisationalen Bedingungen geprägt. Bei der Gestaltung von Arbeitsaufgaben, Technik und Organisation wurde in der Vergangenheit zu wenig Gewicht auf die Verhinderung von Monotonie gelegt. Wirkungsvolle Maßnahmen gegen Monotonie, wie Aufgabenbereicherung, simulierte Ereignisse oder geplante Tätigkeitsunterbrechungen und –wechsel sind notwendig und möglich.

Um die Entstehung von Monotonie in der Zugverkehrsleitung zukünftig verhindern oder zumindest reduzieren zu können, sollten abgeleitet aus den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen verschiedene Grundsätze berücksichtigt werden:

- Die Reduktion der Aufgaben in der Zugverkehrsleitung auf reine Überwachungstätigkeiten sollte verhindert bzw. rückgängig gemacht werden.
- Organisationale Veränderungen sollten Aufgabenvielfalt zum Ziel haben, nicht deren Reduktion.
- Veränderungen in der Technik sollten die Bedienenden als aktiv Handelnde mit einbinden, nicht ausschließen.
- Tätigkeiten in der Zugverkehrsleitung sollten eine aktive Auseinandersetzung mit dem Bahnsystem ermöglichen und fördern.

Um die aufgezeigten neu gewonnenen Erkenntnisse aus der Beantwortung der Forschungsfragen angemessen einordnen zu können, wird nachfolgend eine kritische Reflexion vorgenommen, es werden die Grenzen der Arbeit und die daraus entstehenden Einschränkungen für die Generalisierbarkeit der Ergebnisse aufgezeigt.

## **10.2 Kritische Reflexion und Grenzen der Arbeit**

### **10.2.1 Anwendungsfeld**

Die Untersuchung eines Phänomens, wie der Monotonie, sollte möglichst dort stattfinden, wo es auftaucht. Die Entfernung aus diesem Kontext kann die interne Validität und damit den praktischen Nutzen der Ergebnisse sogar gefährden (Brunswik, 1956; Eysenck & Lewin, 1952).

Das gewählte Anwendungsfeld der Zugverkehrsleitung stellt einen solchen Kontext auf prototypische Weise dar. Es hilft dabei, relevante Bedingungen in einem praktischen Kontext zu identifizieren und zu konkretisieren.

Der Fokus auf ein Anwendungsfeld ermöglichte außerdem die Berücksichtigung von in der Praxis bestehenden Grenzen, z. B. bei der Betrachtung von Maßnahmen.

Ein Nachteil ist die fragliche Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Anwendungsgebiete (z. B. Luftfahrt). Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass Monotonie immer im Kontext einer Aufgabe, deren Merkmale (z. B. Stimulusvariabilität) und der dabei relevanten kognitiven Prozesse entsteht. Die Untersuchung von Monotonie kann deshalb nicht losgelöst von einem Kontext stattfinden und wird von diesem, in gewissem Maße, begrenzt. Es besteht die Möglichkeit, dass die aus dieser Arbeit neu gewonnenen Erkenntnisse auf das betrachtete Anwendungsfeld der Zugverkehrsleitung eingeschränkt sind. Eine Überprüfung der Erkenntnisse in anderen Anwendungskontexten wurde nicht vorgenommen.

### **10.2.2 Realisiertes Forschungsdesign und eingesetzte Methoden**

Es wurde aufgezeigt, dass Monotonie als Konzept ein umfangreiches Thema darstellt. Dies gilt insbesondere für die vielen verschiedenen assoziierten Symptome. In den durchgeführten Untersuchungen konnte dieser Umfang nicht vollständig erfasst werden (z. B. durch Messung aller Symptome). Die Aussagen zu Monotonie, die zu den Ergebnissen der verschiedenen Untersuchungen gemacht werden, sind auf die erfassten Symptome beschränkt.

Um der Breite der beschriebenen Symptome gerecht zu werden, wurden in den Untersuchungen Symptome zu Erleben, Leistung und Physiologie berücksichtigt. Neben der Breite standen bei der Auswahl die praktische Relevanz der Symptome im Anwendungsfeld sowie die Vor- und Nachteile der jeweiligen Erhebungsmethoden im Vordergrund.

In den vier beschriebenen Untersuchungen wurden Verfahren aus den verschiedenen Methodenklassen Befragung (Interviews, Single-Item-Skalen), physiologische Messungen (EKG) und Verhaltensmessungen (Reaktionszeiten, Fehlerraten) zur Datenerhebung in verschiedenen Settings (Labor, Feld) eingesetzt. Auf einige wichtige kritische Punkte der eingesetzten Designs und Methoden wird nachfolgend eingegangen.

### *Laboruntersuchungen*

U3 und U4 wurden in einem experimentellen Laborsetting realisiert. Das Setting in den Untersuchungen entsprach damit nicht exakt der Arbeitsplatzsituation von ZVL in der Praxis. Die Übertragbarkeit dieser Untersuchungen auf die Praxis ist dadurch eingeschränkt, dass im Laborsetting nicht die gleichen Ereignishäufigkeiten und Repetitionsdauern gesetzt werden konnten, die in der Praxis der Zugverkehrsleitenden auftreten. Dennoch geben die Ergebnisse Auskunft über den Einfluss der relevanten Aufgabenmerkmale und über das zu erwartende Ausmaß ihrer Wirkung.

Die Versuchspersonen mussten in beiden Untersuchungen eine Überwachungsaufgabe ausführen. Die ausgeführte Überwachungsaufgabe wurde im Vergleich zu der Praxis so angepasst, damit sie von Versuchspersonen ohne ZVL-Ausbildung nach kurzer Instruktion ausgeführt werden konnte. Die für die Aufgabe verwendete Software TRAINS wurde spezifisch für diese Experimente programmiert. Die maßgeschneiderte Programmierung ermöglichte es, die gestellte Aufgabe und deren Reize (Farben, Formen, Größe) ähnlich wie die Überwachungsaufgabe in der Zugverkehrsleitung zu gestalten. Sie stellt damit trotz künstlicher Aufgabe und Laborsetting (Computerraum) eine gute Grundlage für eine hohe ökologische Validität der Untersuchungsergebnisse dar.

Vorteil der Laboruntersuchungen war, dass Faktoren wie die Anzahl kritischer Ereignisse, Repetitivität, Geschwindigkeit, etc. reliabel kontrolliert und den Bedürfnissen in den Untersuchungen angepasst werden konnten.

### *Felduntersuchung*

Bei U2 handelte es sich um eine quasi-experimentelle Felduntersuchung. Während Felduntersuchungen als Vorteil eine große ökologische Validität aufweisen, haben sie auch Nachteile.

Es war nicht möglich, im Rahmen der Felderhebung die unabhängige Variable (Belastung) aktiv zu manipulieren, dies hätte eine aktive Beeinflussung des Schweizer Bahnsystems benötigt. Eine solche Beeinflussung war aus offensichtlichen Gründen (Unfallgefahr, Aufwand) nicht umsetzbar.

Die Manipulation der UV wurde quasi-experimentell, durch Erhebungen an bestimmten Wochentagen, operationalisiert. Hierdurch gab es keine vollständige Kontrolle aller experimentellen Bedingungen. Es ist wahrscheinlich, dass die Ausprägung der Unterbelastung zwischen den verschiedenen Teilnehmenden innerhalb der Belastungsbedingungen (tief, normal) variierte.

Die Konfundierung der Merkmale Repetitivität und Ereignisarmut in der verwendeten Variable Belastung wurde ebenfalls als problematisch wahrgenommen. Eine Dekonfundierung dieser Merkmale wurde deshalb in der dritten Untersuchung umgesetzt. Es zeigte sich, dass die relevante Qualität beider Merkmale, d. h. also die Invariante von Repetitivität und Ereignisarmut, die Stimulusvariabilität ist.

### *Stichproben*

Bei der Stichprobenziehung für alle vier Untersuchungen wurden anfallende Stichproben verwendet. Für die ersten beiden Untersuchungen wurden die Teilnehmenden aus einem Kreis von ZVL der SBB AG rekrutiert. In U3 und U4 wurden Studierende für eine freiwillige Teilnahme angefragt. Durch die Art der Stichprobenziehung kann keine Repräsentativität der Ergebnisse beansprucht werden. Die Stichproben (ZVL und Studierende) teilen einen gemeinsamen kulturellen Kontext (WEIRD; Western, Educated, Industrialized, Rich, Democratic) (Henrich, Heine & Norenzayan, 2010). Die Interpretation der Ergebnisse ist entsprechend auch in diesem Kontext zu sehen.

Dass für die beiden Laboruntersuchungen Studierende als Versuchspersonen eingesetzt wurden, wird als unproblematisch gesehen. Bei den Untersuchungen wurden elementare kognitive Prozesse betrachtet, die allen Menschen gemein sind. Es wird davon ausgegangen, dass Unterschiede zwischen ZVL und Studierenden keinen Effekt auf die Wirkung der betrachteten Entstehungsmerkmale (U3) bzw. der Sekundäraufgabe (U4) hatten.

Speziell zu erwähnen ist die für ein 3x1 between-subjects Design eher kleine Stichprobe in U4 (N= 40). Aufgrund der kleinen Stichprobe (13 bzw. 14 Versuchspersonen pro Gruppe) waren im April 2020 Nacherhebungen für diese Untersuchung geplant. Die weltweite Verbreitung des COVID-19-Virus und damit einhergehende Einschränkungen durch nationale Notverordnungen (Der Schweizerische Bundesrat, 2020) zu dessen Bekämpfung verunmöglichten die Durchführung dieser Erhebungen im Rahmen der zur Verfügung stehenden Zeit.

### *Interviews*

Der Einbezug Betroffener mit Hilfe von Interviews ermöglichte es, deren subjektive Sicht auf Monotonie und den Kontext ihres Auftretens zu berücksichtigen. Vorteilhaft war dabei, dass der Fokus von Interviews von den Teilnehmenden mitbestimmt wird, dadurch liegt er eher auf den für die Teilnehmenden relevanten Sachverhalten. Dadurch, dass der Fokus der Untersuchung von den Befragten mit beeinflusst werden konnte, wurde eine hohe inhaltliche Validität und Praxisrelevanz der Ergebnisse ermöglicht.

Für das Verständnis der teils komplexen Zusammenhänge des Anwendungsgebietes war es nützlich, dass Hintergründe erfragt und Unklarheiten geklärt werden konnten. Von diesem verbesserten Verständnis profitierten die Planung und Umsetzung der nachfolgenden Untersuchungen (z. B. Kenntnisse zu ereignisarmen Zeiträumen).

Interviews haben eine geringe Objektivität und Vergleichbarkeit sowie keine exakt quantifizierbaren Ergebnisse als Merkmale. In Bezug auf die Klärung der Hauptfragestellungen wurden diese Nachteile durch den Einsatz von quantitativen Methoden in den nachfolgenden Untersuchungen ausgeglichen.

### *Fragebogenskala*

Befragungen mit geschlossenen Antwortformaten, wie in den in U2, U3 und U4 verwendet, haben verschiedene Grenzen. Hierzu gehören vor allem Verzerrungen durch Antworttendenzen wie den Extremscheueffekt und die Tendenz zur Mitte (Wirtz, 2014). Bekannt sind auch Verzerrungen durch soziale Erwünschtheit, d. h. die Tendenz von Befragten, sich selbst in den Antworten den sozialen Erwartungen gemäß darzustellen (z. B. als besonders monotonieresistent). Andere unbekannte oder verborgene Motive können ebenfalls die Antworten verzerren, z. B. um die eigene Arbeitssituation besonders kritisch darzustellen.

Für die Erfassung des Monotonieerlebens wurde in den quantitativen Untersuchungen eine Single-Item-Skala verwendet (Abbildung 39).

Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles <u>Monotonieempfinden</u> in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment empfinde ich die Arbeit als...									
gar nicht monoton					sehr monoton				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Abbildung 39: Single-Item-Skala zur Messung des Erlebens von Monotonie

Wanous, Reichers und Hudy (1997) stellen in einer Metaanalyse zu Single-Item-Skalen fest, dass das Erfassen von mehrdimensionalen Konstrukten wie Monotonieerleben mit einer Single-Item-Skala akzeptabel ist, wenn es durch situationelle Aspekte begründet ist. Hauptgrund für die Single-Item-Skala war die schnelle Ausfüllbarkeit durch die Teilnehmenden. Ziel war es, eine Form der Befragung zu verwenden, die möglichst wenig invasiv ist und dadurch das Monotonieerleben selbst nicht beeinflusst.

Mit 10 Stufen wurde eine eher hohe Anzahl Kategorien für die Skala zum Monotonieerleben gewählt. Die hohe Anzahl der Antwortkategorien ermöglicht eine hohe Differenzierung durch die Befragten. Voraussetzung für den Umgang mit solchen ausdifferenzierten Skalen ist eine hohe Abstraktionsfähigkeit der Befragten (Porst, 2011), von der bei ZVL und Studierenden aufgrund des Bildungsniveaus ausgegangen wird.

Durch den Einsatz einer geraden Anzahl Stufen wurde das Problem einer Mittelkategorie, die als Fluchtkategorie (Porst, 2011) verwendet werden könnte, vermieden.

Die verwendete Skala wurde keiner ausführlichen Validierung und statistischen Item-Analyse unterzogen, Werte für Validität und Reliabilität fehlen dadurch. Sie ist aber in ihrer Form vergleichbar mit in anderen Untersuchungen verwendeten Single-Item-Skalen zur Erfassung von Monotonie (Dunn, 2011; Havermans et al., 2015; Schmidt, 2010; Thackray et al., 1977).

Die Formulierung „Im Moment empfinde ich die Arbeit als...“ ist im Rückblick nicht optimal, sie könnte als Frage nach der „Bedingung“ falsch interpretiert werden. Sie stellt einen Hinweis dar, dass das Erleben von Monotonie immer einen Bezug zur Aufgabe, die ausgeführt wird, hat. Im Kontext der Untersuchungen erscheint durch die Betonung auf das Monotonieempfinden eine Fehlinterpretation unwahrscheinlich. Die Betonung auf das Monotonieempfinden stellt sicher,

dass nicht die Monotonie als Bedingung, sondern der eigene Zustand wiedergegeben wird (vgl. Bartenwerfer, 1985). Die Wortwahl „Monotoniempfinden“ wurde dabei dem „Monotoniererleben“ vorgezogen, da sie eindeutiger auf den eigenen Zustand referenziert.

### *EKG*

Die Nutzung eines EKG zur Bestimmung der Herzrate und Herzratenvariabilität war weitgehend erfolgreich. Durch den Einsatz von EKG-Geräten, die gängige Medizinalnormen erfüllen (EN60601-2-25), wurde eine hohe Reliabilität und Objektivität der Messungen sichergestellt. Internationalen Standards (Malik et al., 1996) folgend konnte die vorgenommene automatische Artefaktkorrektur Probleme durch vorhandene Messartefakte (z. B. durch Elektronik in der Umgebung oder durch Bewegungen) beheben.

### *Verhaltensmessungen*

In U3 und U4 wurden Fehlerraten (zur Bestimmung der Erkennungsleistung  $d'$ ) und Reaktionszeiten erfasst. Die computergestützte Erfassung dieser Maße erfolgte beim Ausführen einer Überwachungsaufgabe automatisch. Die für die Untersuchungen verwendete Software (TRAINS) erstellte für jede Versuchsperson und Bedingung eine Log-Datei, in der alle Eingaben millisekundengenau gespeichert wurden. Die automatische Erfassung mittels Computer zeichnet sich durch eine maximale Reliabilität und Objektivität aus.

Aufgrund der in den Abschnitten 10.1 und 10.2 beschriebenen Restriktionen dieser Arbeit blieben einige Forschungsfragen offen, und auch aus den gewonnenen Ergebnissen resultieren einige weiterführende Fragestellungen.

### **10.3 Offene Fragen**

Mit Hilfe des erstellten modifizierten Monotoniekonzepts werden die offen gebliebenen und weiterführenden Fragestellungen aufgezeigt (Abbildung 40).

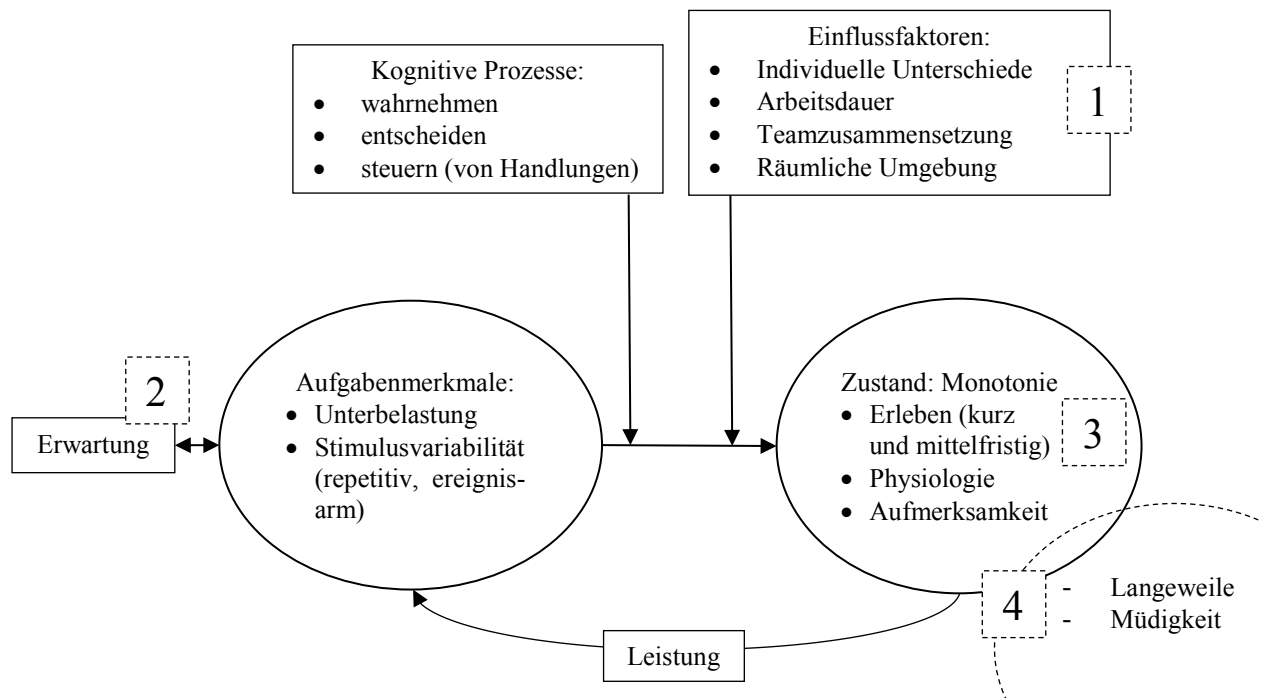


Abbildung 40: Offene Fragen zum modifizierten Monotoniekonzept

Nachdem die Wirkung von Ereignisarmut und Repetitivität genauer betrachtet wurde, konnten andere Entstehungsbedingungen von Monotonie nur am Rande behandelt werden. Der Einfluss von Arbeitsdauer, Teamzusammensetzung und räumlicher Umgebung als Moderatorvariablen von Monotonie wird noch wenig verstanden. Fundierteres Wissen zu diesen Faktoren und ihrer Wirkung könnte zu einer weiteren Verbesserung von Maßnahmen und damit zur Vermeidung von Monotonie beitragen (1).

Die Ergebnisse dieser Arbeit geben verschiedene Hinweise darauf, dass die Entwicklung von Monotonie über die Zeit noch wenig verstanden wird.

- Welche Erwartungen verstärken Monotonie, welche reduzieren sie möglicherweise (2)?
- Kann durch ein entsprechendes Erwartungsmanagement Monotonie reduziert werden (2)?
- Wie lange dauern die festgestellten Nachwirkungen von Monotonie nach Beendigung einer Tätigkeit an und durch welche Faktoren wird diese Dauer beeinflusst (3)?
- Gibt es Einflussfaktoren, die vor Nachwirkungen schützen (3)?

In Bezug auf die Symptome von Monotonie wurden die passive aufgabenbezogene Langeweile und die passive Müdigkeit (May & Baldwin, 2009) in dieser Arbeit nur wenig berücksichtigt. In welchem Ausmaß sich diese Symptome konzeptuell mit dem Monotonieerleben überschneiden,

ist noch unklar (4). Eine Klärung dieser Überschneidungen könnte zu einer weiteren Schärfung des Monotoniekonzeptes beitragen.

Eine erschöpfende Überprüfung der Wirksamkeit aller in Kapitel 4 beschriebenen Maßnahmen konnte diese Arbeit nicht leisten. Aus praktischer Sicht wäre die Prüfung von weiteren Maßnahmen in zukünftigen Untersuchungen wünschenswert. Ziel sollte es dabei sein, Monotonie möglichst vollständig zu verhindern.

## 10.4 Ausblick

### 10.4.1 Kognitionspsychologische Forschung

Heutige digitale Technologien ermöglichen die Sammlung großer Datenmengen bzgl. der Stimuli, denen Menschen heute ausgesetzt sind. Diese Datenmengen werden es künftig gestatten, vielschichtige Einflussfaktoren und komplexe Abhängigkeiten zu berücksichtigen. Diese Entwicklung erlaubt es künftig, die komplexen Zusammenhänge von Syndromen wie Monotonie in Forschungsdesigns holistisch zu untersuchen.

Die nächsten Forschungsschritte, um das psychologische Konzept Monotonie noch besser zu verstehen, sind:

- die Ausweitung der Forschung auf neue, bisher wenig betrachtete Kontexte (z. B. Raumfahrt), um gewonnene Erkenntnisse zu überprüfen und Einschränkungen der bisher betrachteten Anwendungsfelder aufzuzeigen;
- die Nutzung neuer Technologie- und Methodenentwicklungen für die Erhebung von zusätzlichen Monotoniesymptomen im Feld, so könnten insbesondere Fortschritte bzgl. leichter tragbarer EEG-Geräte (Radüntz & Meffert, 2020) neue Erkenntnisse zu Entstehung und Dauer von Symptomen ermöglichen;
- die Entwicklung prädiktiver Analysemethoden, die, auf Basis von in Echtzeit gesammelter Daten, monotonieerzeugende Situationen erkennen können und zeitnahe angemessene Maßnahmen ermöglichen;
- die Untersuchung möglicher Zusammenhänge mit anderen negativen Folgen defizitärer Aufgabengestaltung, wie z. B. Fertigkeitenverluste;
- die Ausarbeitung praktischer Konzepte zur Reduktion von Monotonie mittels neuer Technologien, wie Augmented Reality und Virtual Reality. Mit Hilfe dieser Technologien

könnten wahrzunehmende Stimuli und die Interaktion mit dem technischen System variabler gestaltet und damit Monotonie reduziert werden.

#### **10.4.2 Arbeits- und Automatisierungsgestaltung in der Praxis**

Die Technologieentwicklung in vielen Branchen verändert die Aufgabe des Menschen in den Systemen ständig. Viele dieser Veränderungen drängen den Menschen in soziotechnischen Systemen immer stärker in die Rolle des passiven Überwachenden. Im Kontext der Bahn dient hierzu als Beispiel das Schweizer Branchenprogramm SmartRail 4.0 mit dem Ziel, noch bestehende manuell auszuführende Tätigkeiten in der Zugverkehrsleitung und Zugführung bis auf die Überwachung vollständig zu automatisieren (Kernteam SR40, 2019).

Ähnliche Bestrebungen sind u. a. im Straßenverkehr (Fridman, Ding, Jenik & Reimer, 2019) und im Schiffsverkehr (Utne, Rokseth, Sørensen & Vinnem, 2020) bezüglich der semi-autonomen Fahrzeugführung sowie in der Luftverkehrsüberwachung (Baspinar, Balakrishnan & Koyuncu, 2020) bekannt.

Während Automatisierung nicht zwangsläufig zu Monotonie führt, ist sie in vielen Fällen ein entscheidender Faktor. In der Praxis fehlt es bei vielen technikgetriebenen Veränderungen einer angemessenen Berücksichtigung des Menschen. Eine beabsichtigte Entlastung in Ausnahmefällen kann damit schnell zu einer Unterbelastung im Normalbetrieb führen. Dadurch werden oft unabsichtlich Entstehungsbedingungen für Monotonie geschaffen.

Diese genannten Entwicklungen zeigen, dass das Thema Monotonie und ihre Vermeidung in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen wird.

Die vorliegende Arbeit kann dazu beitragen, bei der Gestaltung von Arbeitsaufgaben, organisatorischen und technischen Veränderungen bestimmte Entstehungsbedingungen für Monotonie zu vermeiden bzw. Maßnahmen zu konzipieren, um mittels sinnhafter und anspruchsvoller Sekundäraufgaben vorhandene Monotonie mindestens teilweise zu reduzieren.

## Literatur

- Acee, T. W., Kim, H., Kim, H. J., Kim, J. I., Chu, H. N. R., Kim, M. et al. (2010). Academic boredom in under- and over-challenging situations. *Contemporary Educational Psychology*, 35(1), 17–27. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2009.08.002>
- Aranda, C., De La Cruz, B. & Naranjo, J. (2017). Effects of different automatic filters on the analysis of heart rate variability with kubios HRV software. *Archivos de Medicina del Deporte*, 34(4), 196–200.
- Ariga, A. & Lleras, A. (2011). Brief and rare mental „breaks“ keep you focused: Deactivation and reactivation of task goals preempt vigilance decrements. *Cognition*, 118(3), 439–443. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.12.007>
- Ayaz, H., Shewokis, P. A., Bunce, S., Izzetoglu, K., Willems, B. & Onaral, B. (2012). Optical brain monitoring for operator training and mental workload assessment. *NeuroImage*, 59(1), 36–47. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.06.023>
- Ayaz, H., Willems, B., Bunce, B., Shewokis, P. A., Izzetoglu, K., Hah, S. et al. (2010). Cognitive Workload Assessment of Air Traffic Controllers Using Optical Brain Imaging Sensors. *Advances in Understanding Human Performance: Neuroergonomics, Human Factors Design, and Special Populations*, (June), 21–31. <https://doi.org/10.1201/EBK1439835012-4>
- Bainbridge, L. (1982). Ironies of Automation. *IFAC Proceedings Volumes*, 15(6), 129–135. Elsevier. [https://doi.org/10.1016/s1474-6670\(17\)62897-0](https://doi.org/10.1016/s1474-6670(17)62897-0)
- Barmack, J. E. (1939). Studies on the Psychophysiology of Boredom: Part I. The Effect of 15 Mgs. Of Bensedrine Sulfate and 60 Mgs. Of Ephedrine Hydrochloride on Blood Pressure, Report of Boredom and Other Factors. *Journal of Experimental Psychology*, 25(5), 494–505. <https://doi.org/10.1037/h0054402>
- Bartenwerfer, H. (1970). Psychische Beanspruchung und Ermüdung. In Mayer & Herwig (Hrsg.), *Handbuch der Psychologie. Band 9 : Betriebspsychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Bartenwerfer, H. (1985). *Monotonie in unserer Arbeitswelt - muss das sein?* München: Bayrisches Staatsministerium für Arbeit u. Sozialordnung.
- Baspinar, B., Balakrishnan, H. & Koyuncu, E. (2020). Optimization-Based Autonomous Air Traffic Control for Airspace Capacity Improvement. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 9251(c), 1–1. <https://doi.org/10.1109/taes.2020.3003106>
- BAV. (2017). *Echtzeitdaten-Anforderungen an Leitsysteme der Transportunternehmen*.
- Bellebaum, A. (1990). *Langeweile, Überdruß und Lebenssinn*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-97017-6>
- Bergius, R. (2014). Empfindung. In M.A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch – Lexikon der Psychologie* (18. Auflage, S. 449). Bern: Hogrefe Verlag.
- BFS. (2017). *Verkehrsverhalten der Bevölkerung*. Neuchâtel. Verfügbar unter: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/personenverkehr/verkehrsverhalten.assetdetail.1840604.html>
- Bliese, P. D. (1998). Group size, ICC values, and group-level correlations: A simulation. *Organizational Research Methods*. <https://doi.org/10.1177/109442819814001>
- Boksem, M. A. S., Meijman, T. F. & Lorist, M. M. (2005). Effects of mental fatigue on attention: An ERP study. *Cognitive Brain Research*, 25(1), 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.04.011>

- Bolger, N. & Laurenceau, J.-P. (2013). *Intensive longitudinal methods: An introduction to diary and experience sampling research*. New York: Guilford Press.
- Botez, C. & Mamali, M. (1969). La monotonie et la fatigue dans l'activité des opérateurs des tableaux de commande. *Le Travail Humain: A Bilingual and Multi-Disciplinary Journal in Human Factors*, 32(1–2), 13–22.
- Boucsein, W. & Backs, R. W. (2000). Engineering Psychophysiology: Issues and Applications. In R.W. Backs & W. Boucsein (Hrsg.), *Engineering psychophysiology. Issues and applications* (S. 3–30). London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Broadbent, D. E. (1957). A mechanical model for human attention and immediate memory. *Psychological review*, 64(3), 205–215. <https://doi.org/10.1037/h0047313>
- Brunswik, E. (1956). *Perception and the representative design of psychological experiments* (2. Auflage). Berkeley: University of California Press.
- Bundesamt für Verkehr. (2016). Schweizerische Fahrdienstvorschriften FDV (R 300.1–.15). 2016: BBL, Verkauf Bundespublikationen.
- Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung. (2018). *Untersuchungsbericht Zugkollision, 09.02.2016, Bad Aibling–Kolbermoor*. Bonn.
- Burk, C. (2005). *Physische elektrodermale Aktivität als Persönlichkeitsindikator. Extrapolation*. Justus-Liebig Universität Gießen. Verfügbar unter: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2005/2436/>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbam Associates.
- Commission Implementing Regulation (EU) 2015/1998. (2015). Commission Implementing Regulation (EU)2015/1998 of 5 November 2015 laying down detailed measures for the implementation of the common basic standards on aviation security. *Official Journal of the European Union*, 58, 1–146.
- Cox, T. (1985). Repetitive work: Occupational stress and health. In C.L. Cooper & M. Smith (Hrsg.), *Job Stress and Blue Collar Work* (S. 85–112). London: John Wiley and Sons.
- Creswell, J. W. & Plano Clark, V. L. (2011). Choosing a Mixed Method Design. *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. <https://doi.org/1412927927>
- Csikszentmihalyi, M. (2014). *Flow and the Foundations of Positive Psychology*. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9088-8>
- Davies, A. H. (1926). Discussion On The Physical And Mental Effects Of Monotony In Modern Industry. *The British Medical Journal*, 2(3427), 472–479. BMJ Publishing Group.
- Davies, D. R., Shackleton, V. J. & Parasuraman, R. (1983). Monotony and boredom. In G.R.J. Hockey (ed.), *Stress and fatigue in human performance*. New York: Wiley .
- Demerouti, E., Fergen, A., Glaser, J., Herbig, B., Hofmann, A., Nachreiner, F. et al. (2012). *Psychische Belastung und Beanspruchung am Arbeitsplatz: Inklusive DIN EN ISO 10075-1 bis -3* (Beuth Forum). Beuth Verlag GmbH. Verfügbar unter: <https://books.google.ch/books?id=H6aqpwAACAAJ>
- Desmond, P. A. & Hancock, P. A. (2001). Active and passive fatigue states. (Human factors in transportation.). *Stress, workload, and fatigue*. (S. 455–465). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

- Deutsch, J. A. & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological review*, 70, 80–90. <https://doi.org/10.1037/h0039515>
- Doehlemann, M. (1991). *Langeweile?: Deutung eines verbreiteten Phänomens* (Edition Suhrkamp). Suhrkamp. Verfügbar unter: <https://books.google.ch/books?id=0OptQgAACAAJ>
- Drory, A. (1982). Individual differences in boredom proneness and task effectiveness at work. *Personnel Psychology*, (1975), 141–152. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-6570.1982.tb02190.x>
- Dunn, N. J. (2011). *Monotony: The effect of task demand on subjective experience and performance (Doctoral dissertation)*. University of New South Wales.
- Dunn, N. J. & Williamson, A. (2011). Monotony in the rail industry: The role of task demand in mitigating monotony-related effects on performance. *Ergonomics Australia – HFESA 2011 Conference Edition 2011* (S. 1–5). Verfügbar unter: <https://www.ergonomics.org.au/documents/item/269>
- Dunn, N. J. & Williamson, A. (2012a). Driving monotonous routes in a train simulator: the effect of task demand on driving performance and subjective experience. *Ergonomics*, 55(9), 997–1008. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.691994>
- Dunn, N. J. & Williamson, A. (2012b). Mitigating the effects of monotony: The role of task complexity. *Rail Human Factors Around the World: Impacts on and of People for Successful Rail Operations*, 774–782. <https://doi.org/10.1002/lary.24911>
- Eastwood, J. D., Frischen, A., Fenske, M. J. & Smilek, D. (2012). The Unengaged Mind. *Perspectives on Psychological Science*, 7(5), 482–495. <https://doi.org/10.1177/1745691612456044>
- Ellis, P. D. (2010). *The Essential Guide to Effect Sizes. The Essential Guide to Effect Sizes*. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511761676>
- Elsner, B. & Prinz, W. (2012). Psychologische Modelle der Handlungssteuerung. In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Kognitive Neurowissenschaften* (S. 367–375). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-25527-4\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-642-25527-4_33)
- Endo, T. & Kogi, K. (1975). Monotony Effects of the Work of Motormen during High-Speeds Train Operation. *Journal of Human Ergology*, 4(2), 129–140.
- Endsley, M. R. (1995a). Measurement of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1), 65–84. <https://doi.org/10.1518/001872095779049499>
- Endsley, M. R. (1995b). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1), 32–64. <https://doi.org/10.1518/001872095779049543>
- Eysenck, H. J. & Lewin, K. (1952). Field Theory in Social Science. *The British Journal of Sociology*. <https://doi.org/10.2307/586914>
- Farmer, R. & Sundberg, N. D. (1986). Boredom proneness: The development and correlates of a new scale. *Journal of personality assessment*. [https://doi.org/10.1207/s15327752jpa5001\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327752jpa5001_2)
- Fenichel, O. (1934). Zur Psychologie der Langeweile. *Imago: Zeitschrift für Anwendung der Psychoanalyse auf die Geisteswissenschaften*, 20(3), 270–281.
- Field, A., Miles, J. & Field, Z. (2012). *Discovering Statistics Using R*. Sage Publication. London: Sage.

- Fischer, K. (2008). *KTI Bericht: Kompetenzentwicklung und kognitive Modellierung in der Betriebsführung der SBB*. Olten.
- Fischer, K., Brünger, J., Hostettler, K., Nisoli, G. & Zimmermann, J. (2017). *KTI Bericht: Mensch-Maschine-Interaktion in der Verkehrssteuerung im Bahnbetrieb: Optimale Gestaltung künftiger Automatisierungen in der Zugverkehrsleitung der Schweiz*. Olten.
- Fisher, C. D. (1993). Boredom at Work: A Neglected Concept. *Human Relations*, 46, 395–417. <https://doi.org/10.1177/001872679304600305>
- Fleiss, J. L. (1986). *The Design and Analysis of Clinical Experiments*. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*. New York: John Wiley and Sons. <https://doi.org/10.2307/2982050>
- Flick, U. (2007). *Qualitative Sozialforschung - Eine Einführung*. (König Burghard, Hrsg.) *rohwohls enzyklopädie* (3. Auflage). Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Förstl, H. (2009). Neuro-enhancement: Gehirndoping. *Der Nervenarzt*, 80(7), 840–846. <https://doi.org/10.1007/s00115-009-2801-6>
- Franke, A. G. & Lieb, K. (2010). Pharmakologisches Neuroenhancement und „Hirndoping“: Chancen und Risiken. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 53(8), 853–860. <https://doi.org/10.1007/s00103-010-1105-0>
- Fridman, L., Ding, L., Jenik, B. & Reimer, B. (2019). Arguing Machines: Human Supervision of Black Box AI Systems That Make Life-Critical Decisions. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (S. 1335–1343). Long Beach, CA: IEEE. <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2019.00173>
- Frieling, E. & Sonntag, K. (1999). *Lehrbuch Arbeitspsychologie* (2. Auflage). Bern: Hans Huber Verlag.
- Geiwitz, P. J. (1966). Structure of boredom. *Journal of personality and social psychology*, 3(5), 592–600. <https://doi.org/10.1037/h0023202>
- Gershon, P., Ronen, A., Oron-Gilad, T. & Shinar, D. (2009). The effects of an interactive cognitive task (ICT) in suppressing fatigue symptoms in driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12(1), 21–28. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2008.06.004>
- Greely, H., Sahakian, B., Harris, J., Kessler, R. C., Gazzaniga, M., Campbell, P. et al. (2008). Towards responsible use of cognitive-enhancing drugs by the healthy. *Nature*, 456(7223), 702–705. <https://doi.org/10.1038/456702a>
- Green, D. M. & Swets, J. A. (1966). *Signal detection theory and psychophysics*. *Signal detection theory and psychophysics*. (1. Auflage). New York: Wiley & Sons.
- Greschner, U. M. (2011). *Experimentelle Untersuchung von Massnahmen gegen Schläfrigkeit beim Fahren von Kraftfahrzeugen (Doctoral dissertation)*. Universität Stuttgart. <https://doi.org/10.18419/opus-4441>
- Gricevskij, M. A., Baskirova, L. ., Zajceva, Z. I., Egorova, J. V., Dolgolenko, T. N., Kryzanovskaja, N. A. et al. (1983). Situational Monotony as a Factor of the Work Environment in Automated Industrial Processes. *Obstanovocnaja Monotonnost' kak Faktor Proizvodstvennoj Sredy na Avtomatizirovannyh Promyslennyh Proizvodstvah*. Verfügbar unter: <https://login.ezproxy.net.ucf.edu/login?auth=shibb&url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ega&AN=ega100945&site=eds-live&scope=site>

- Grote, G. (1997). *Autonomie und Kontrolle: zur Gestaltung automatisierter und risikoreicher Systeme* (Band 16). Zürich: vdf Hochschulverlag AG.
- Haager, J. S., Kuhbandner, C. & Pekrun, R. (2016). To Be Bored or Not To Be Bored-How Task-Related Boredom Influences Creative Performance. *Journal of Creative Behavior*, 0(2006), 1–10. <https://doi.org/10.1002/jocb.154>
- Hacker, W. (1989). Vollständige vs. unvollständige Arbeitstätigkeiten. In S. Greif, H. Holling & N. Nicholson (Hrsg.), *Arbeits- und Organisationspsychologie. Internationales Handbuch in Schlüsselbegriffen* (S. 463–466). München: Psychologie Verlags Union.
- Hacker, W. & Richter, P. (1984). *Psychische Fehlbeanspruchung: psychische Ermüdung, Monotonie, Sättigung und Stress* (Spezielle Arbeits- und Ingenieurpsychologie in Einzeldarstellungen). Springer. Verfügbar unter: <https://books.google.ch/books?id=3uCJJwAACAAJ>
- Hancock, P. A. & Warm, J. S. (1989). A dynamic model of stress and sustained attention. *Human Factors*, 31(5), 519–537. <https://doi.org/10.1177/001872088903100503>
- Hart, C. S. (2010). *Assessing the Impact of Low Workload in Supervisory Control of Networked Unmanned Vehicles* (Master's thesis). Massachusetts Institute of Technology.
- Hart, S. G. & Stavenland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Adv. Psychol.*
- Havermans, R. C., Vancleef, L., Kalamatianos, A. & Nederkoorn, C. (2015). Eating and inflicting pain out of boredom. *Appetite*, 85, 52–57. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.11.007>
- Helton, W. S., Hollander, T. D., Warm, J. S., Matthews, G., Dember, W. N., Wallaart, M. et al. (2005). Signal regularity and the mindlessness model of vigilance. *British journal of psychology (London, England: 1953)*, 96(Pt 2), 249–261. <https://doi.org/10.1177/154193120304701317>
- Helton, W. S. & Warm, J. S. (2008). Signal salience and the mindlessness theory of vigilance. *Acta Psychologica*, 129(1), 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2008.04.002>
- Henrich, J., Heine, S. J. & Norenzayan, A. (2010). Weird People. *Behavioral and Brain Sciences*, 33(2–3), 61–135. <https://doi.org/doi:10.1017/S0140525X0999152X>
- Hofer, F. & Schwaninger, A. (2004). Reliable and valid measures of threat detection performance in X-ray screening. *Proceedings - International Carnahan Conference on Security Technology*, (June), 303–308. <https://doi.org/10.1109/ccst.2004.1405409>
- Hofer, F. & Schwaninger, A. (2005). Using threat image projection data for assessing individual screener performance. *WIT Transactions on the Built Environment*, 82(May), 417–426. <https://doi.org/10.2495/SAFE050411>
- Huber, O. (2014). *Das psychologische Experiment. Eine Einführung. Psychologische Rundschau* (6. Auflage). Bern: Hans Huber Verlag.
- IBM Corp. (2016). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. 2016.
- Izsó, L., Laufer, M. A. & Suplicz, S. (2009). Effects of dynamic lighting on the visual performance of older adults. *Lighting Research & Technology*, 41, 361–370. <https://doi.org/10.1177/1477153509336802>
- James, W. (1890). The Principles of Psychology (review). *Journal of the History of Philosophy*, 21(2), 270–272. <https://doi.org/10.1353/hph.1983.0040>

- Jenkin, P., Koch, T. & Kralik, D. (2006). The experience of fatigue for adults living with HIV. *Journal of Clinical Nursing*, 15(9), 1123–1131. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2006.01343.x>
- Johansson, G. (1989). Job Demands and Stress Reactions in Repetitive and Uneventful Monotony at Work. *International Journal of Health Services*, 19(2), 365–377. <https://doi.org/10.2190/XYP9-VK4Y-9H80-VV3K>
- Johansson, G., Cavalini, P. & Pettersson, P. (1996). Psychobiological Reactions to Unpredictable Performance Stress in a Monotonous Situation. *Human Performance*, 9(4), 363–384.
- Jungmann Systemtechnik GmbH & Co. (2017). JST , die Profis für Ihren Kontrollraum JST , die Profis für Ihren Kontrollraum.
- Jungmann Systemtechnik GmbH & Co. (2018). [www.jungmann.de](http://www.jungmann.de).
- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. *The American Journal of Psychology* (Band 88). <https://doi.org/10.2307/1421603>
- Karrer-Gauß, K. (2012). *Prospektive Bewertung von Systemen zur Müdigkeitserkennung: Ableitung von Gestaltungsempfehlungen zur Vermeidung von Risikokompensation aus empirischen Untersuchungen (Doctoral dissertation)*. Technischen Universität Berlin. Verfügbar unter: <https://books.google.ch/books?id=-RMHjwEACAAJ>
- Karrer, K., Briest, S., Vöhringer-Kuhnt, T., Baumgarten, T. & Schleicher, R. (2005). Driving without awareness. *Traffic and transport psychology. Proceedings of the ICTTP 2004*, (January), 455–470. <https://doi.org/10.1016/B978-008044379-9/50192-8>
- Kernteam SR40. (2019). *Smartrail 4.0: Expertenbericht 2019 zuhanden des Bundesamts für Verkehr*.
- Kiroi, V. N. & Aslanyan, E. V. (2006). General laws for the formation of the state of monotony. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 36(9), 921–928. <https://doi.org/10.1007/s11055-006-0108-7>
- Koerth-Baker, M. (2016). Why boredom is anything but boring. *Nature*, 529(7585), 146–148. <https://doi.org/10.1038/529146a>
- Körper, M., Cingel, A., Zimmermann, M. & Bengler, K. (2015). Vigilance Decrement and Passive Fatigue Caused by Monotony in Automated Driving. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 2403–2409. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.499>
- Kreikebaum, H. & Herbert, K.-J. (1988). *Humanisierung der Arbeit: Arbeitsgestaltung im Spannungsfeld ökonomischer, technologischer und humanitärer Ziele* (1.). Wies: Gabler Verlag.
- Kumar, J. & Herger, M. (2013). *Gamification at work: Designing engaging business software*. *Gamification at work: Designing engaging business software* (1. Auflage). The Interaction Design Foundation.
- Laird, N. M. & Ware, J. H. (1982). Random-Effects Models for Longitudinal Data. *Biometrics*. <https://doi.org/10.2307/2529876>
- Landau, K. & Pressel, G. (2009). *Medizinisches Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen: Definitionen, Vorkommen, Arbeitsschutz*. Gentner. Verfügbar unter: <https://books.google.ch/books?id=Y1wEOAAACAAJ>
- Larue, G. S., Rakotonirainy, A. & Pettitt, A. N. (2011). Driving performance impairments due to hypovigilance on monotonous roads. *Accident Analysis and Prevention*, 43(6), 2037–2046. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.05.023>

- LeBreton, J. M. & Senter, J. L. (2008). Answers to 20 questions about interrater reliability and interrater agreement. *Organizational Research Methods*. <https://doi.org/10.1177/1094428106296642>
- LeFevre, J. (1988). Flow and the quality of experience during work and leisure. In M. Csikszentmihalyi & I.S. Csikszentmihalyi (Hrsg.), *Optimal Experience: Psychological Studies of Flow in Consciousness* (S. 307–318). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511621956.018>
- Link, J. (2011). *Führungssysteme: Strategische Herausforderung für Organisation, Controlling und Personalwesen* (6. Auflage). München: Vahlen Verlag. Verfügbar unter: <https://books.google.ch/books?id=NKVIXZ5RueYC>
- London, H., Schubert, D. S. & Washburn, D. (1972). Increase of autonomic arousal by boredom. *Journal of abnormal psychology*, 80(1), 29–36. <https://doi.org/10.1037/h0033311>
- Mackworth, N. H. (1948). The breakdown of vigilance during prolonged visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1(1), 6–21. <https://doi.org/10.1080/17470214808416738>
- Malik, M., Bigger, J., Camm, A. & Kleiger, R. (1996). Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17, 354–381. <https://doi.org/0195-668X/96/030354+28>
- Manly, T., Robertson, I. H., Galloway, M. & Hawkins, K. (1999). The absent mind: Further investigations of sustained attention to response. *Neuropsychologia*, 37(6), 661–670. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(98\)00127-4](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(98)00127-4)
- Manzey, D. (2012). Systemgestaltung und Automatisierung. In P. Badke-Schaub, G. Hofinger & K. Lauche (Hrsg.), *Human Factors: Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen* (S. 333–352). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-19886-1\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-642-19886-1_19)
- Matthews, G., Warm, J. S., Reinerman-Jones, L. E., Langheim, L. K., Washburn, D. A. & Tripp, L. (2010). Task engagement, cerebral blood flow velocity, and diagnostic monitoring for sustained attention. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 16(2), 187–203. <https://doi.org/10.1037/a0019572>
- MAXQDA. (2017). MAXQDA - Software for qualitative data analyses. *VERBI Software. Consult. Sozialforschung GmbH*.
- May, J. F. & Baldwin, C. L. (2009). Driver fatigue: The importance of identifying causal factors of fatigue when considering detection and countermeasure technologies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12(3), 218–224. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2008.11.005>
- Mayring, P. (1991). Qualitative Inhaltsanalyse. In U. Flick, E. v. Kardoff, H. Kneupp & L. von Rosenstiel (Hrsg.), *Handbuch qualitative Forschung : Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen* (S. 209–213). München: Beltz.
- McBain, W. N. (1970). Arousal, Monotony, and Accidents in Line Driving. *Journal of Applied Psychology*, 54(6), 509–519. <https://doi.org/10.1037/h0030144>
- Mega Electronics Ltd. (2013). eMotion LAB User Manual 800608-1.5. Kuopio.
- Melamed, S., Ben-Avi, I., Luz, J. & Green, M. S. (1995a). Objective and subjective work monotony: effects on job satisfaction, psychological distress, and absenteeism in blue-collar workers. *The Journal of applied psychology*, 80(1), 29–42. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.80.4.538>

- Melamed, S., Ben-Avi, I., Luz, J. & Green, M. S. (1995b). Repetitive work, work underload and coronary heart disease risk factors among blue-collar workers-the CORDIS study. *Journal of Psychosomatic Research*, 39(1), 19–29.
- Mercer-Lynn, K. B., Bar, R. J. & Eastwood, J. D. (2014). Causes of boredom: The person, the situation, or both? *Personality and Individual Differences*, 56(1), 122–126. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2013.08.034>
- Mercer, K. B. & Eastwood, J. D. (2010). Is boredom associated with problem gambling behaviour? It depends on what you mean by 'boredom'. *International Gambling Studies*, 10(1), 91–104. <https://doi.org/10.1080/14459791003754414>
- Michael, R. L. (2011). *An examination of monotony and hypovigilance, independent of fatigue : relevance to road safety (Doctoral dissertation)*. Queensland University of Technology. Verfügbar unter: <https://eprints.qut.edu.au/45603/>
- Minzenberg, M. J. & Carter, C. S. (2008). Modafinil: A review of neurochemical actions and effects on cognition. *Neuropsychopharmacology*, 33(7), 1477–1502. <https://doi.org/10.1038/sj.npp.1301534>
- Moray, N. (2005). *Ergonomics : Major Writings The History and Scope of Human Factors*. London : Taylor & Francis.
- Müller, S., Bittlinger, M., Brukamp, K., Christen, M., Friedrich, O., Gruber, M. C. et al. (2018). Neuroethics—history, definition, and scope of a new field of science. *Ethik in der Medizin*, 30(2), 91–106. <https://doi.org/10.1007/s00481-018-0477-9>
- Münsterberg, H. (1912). *Psychologie und Wirtschaftsleben ein Beitrag zur angewandten Experimental-Psychologie*. Barth.
- Myrtek, M., Deutschmann-Janicke, E., Strohmaier, H., Zimmermann, W., Lawrenz, S., Brügger, G. et al. (1994). Physical, mental, emotional, and subjective workload components in train drivers. *Ergonomics*, 37(7), 1195–1203. <https://doi.org/10.1080/00140139408964897>
- National Research Council. (2011). *The Effects of Commuting on Pilot Fatigue*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13201>
- Nederkoorn, C., Vancleef, L., Wilkenhöner, A., Claes, L. & Havermans, R. C. (2016). Self-inflicted pain out of boredom. *Psychiatry Research*, 237, 127–132. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2016.01.063>
- O'Hanlon, J. F. (1972). Heart Rate Variability: A New Index of Driver Alertness/Fatigue. *SAE Technical Paper*. SAE International. <https://doi.org/10.4271/720141>
- O'Hanlon, J. F. (1981). Boredom: practical consequences and a theory. *Acta psychologica*, 49(1), 53–82.
- O'Hanlon, J. F. & Beatty, J. (1977). Concurrence of Electroencephalographic and Performance Changes During a Simulated Radar Watch and Some Implications for the Arousal Theory of Vigilance. In R.R. Mackie (Hrsg.), *Vigilance: Theory, Operational Performance, and Physiological Correlates* (S. 189–201). Boston, MA: Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2529-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2529-1_11)
- Ohsuga, M., Shimono, F. & Genno, H. (2001). Assessment of phasic work stress using autonomic indices. *International Journal of Psychophysiology*, 40(3), 211–220. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(00\)00189-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(00)00189-6)

- Pattyn, N., Neyt, X., Henderickx, D. & Soetens, E. (2008). Psychophysiological investigation of vigilance decrement: Boredom or cognitive fatigue? *Physiology and Behavior*, 93(1–2), 369–378. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.09.016>
- Persson, A., Wanek, B. & Johansson, A. (2001). Passive versus active operator work in automated process control—a job design case study in a control centre. *Applied Ergonomics*, 32(5), 441–451. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(01\)00022-9](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(01)00022-9)
- Peter, J. H., Cassel, W., Ehrig, B., Faust, M., Fuchs, E., Langanke, P. et al. (1990). Occupational performance of a paced secondary task under conditions of sensory deprivation - II. The influence of professional training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 60(4), 315–320. <https://doi.org/10.1007/BF00379403>
- Porst, R. (2011). *Fragebogen: Ein Arbeitsbuch* (3. Auflage). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- R Core Team. (2014). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Verfügbar unter: <http://www.r-project.org/>.
- Rädiker, S. & Kuckartz, U. (2019). *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA. Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA*. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-22095-2>
- Radüntz, T. & Meffert, B. (2020). Cross-Modality Matching for Evaluating User Experience of Emerging Mobile EEG Technology. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 50(4), 298–308. <https://doi.org/10.1109/thms.2020.2989380>
- Ralph, B. C. W., Onderwater, K., Thomson, D. R. & Smilek, D. (2017). Disrupting monotony while increasing demand: benefits of rest and intervening tasks on vigilance. *Psychological Research*, 81(2), 432–444. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s00426-016-0752-7>
- Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W. & Naumann, E. (2014). Varianzanalyse mit Messwiederholung. *Quantitative Methoden* (4. Auflage, Band 2, S. 65–91). Heidelberg: Springer. Verfügbar unter: [http://quantitative-methoden.de/Dateien/Auflage3/Band\\_II/Kapitel\\_7\\_SPSS\\_Ergaenzungen\\_A3.pdf](http://quantitative-methoden.de/Dateien/Auflage3/Band_II/Kapitel_7_SPSS_Ergaenzungen_A3.pdf)
- Richardson, A. & Ream, E. (1996). The experience of fatigue and other symptoms in patients receiving chemotherapy. *European journal of cancer care*, 5(s2), 24–30. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2354.1996.tb00248.x>
- Richter, G. (2000). *Psychische Belastung und Beanspruchung. Stress, psychische Ermüdung, Monotonie, psychische Sättigung. Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse: Forschungsergebnisse für die Praxis* (3. Auflage, Band 116). Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Rouse, W. B. & Morris, N. M. (1986). On Looking Into the Black Box. Prospects and Limits in the Search for Mental Models. *Psychological Bulletin*, 100(3), 349–363. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.100.3.349>
- Saalasti, S. (2003). *Neural networks for heart rate time series analysis (Doctoral dissertation)*. University of Jyväskylä.
- Salo, M. A., Huikuri, H. V. & Seppänen, T. (2001). Ectopic beats in heart rate variability analysis: Effects of editing on time and frequency domain measures. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 6(1), 5–17. <https://doi.org/10.1111/j.1542-474X.2001.tb00080.x>

- Saxby, D. J., Matthews, G., Warm, J. S., Hitchcock, E. M. & Neubauer, C. (2013). Active and passive fatigue in simulated driving: Discriminating styles of workload regulation and their safety impacts. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 19(4), 287–300. <https://doi.org/10.1037/a0034386>
- SBB. (2017). *Rail Control System (RCS) – Das Bahnverkehrskonzept der Zukunft*.
- Schandry, R. (1998). *Lehrbuch der Psychophysiologie: Körperliche Indikatoren psychischen Geschehens* (4. Auflage). Weinheim: Beltz / Psychologie Verlags Union.
- Schmidt, E. A. (2010). *Die objektive Erfassung von Müdigkeit während monotoner Tagfahrten und deren verbale Selbsteinschätzung durch den Fahrer (Doctoral dissertation)*. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.
- Schmidt, E. A., Schrauf, M., Simon, M., Buchner, A. & Kincses, W. E. (2011). The short-term effect of verbally assessing drivers' state on vigilance indices during monotonous daytime driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(3), 251–260. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2011.01.005>
- Schmidt, E. A., Schrauf, M., Simon, M., Fritzsche, M., Buchner, A. & Kincses, W. E. (2009). Drivers' misjudgement of vigilance state during prolonged monotonous daytime driving. *Accident Analysis and Prevention*, 41(5), 1087–1093. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.06.007>
- Schömig, N. & Metz, B. (2013). Three levels of situation awareness in driving with secondary tasks. *Safety Science*, 56, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.05.029>
- Schroeter, R., Oxtoby, J. & Johnson, D. (2014). AR and Gamification Concepts to Reduce Driver Boredom and Risk Taking Behaviours. In Y. Wu, S. Iqbal & E. Miller (Hrsg.), *Proceedings of the 6th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications - AutomotiveUI '14* (S. 244–251). Seattle, WA, USA: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2667317.2667415>
- Schüler, J. (2014). The dark side of the moon. In S. Engeser (Hrsg.), *Advances in Flow Research* (1. Auflage, S. 123–137). New York, NY: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2359-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2359-1_7)
- Schulz-Hardt, S., Meinken, I., Rott, A. & Frey, D. (2001). Psychische Sättigung: Eine neue experimentelle Untersuchung zu einem alten Konstrukt. *Experimental Psychology*, 48(3), 188–200. <https://doi.org/10.1026//0949-3946.48.3.188>
- Schulz-Hardt, S., Rott, A., Meinken, I. & Frey, D. (2001). Ein weiterentwickeltes Modell psychischer Sättigung. *Psychologische Rundschau*, 52(3), 141–149. <https://doi.org/10.1026//0033-3042.52.3.141>
- Schwaninger, A. (2005a). Increasing efficiency in airport security screening. *The First International Conference on Safety and Security Engineering (SAFE/05)*, 82, 1–14. <https://doi.org/10.2495/SAFE050401>
- Schwaninger, A. (2005b). Objekterkennung und Signaldetektion: Anwendungen in der Praxis. In B. Kersten & M. Groner (Hrsg.), *Praxisfelder der Wahrnehmungspsychologie* (S. 108–132). Bern: Hans Huber Verlag. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2151.3203>
- Schwaninger, A. (2006). Threat Image Projection: enhancing performance? *Aviation Security International*, (January 2006), 36–41.
- Der Schweizerische Bundesrat. (2020). *Verordnung 2 über Massnahmen zur Bekämpfung des Coronavirus (COVID-19)*. Bern.

- Seamster, T. L., Redding, R. E. & Kaempff, G. L. (1997). Applied Cognitive Task Analysis in Aviation. *The International Journal of Aviation Psychology*, 12(2), 197–201. <https://doi.org/10.4324/9781315262321>
- Shadish, W. R., Cook, T. D. & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*/William R. Shadish, Thomas D. Cook, Donald T. Campbell. Boston: Houghton Mifflin.
- Sharpless, S. & Jasper, H. (1956). Habituation of the arousal reaction. *Brain*, 79(4), 655–680. <https://doi.org/10.1093/brain/79.4.655>
- Shaw, T. H., Funke, M. E., Dillard, M., Funke, G. J., Warm, J. S. & Parasuraman, R. (2013). Event-related cerebral hemodynamics reveal target-specific resource allocation for both „go“ and „no-go“ response-based vigilance tasks. *Brain and Cognition*, 82(3), 265–273. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2013.05.003>
- Siemens. (2019). Iltis®-Leittechnik. Zugriff am 4.3.2019. Verfügbar unter: <https://w1.siemens.ch/mobility/ch/de/fernverkehr/schienenverkehr/bahnautomatisierung/betriebsleittechnik/iltis/Seiten/iltis.aspx>
- Smallwood, J. & Schooler, J. W. (2006). The Restless Mind. *Psychological Bulletin*, 132(6), 946–958. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.6.946>
- Smith, P. C. (1955). The prediction of individual differences in susceptibility to industrial monotony. *Journal of Applied Psychology*, 39(5), 322–329. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1037/h0043258>
- Stanislaw, H. & Todorov, N. (1999). Calculation of signal detection theory measures. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 31(1), 137–149. <https://doi.org/10.3758/BF03207704>
- Stephenson, N. (2011). *Reamde* (1. Auflage). London: Atlantic Books. Verfügbar unter: <https://books.google.ch/books?id=Yk1DYgEACAAJ>
- Straussberger, S. (2006). *Monotony in Air Traffic Control- Contributing Factors and Mitigation Strategies (Doctoral dissertation)*. Karl-Franzens-University Graz.
- Suva. (2012). *Früherkennungsradar Zukünftige Chancen und Risiken für die Prävention von Unfällen und Berufskrankheiten*. Luzern.
- Tarvainen, M. P. & Niskanen, J.-P. (2014). *Kubios HRV Users Guide*. Kuopio. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2008.10.001>
- Teigen, K. H. (1994). Yerkes-Dodson: A Law for all Seasons. *Theory & Psychology*, 4(4), 525–547. <https://doi.org/10.1177/0959354394044004>
- Thackray, R. I. (1980). *Boredom and Monotony as a Consequence of Automation: A Consideration of the Evidence Relating Boredom and Monotony to Stress (No. FAA-AM-80-1)*. Oklahoma City. Verfügbar unter: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA085069.pdf>
- Thackray, R. I. (1981). The stress of boredom and monotony: a consideration of the evidence. *Psychosomatic medicine*, 43(2), 165–176. <https://doi.org/10.1097/00006842-198104000-00008>
- Thackray, R. I., Bailey, J. P. & Touchstone, R. M. (1977). Physiological, Subjective, and Performance Correlates of Reported Boredom and Monotony while Performing a Simulated Radar Control Task. In R.R. Mackie (Hrsg.), *Vigilance. NATO Conference Series, vol 3* (S. 203–215). Boston, MA: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2529-1\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2529-1_12)

- Thiffault, P. & Bergeron, J. (2001). Monotony of road environment and driver fatigue: A simulator study. *Accident Analysis and Prevention*, 35(3), 381–391. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(02\)00014-3](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00014-3)
- Thomson, D. R., Besner, D. & Smilek, D. (2015). A Resource-Control Account of Sustained Attention. *Perspectives on Psychological Science*, 10(1), 82–96. <https://doi.org/10.1177/1745691614556681>
- Tomaschek, A. (2014). *Null plus eins ergibt eins : Der Nutzen horizontal erweiterter Aufgaben für die Prävention kurzfristiger Fehlbeanspruchungsfolgen (Doctoral dissertation)*. Universität Hildesheim.
- Treisman, A. M. (1964). Selective attention in man. *British medical bulletin*, 20(1), 12–6. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.bmb.a070274>
- Uhrbrock, R. S. (1961). Music on the job: Its influence on worker morale and production. *Personnel Psychology*, 14(1), 9–38. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1961.tb00919.x>
- Ulich, E. (2005). *Arbeitspsychologie* (6. Auflage). Zürich: vdf Hochschulverlag AG.
- Utne, I. B., Rokseth, B., Sørensen, A. J. & Vinnem, J. E. (2020). Towards supervisory risk control of autonomous ships. *Reliability Engineering and System Safety*, 196, 106757. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.106757>
- de Waard, D. (1996). *The Measurement of Drivers ' Mental Workload (Doctoral dissertation)*. Rijksuniversiteit Groningen. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2003.11.009>
- Wangh, M. (1975). Boredom in psychoanalytic perspective. *Social Research*, 42(3), 538–550.
- Wanous, J. P., Reichers, A. E. & Hudy, M. J. (1997). Overall Job Satisfaction: How Good Are Single-Item Measures? *Journal of Applied Psychology*, 82(2), 247–252.
- Wascher, E., Heppner, H., Kobald, S. O., Arnau, S., Getzmann, S. & Möckel, T. (2016). Age-Sensitive Effects of Enduring Work with Alternating Cognitive and Physical Load. A Study Applying Mobile EEG in a Real Life Working Scenario. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 711. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00711>
- Welford, A. T. (1965). Fatigue and monotony. In O.G. Edholm & A.L. Bacharach (Hrsg.), *The Physiology of Human Survival* (S. 431–463). London: Academic Press.
- Wertheim, A. H. (1978). Explaining highway hypnosis: Experimental evidence for the role of eye movements. *Accident Analysis and Prevention*, 10(2), 111–129. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(78\)90019-2](https://doi.org/10.1016/0001-4575(78)90019-2)
- Wickens, C. D. (1981). *Processing resources in attention, Dual Task Performance, and Workload Assessment*. Illinois.
- Wickens, C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(2), 159–177. <https://doi.org/10.1080/14639220210123806>
- Wieland-Eckelmann, R. (1994). *Erholungsforschung: Beiträge der Emotionspsychologie, Sportpsychologie und Arbeitspsychologie*. Beltz.
- Wirtz, M. A. (2014). *Dorsch - Lexikon der Psychologie* (17. Auflage). Bern: Hans Huber Verlag.
- Yerkes, R. M. & Dodson, J. D. (1908). The Relation of Strength of Stimulus to Rapidity of Habit-Formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18(5), 459–482. <https://doi.org/10.1037/h0073415>

- Young, M. S. & Stanton, N. A. (2002a). Attention and automation: New perspectives on mental underload and performance. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(2), 178–194. <https://doi.org/10.1080/14639220210123789>
- Young, M. S. & Stanton, N. A. (2002b). Malleable attentional resources theory: a new explanation for the effects of mental underload on performance. *Human factors*, 44(3), 365–375. <https://doi.org/10.1518/0018720024497709>
- Zakay, D. (2014). Psychological time as information: The case of boredom. *Frontiers in Psychology*, 5, 917. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00917>

**Anhang**

A	Interviewleitfaden U1 .....	227
B	Erhebungsbogen U2 .....	235
C	Anhang U3 .....	245
	C.1 Einstellungen Software TRAINS U3 .....	245
	C.2 Instruktionen U3 .....	250
	C.3 Erhebungsbogen U3 .....	252
D	Anhang U4 .....	257
	D.1 Einstellungen Software TRAINS U4 .....	257
	D.2 Instruktionen U4 .....	258
	D.3 Erhebungsbogen U4 .....	262

## **A Interviewleitfaden U1**

## Leitfaden: Monotonie in der ZVL U1

### Einstieg

- Vielen Dank, dass Sie sich Zeit für dieses Interview nehmen.
- Begrüßung mit kurzer Selbstvorstellung von mir und den anwesenden ZVL
  - o Name und Vorname
  - o Von wo ich bin
  - o Weshalb sind wir hier: Hintergrund des Projekts
- Beschreibung des Zwecks und des Fokus des Interviews.
  - o Ich versuche zu verstehen, wie Ihre Arbeit im Moment aussieht.
  - o Es gibt keine falschen Antworten.
  - o Mich interessiert vor allem Ihre Arbeit in Bezug auf Monotonie, Erleben von Eintönigkeit und deren Auswirkungen und wie Sie individuell damit umgehen.
  - o In späteren Phasen des Projekts werden die dabei gewonnenen Erkenntnisse dazu genutzt, Gestaltungskonzepte für den Umgang mit Monotonie in der Zugverkehrsleitung zu erstellen.
  - o Ihr seid die Experten für eure Arbeit.
  - o Eure eigene Meinung ist gefragt, diese darf und soll sich auch von anderen Meinungen unterscheiden. Jede eurer Sichtweisen ist wichtig und wertvoll für mich.
  - o Es geht im Interview also nicht darum, dass ich Ihre Arbeit oder Sie bewerte, sondern darum, diese zu verstehen.
  - o **Ist das Aufnehmen auf Tonband in Ordnung, die Aufnahme bleibt bei mir, damit ich den Text des Gespräches später schriftlich festhalten kann?**
  - o Grundsätzlich stelle ich Fragen und ihr gebt mir die Antworten. Wenn ihr untereinander zu diskutieren beginnt, kann es sein, dass ich dies unterbreche.
  - o Bitte lasst die anderen jeweils ausreden, gerne könnt ihr aber auch auf das reagieren, was der oder die anderen hier im Interview sagen.
  - o Alles, was diskutiert wird, wird vertraulich behandelt und anonymisiert weiterverarbeitet. Ich bitte euch, auch die Aussagen eurer Kollegen in diesem Rahmen vertraulich zu behandeln.
- Kurzes Erklären des zeitlichen Ablaufs des Interviews
  - o Das Ganze wird ca. 90 Minuten dauern.
  - o Zuerst stelle ich ein paar Fragen zu eurem persönlichen Erleben von Monotonie.
  - o Als zweites Thema geht es um Ursachen von Monotonie.
  - o Als Drittes um den Umgang mit Monotonie.
  - o Am Schluss frage ich noch ein paar Personendaten ab, z. B. wie lange ihr schon als ZVL arbeitet.
  - o Falls ihr Fragen habt, könnt ihr diese jederzeit zwischendurch oder am Ende der Interviews noch stellen. Gerne gebe ich euch auch meine E-Mail-Adresse, falls später noch Fragen auftauchen.

#### Teilnehmende:

- ZVL
- 10 Gruppen à 1-2 Teilnehmenden (BZ Mitte)
- 1,5 Stunden pro Gruppe

**Fragen**

1. Was bedeutet für Sie "Monotonie" im Arbeitskontext der ZVL?

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

**Erleben**

2. Wie würden Sie die Begriffe Monotonie, Ermüdung und Langeweile voneinander unterscheiden? (evtl. herabgesetzte Wachsamkeit)

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

3. Wie zeigt sich Monotonie in Ihrem eigenen Erleben (Symptome)? Wie wirkt sie sich aus (Auswirkungen)?

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

Körperlich (müde, Augen fallen zu, Einnicken, ...)

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

Psychisch (Emotional, keine Konzentration möglich, ...)

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

Arbeitsergebnisse (wartende Züge, schlechte Entscheidungen, ...)

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

4. Kommen einige ZVL besser mit Monotonie zurecht als andere? Haben Sie Vermutungen wieso?

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

5. Wie erleben Sie plötzliche Belastungsänderungen von Monotonie auf eine Situation mit hoher Belastung? Was sind Unterschiede im Vergleich zu einer zuvor nicht monotonen Situation?

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

**Ursachen/Bedingungen**

6. Bei welchen Aufgaben ist Monotonie für Sie ein Problem beim Arbeiten? Wann ist sie besonders häufig oder stark?

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

7. Wann bzw. unter welchen Bedingungen und in welchen Arbeitssituationen erleben die ZVL "Monotonie"? Welche Arbeitsbedingungen führen bei Ihnen zu Monotonieerleben?

Offene Frage:

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

	Ja	Eher ja	Eher nein	nein
Temperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Licht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lärm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stille	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
keine Abweichungen vom Fahrplan/Normalbetrieb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bestimmte Tageszeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vergangene Arbeitsdauer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sektor/Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verhalten von Kollegen (reden, passiv, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Privates: (z. B. Ärger, Trauer, ) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Privates: .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anderes (z. B. fettiges Essen, Zucker).....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anderes .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentare: ..... .....				
8. Wie häufig erleben Sie Monotonie in Ihrer Arbeit als ZVL ?  In ca. ....% der Schichten, in denen ich als ZVL arbeite.  Kommentare ..... ..... .....				
9. Gibt es aus Ihrer Sicht Veränderungen seit dem Übergang zur BZ? Inwiefern? ..... ..... .....				
10. Beschreiben Sie eine Situation, die Sie als ZVL erlebt haben und die für Sie (besonders) monoton war. Wie ist es dazu gekommen? ..... ..... .....				
<b>Umgang/Bewältigung</b>				
11. Welche Bewältigungsstrategien haben Sie im Umgang mit Monotonie? Was tun Sie, wenn Sie merken, dass eine Situation monoton ist oder wird? ..... ..... .....				

12. Gibt es hierzu offizielle oder abgesprochene Regeln?

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

13. Bereiten Sie sich besonders darauf vor, wenn Sie eine monotone Arbeits/Schicht erwarten, und wenn ja, wie?

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

14. Was sehen Sie als Ihre eigene Verantwortung an zur Reduktion von Monotonie oder deren Auswirkungen? (genügend schlafen,...)

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

15. Was sehen Sie als die Aufgabe Ihrer Vorgesetzten bzw. der SBB an, bei der Reduktion von Monotonie oder deren Auswirkungen? (Bereitstellen von koffeinhaltigen Getränken,...)

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

16. Haben Sie Ideen für Gestaltungsempfehlungen an den ZVL-Arbeitsplätzen, um Monotonie zu verhindern oder zu reduzieren, und wenn ja, welche?

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

17. Was hilft Ihnen, mit Monotonie umzugehen oder sie zu bewältigen?

Offen

.....

.....

.....

Dann: Ja/Nein-->Hilft oder nicht?

	Mache ich	Hilft meistens	Hilft manchmal	Hilft nicht
17.1. "Fingerspiele" (Büroklammern, Stifte, Gummiband, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.2. Essen ( <input type="checkbox"/> Süßes, <input type="checkbox"/> Salziges, <input type="checkbox"/> Gebäck, <input type="checkbox"/> Früchte, <input type="checkbox"/> Nüsse, <input type="checkbox"/> .....)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.3. Trinken ( <input type="checkbox"/> Energy Drinks, <input type="checkbox"/> Süßgetränk, <input type="checkbox"/> Kaffee, <input type="checkbox"/> Wasser, <input type="checkbox"/> .....)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.4. Bewegung (dehnen, aufstehen,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.5. Reden/telefonieren/ etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.6. Arbeitsbezogene Ablenkung: z. B Bearbeitung von anderen Arbeitsaufgaben, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.7. Externe Ablenkung: Surfen, Internet, spielen, Zeitung lesen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.8. Radio/Musik hören .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.9. Sonstiges .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.10. Sonstiges .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kommentare:

.....

.....

.....

18. Wenn Sie bei der Arbeit Monotonie erleben, beeinflusst Sie dies auch nach der Arbeit? Inwiefern?

.....

.....

.....

**Sonstiges**

19. Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer Arbeit als ZVL?

.....

.....

.....

.....

**Demografische Angaben**20. Geschlecht: Mann  / Frau 

21. Alter .....Jahre

22. Berufserfahrung als ZVL ....Jahre

23. Arbeiten Sie noch in anderen Funktionen in den SBB?

- DBV
- ADBV
- Infospez
- AVOR
- ....
- ....

24. Aktueller Anstellungsgrad .....%

25. **Wie häufig sind Sie momentan sportlich aktiv? (Zu sportlichen Aktivitäten gehören auch Wandern, Radfahren, Schwimmen, Tanzen etc.)**

- Keine sportliche Betätigung
- Weniger als 1 mal im Monat
- Weniger als 1 mal pro Woche
- 1 mal pro Woche
- 2 mal pro Woche
- 3 mal pro Woche
- Mehr als 3 mal pro Woche

**Danke für das Interview!**

## B Erhebungsbogen U2

Wochentag: .....		HRV Geräte Nr. ....
------------------	--	---------------------

### Fragebogen zu Auswirkungen unterschiedlicher Arbeitsbedingungen in der Zugverkehrsleitung

Ziel der Untersuchungen ist es herauszufinden, welche Auswirkungen Arbeitsbedingungen, wie die unterschiedlichen Schichten oder lange eingriffsfreie Zeiten, auf die ZVL haben. Längerfristig ist es das Ziel, Erkenntnisse zu gewinnen, die man nutzen kann, um die Arbeitsbedingungen in der Zugverkehrsleitung zu verbessern.

Insgesamt besteht der Fragebogen aus drei Teilen. Die Bearbeitungszeit jedes Fragebogenteils beträgt ca. 3 - 5 Minuten. Den ersten Teil werden Sie gleich anschliessend, zu Beginn der Schicht ausfüllen, den zweiten vor der Schichtpause und den dritten Teil am Ende der Schicht.

Alle Ihre Antworten werden **anonym und vertraulich** behandelt.

Damit die verschiedenen Fragebogenteile über die Erhebungszeitpunkte hinweg verglichen werden können, füllen Sie bitte folgenden **anonymisierten Code** aus:

Erster Buchstabe des Vornamens Ihrer Mutter (z. B. 'M' für Maria): \_\_\_\_\_

Erster Buchstabe des Vornamens Ihres Vaters (z. B. 'E' für Emil): \_\_\_\_\_

Tag Ihres Geburtstages (z. B. '02' für 02.08.1960): \_\_\_\_\_

Bitte denken Sie bei der Beantwortung des Fragebogens immer daran, dass es *keine richtigen oder falschen Antworten* gibt. Es geht um Ihre *persönliche Einschätzung* bestimmter Sachverhalte. Zum Teil ähneln sich einzelne Fragen. Dies ist so beabsichtigt und hat statistische Gründe. Bitte lesen Sie die Fragen sehr genau und beantworten Sie sie zügig und offen.

Bei Fragen oder Problemen können Sie jederzeit unter der Telefonnummer 078 775 87 91 mit dem Untersuchungsleiter (Jonas Brüngger) Kontakt aufnehmen.

**Vielen Dank für Ihre Teilnahme!**

**Fragebogen Teil 1 (zu Beginn der Schicht)**

**Angaben zu Ihrer Person**

1. Ist es für Sie das erste Mal oder das zweite Mal, dass Sie an dieser Untersuchung teilnehmen? erstes Mal / zweites Mal

2. Heutiges Datum .....

3. Aktuelle Uhrzeit ..... Uhr

4. Wie alt sind Sie? .....

5. Geschlecht: m  w

6. Erfahrung in der Zugverkehrsleitung: .....Jahre

7. Aktueller Anstellungsgrad in Prozent: .....%

8. Treiben Sie regelmässig Sport? Ja  Nein   
 Falls "Ja", wie viele Stunden Ø pro Woche? .....

9. Haben Sie Probleme mit dem Herz-Kreislaufsystem? Ja  Nein   
 Falls "Ja", welche? .....

10. Wann sind Sie heute Morgen aufgestanden? ..... Uhr

11. Wie viele Stunden haben Sie die letzte Nacht geschlafen? .....

12. Wann haben Sie Ihre letzte Mahlzeit zu sich genommen? ..... Uhr

**Angaben zum heute überwachten Bereich**

13. Bezeichnung Sektor: .....

14. Bezeichnung Bereich:.....

15. Bitte beurteilen Sie die Komplexität des Bereiches bzgl. seiner Infrastruktur (Gleise, Bahnhöfe, Signale, Weichen) auf einer Skala von 1 bis 10: Der von mir gesteuerte Bereich ist bezogen auf die Infrastruktur...

sehr ein-  
fach

sehr  
komplex

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Momentanes Befinden**

16. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle Leistungsfähigkeit in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht  
leistungs-  
fähig

sehr  
leistungs-  
fähig

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

17. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle Reaktionsfähigkeit in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht  
reaktions-fä-  
hig

sehr  
reaktions-fä-  
hig

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

18. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle Aufmerksamkeit in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht  
aufmerksam

sehr  
aufmerksam

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

19. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle Müdigkeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

sehr  
wach

sehr  
müde

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

20. Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles Langweileempfinden auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht ge-  
langweilt

sehr  
gelangweilt

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

21. Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles Monotonieempfinden in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment empfinde ich die Arbeit als...

gar nicht  
monoton

sehr  
monoton

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

	Ich stimme nicht zu	Ich stimme eher nicht zu	Weder noch	Ich stimme eher zu	Ich stimme voll zu
	1	2	3	4	5
<b>Anfälligkeit für Langeweile generell</b>					
22. Häufig habe ich das Gefühl, nicht zu wissen, was ich tun soll.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Ich finde schwer einen Weg, mich zu amüsieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Viele Dinge, die ich erledigen muss, sind gleich und monoton.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Es braucht mehr Anreize, mich in Schwung zu bringen, als bei den meisten Menschen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Ich fühle mich nicht motiviert von den meisten Dingen, die ich tue.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. In den meisten Situationen ist es für mich schwer, etwas zu finden, das mein Interesse aufrechterhält.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Ich fühle mich leblos und matt, ausser wenn ich etwas Aufregendes oder Gefährliches mache.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Die meiste Zeit sitze ich herum und tue gar nichts.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Stopp!

Den ersten Teil des Fragebogens haben Sie nun ausgefüllt, bitte füllen Sie den zweiten Teil aus, direkt bevor Sie in die Pause in der Mitte der Schicht gehen.

**Fragebogen Teil 2 (vor der Schichtpause)**

30. Aktuelle Uhrzeit ..... Uhr

**Angaben zum aktuell überwachten Bereich**

31. Bitte beurteilen Sie das Verkehrsaufkommen in den letzten 2 Stunden in dem von Ihnen gesteuerten Bereich auf einer Skala von 1 - 10: Das Verkehrsaufkommen war...

sehr tief

sehr hoch

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

32. Bitte beurteilen Sie, wie repetitiv (sich wiederholend) die Arbeit in den letzten 2 Stunden in dem von Ihnen gesteuerten Bereich war, auf einer Skala von 1 - 10: Die Arbeit war...

gar nicht  
repetitivsehr  
repetitiv

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

33. Bitte beurteilen Sie, wie stark der von Ihnen gesteuerte Bereich in den letzten 2 Stunden von Störungen des Bahnverkehrs betroffen war, auf einer Skala von 1 - 10: Der Bereich war von Störungen...

gar nicht  
betroffensehr stark  
betroffen

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

34. Bitte beurteilen Sie die Anzahl der notwendigen Eingriffe, die Sie in den letzten 2 Stunden getätigt haben, auf einer Skala von 1 - 10: Ich tätigte...

gar keine  
Eingriffesehr viele  
Eingriffe

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

35. Bitte beurteilen Sie die Anzahl der Telefon- und Funkkontakte, die Sie in den letzten 2 Stunden hatten, auf einer Skala von 1 - 10: Ich hatte...

gar keine  
Telefon- und  
Funkkontaktesehr viele  
Telefon- und  
Funkkontakte

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

36. Bitte beurteilen Sie Ihre Arbeitsbeanspruchung der letzten 2 Stunden auf einer Skala von 1 - 10: Die Arbeit war...

gar nicht  
beanspru-  
chendsehr  
beanspru-  
chend

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Momentanes Befinden**

37. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle Leistungsfähigkeit in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht  
leistungs-  
fähig

sehr  
leistungs-  
fähig

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

38. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle Reaktionsfähigkeit in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht  
reaktions-  
fähig

sehr  
reaktions-  
fähig

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

39. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle Aufmerksamkeit in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht  
aufmerksam

sehr  
aufmerksam

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

40. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle Müdigkeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

sehr  
wach

sehr  
müde

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

41. Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles Langweileempfinden auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht  
gelangweilt

sehr  
gelangweilt

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

42. Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles Monotonieempfinden in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment empfinde ich die Arbeit als...

gar nicht  
monoton

sehr  
monoton

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Stopp!**

Den zweiten Teil des Fragebogens haben Sie nun ausgefüllt, bitte füllen Sie den dritten und letzten Teil aus, direkt bevor Sie die Schicht beenden.

**Fragebogen Teil 3 (zum Ende der Schicht)**

43. Aktuelle Uhrzeit ..... Uhr

**Angaben zum aktuell überwachten Bereich**

44. Bitte beurteilen Sie das Verkehrsaufkommen in den letzten 2 Stunden in dem von Ihnen gesteuerten Bereich auf einer Skala von 1 - 10: Das Verkehrsaufkommen war...

sehr tief

sehr hoch

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

45. Bitte beurteilen Sie, wie repetitiv (sich wiederholend) die Arbeit in den letzten 2 Stunden in dem von Ihnen gesteuerten Bereich war, auf einer Skala von 1 - 10: Die Arbeit war...

gar nicht  
repetitivsehr  
repetitiv

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

46. Bitte beurteilen Sie, wie stark der von Ihnen gesteuerte Bereich in den letzten 2 Stunden von Störungen des Bahnverkehrs betroffen war, auf einer Skala von 1 - 10: Der Bereich war von Störungen...

gar nicht  
betroffensehr stark  
betroffen

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

47. Bitte beurteilen Sie die Anzahl der notwendigen Eingriffe, die Sie in den letzten 2 Stunden getätigt haben, auf einer Skala von 1 - 10: Ich tätigte...

gar keine  
Eingriffesehr viele  
Eingriffe

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

48. Bitte beurteilen Sie die Anzahl der Telefon- und Funkkontakte, die Sie in den letzten 2 Stunden hatten, auf einer Skala von 1 - 10: Ich hatte...

gar keine  
Telefon- und  
Funkkontaktesehr viele  
Telefon- und  
Funkkontakte

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

49. Bitte beurteilen Sie Ihre Arbeitsbeanspruchung der letzten 2 Stunden auf einer Skala von 1 - 10: Die Arbeit war...

gar nicht  
beanspruch-  
endsehr  
beanspruch-  
chend

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Momentanes Befinden**

50. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle Leistungsfähigkeit in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht  
leistungs-  
fähig

sehr  
leistungs-  
fähig

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

51. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle Reaktionsfähigkeit in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht  
reaktions-  
fähig

sehr  
reaktions-  
fähig

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

52. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle Aufmerksamkeit in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht  
aufmerksam

sehr  
aufmerksam

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

53. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle Müdigkeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

sehr  
wach

sehr  
müde

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

54. Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles Langweileempfinden auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht  
gelangweilt

sehr  
gelangweilt

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

55. Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles Monotonieempfinden in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment empfinde ich die Arbeit als...

gar nicht  
monoton

sehr  
monoton

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Verhalten und Ereignisse**

56. Haben Sie heute die Stehpult-Funktion an Ihrem Arbeitsplatz genutzt? Ja  Nein

Falls "Ja", ca. von wann bis wann? .....

57. Gab es während der Arbeit besondere Ereignisse oder Störungen, bei denen eine ECL verwendet werden musste? Ja  Nein

Falls Ja, welche und wann:

Kurze Beschreibung/Stichwort	Uhrzeit (ca.)
z. B. Personenunfall	z. B. 14:00-16:00

58. Gab es Zeiträume in der vergangenen Schicht, die Sie als besonders monoton wahrgenommen haben? Ja  Nein

Falls "Ja", welche? .....

Warum waren diese Zeiträume für Sie besonders monoton?

.....

59. Bitte beurteilen Sie Ihre heutige Leistung beim Überwachen in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Während der vergangenen Schicht war meine Leistung beim Überwachen...

sehr  
schlecht

hervorragend

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

60. Bitte beurteilen Sie Ihre heutige Leistung beim Disponieren in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Während der vergangenen Schicht war meine Leistung beim Disponieren...

sehr  
schlecht

hervorragend

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

	Ich stimme nicht zu	Ich stimme eher nicht zu	Weder noch	Ich stimme eher zu	Ich stimme voll zu
	1	2	3	4	5
<b>Selbstwert generell</b>					
61. Alles in allem bin ich mit mir selbst zufrieden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
62. Hin und wieder denke ich, dass ich gar nichts taue.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
63. Ich besitze eine Reihe guter Eigenschaften.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
64. Ich besitze die gleichen Fähigkeiten wie die meisten anderen Menschen auch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
65. Ich fürchte, es gibt nicht viel, worauf ich stolz sein kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
66. Ich fühle mich von Zeit zu Zeit richtig nutzlos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
67. Ich halte mich für einen wertvollen Menschen, jedenfalls bin ich nicht weniger wertvoll als andere auch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
68. Ich wünschte, ich könnte vor mir selbst mehr Achtung haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
69. Alles in allem neige ich dazu, mich für einen Versager zu halten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
70. Ich habe eine positive Einstellung zu mir selbst gefunden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Sonstiges

71. Hat Sie das Tragen des Gerätes während der Arbeit behindert? Ja  Nein

Falls "Ja", inwiefern? .....

72. Gab es sonstige Probleme mit dem Gerät? Ja  Nein

Falls "Ja", welche? .....

73. Haben Sie andere gesundheitliche Probleme? Ja  Nein

Falls "Ja", welche? .....

74. Müssen Sie täglich Medikamente einnehmen? Ja  Nein

Falls "Ja", welche? .....

75. Trinken Sie regelmässig Kaffee/schwarzen Tee? Ja  Nein

Falls "Ja", wie viele Tassen pro Tag? .....

Sie haben den Fragebogen nun abgeschlossen:

**Bitte vergessen Sie nicht, das Gerät zur Messung der Herzrate und den Fragebogen noch im Sitzungszimmer Frohburg bzw. in dem Vorbereitungsraum direkt neben dem Sitzungszimmer (Gebäude-seite Richtung Basel) abzugeben.**

**Vielen Dank für Ihre Teilnahme!**

## **C Anhang U3**

### **C.1 Einstellungen Software TRAINS U3**

# Versuchsgruppe 1

Reihenfolge: Bedingung 4 > Bedingung 3 > Bedingung 2 > Bedingung 1

Testlauf	TrackHeight (Höhe der Linien)	55
	TrackNumber (Anzahl Linien)	16
	Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100
	Time between train movements	500
	Train speed (pixel/traininterval)	15
	<b>TrainChance</b>	<b>0.009</b>
	<b>TrainErrorChance</b>	<b>0.002</b>
	TrackErrorChance	0
	<b>CircleErrorChance</b>	<b>0.07</b>
	<b>CircleChance</b>	<b>0.05</b>
	ErrorColor	#cb34c7
	maxErrorDuration(ms)	5000
	MaxExperimentDuratio [ms]	600*000 (=10 Min)
	<b>CoupledTrains</b>	<b>False</b>
	CanvasWith	1890
	Bedingung 1 (repetitiv & ereignislos)	TrackHeight (Höhe der Linien)
TrackNumber (Anzahl Linien)		16
Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)		100
Time between train movements		500
Train speed (pixel/traininterval)		15
<b>TrainChance</b>		<b>0.006</b>
<b>TrainErrorChance</b>		<b>0.00052</b>
TrackErrorChance		0
<b>CircleErrorChance</b>		<b>0.031</b>
<b>CircleChance</b>		<b>0.06</b>
ErrorColor		#cb34c7
maxErrorDuration(ms)		5000
MaxExperimentDuratio [ms]		600*000 (=10 Min)
<b>CoupledTrains</b>		<b>True</b>
CanvasWith		1890
Bedingung 2 (repetitiv & ereignisreich)		TrackHeight (Höhe der Linien)
	TrackNumber (Anzahl Linien)	16
	Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100
	Time between train movements	500
	Train speed (pixel/traininterval)	15
	<b>TrainChance</b>	<b>0.009</b>
	<b>TrainErrorChance</b>	<b>0.005</b>
	TrackErrorChance	0
	<b>CircleErrorChance</b>	<b>0.09</b>
	<b>CircleChance</b>	<b>0.02</b>
	ErrorColor	#cb34c7
	maxErrorDuration(ms)	5000
	MaxExperimentDuratio [ms]	600*000 (=10 Min)
	<b>CoupledTrains</b>	<b>True</b>
	CanvasWith	1890
	Bedingung 3 (zufällig & ereignislos)	TrackHeight (Höhe der Linien)
TrackNumber (Anzahl Linien)		16
Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)		100
Time between train movements		500
Train speed (pixel/traininterval)		15
<b>TrainChance</b>		<b>0.006</b>
<b>TrainErrorChance</b>		<b>0.00052</b>
TrackErrorChance		0
<b>CircleErrorChance</b>		<b>0.031</b>
<b>CircleChance</b>		<b>0.06</b>
ErrorColor		#cb34c7
maxErrorDuration(ms)		5000
MaxExperimentDuratio [ms]		600*000 (=10 Min)
<b>CoupledTrains</b>		<b>False</b>
CanvasWith		1890
Bedingung 4 (zufällig & ereignisreich)		TrackHeight (Höhe der Linien)
	TrackNumber (Anzahl Linien)	16
	Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100
	Time between train movements	500
	Train speed (pixel/traininterval)	15
	<b>TrainChance</b>	<b>0.009</b>
	<b>TrainErrorChance</b>	<b>0.005</b>
	TrackErrorChance	0
	<b>CircleErrorChance</b>	<b>0.09</b>
	<b>CircleChance</b>	<b>0.02</b>
	ErrorColor	#cb34c7
	maxErrorDuration(ms)	5000
	MaxExperimentDuratio [ms]	600*000 (=10 Min)
	<b>CoupledTrains</b>	<b>False</b>
	CanvasWith	1890

# Versuchsgruppe 2

Reihenfolge: Bedingung 3 > Bedingung 4 > Bedingung 1 > Bedingung 2

Testlauf	TrackHeight (Höhe der Linien)	55	
	TrackNumber (Anzahl Linien)	16	
	Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100	
	Time between train movements	500	
	Train speed (pixel/traininterval)	15	
	<b>TrainChance</b>	<b>0.009</b>	
	<b>TrainErrorChance</b>	<b>0.002</b>	
	TrackErrorChance	0	
	<b>CircleErrorChance</b>	<b>0.07</b>	
	<b>CircleChance</b>	<b>0.05</b>	
	ErrorColor	#cb34c7	
	maxErrorDuration(ms)	5000	
	MaxExperimentDuratio [ms]	600*000 (=10 Min)	
	<b>CoupledTrains</b>	<b>False</b>	
	CanvasWith	1890	
	Bedingung 2 (repetitiv & ereignisreich)	TrackHeight (Höhe der Linien)	55
		TrackNumber (Anzahl Linien)	16
		Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100
		Time between train movements	500
		Train speed (pixel/traininterval)	15
<b>TrainChance</b>		<b>0.009</b>	
<b>TrainErrorChance</b>		<b>0.005</b>	
TrackErrorChance		0	
<b>CircleErrorChance</b>		<b>0.09</b>	
<b>CircleChance</b>		<b>0.02</b>	
ErrorColor		#cb34c7	
maxErrorDuration(ms)		5000	
MaxExperimentDuratio [ms]		600*000 (=10 Min)	
<b>CoupledTrains</b>		<b>True</b>	
CanvasWith		1890	
Bedingung 1 (repetitiv & ereignislos)		TrackHeight (Höhe der Linien)	55
		TrackNumber (Anzahl Linien)	16
		Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100
		Time between train movements	500
		Train speed (pixel/traininterval)	15
	<b>TrainChance</b>	<b>0.006</b>	
	<b>TrainErrorChance</b>	<b>0.00052</b>	
	TrackErrorChance	0	
	<b>CircleErrorChance</b>	<b>0.031</b>	
	<b>CircleChance</b>	<b>0.06</b>	
	ErrorColor	#cb34c7	
	maxErrorDuration(ms)	5000	
	MaxExperimentDuratio [ms]	600*000 (=10 Min)	
	<b>CoupledTrains</b>	<b>True</b>	
	CanvasWith	1890	
	Bedingung 4 (zufällig & ereignisreich)	TrackHeight (Höhe der Linien)	55
		TrackNumber (Anzahl Linien)	16
		Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100
		Time between train movements	500
		Train speed (pixel/traininterval)	15
<b>TrainChance</b>		<b>0.009</b>	
<b>TrainErrorChance</b>		<b>0.005</b>	
TrackErrorChance		0	
<b>CircleErrorChance</b>		<b>0.09</b>	
<b>CircleChance</b>		<b>0.02</b>	
ErrorColor		#cb34c7	
maxErrorDuration(ms)		5000	
MaxExperimentDuratio [ms]		600*000 (=10 Min)	
<b>CoupledTrains</b>		<b>False</b>	
CanvasWith		1890	
Bedingung 3 (zufällig & ereignislos)		TrackHeight (Höhe der Linien)	55
		TrackNumber (Anzahl Linien)	16
		Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100
		Time between train movements	500
		Train speed (pixel/traininterval)	15
	<b>TrainChance</b>	<b>0.006</b>	
	<b>TrainErrorChance</b>	<b>0.00052</b>	
	TrackErrorChance	0	
	<b>CircleErrorChance</b>	<b>0.031</b>	
	<b>CircleChance</b>	<b>0.06</b>	
	ErrorColor	#cb34c7	
	maxErrorDuration(ms)	5000	
	MaxExperimentDuratio [ms]	600*000 (=10 Min)	
	<b>CoupledTrains</b>	<b>False</b>	
	CanvasWith	1890	

# Versuchsgruppe 3

Reihenfolge: Bedingung 1 > Bedingung 2 > Bedingung 4 > Bedingung 3

Testlauf	TrackHeight (Höhe der Linien)	55
	TrackNumber (Anzahl Linien)	16
	Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100
	Time between train movements	500
	Train speed (pixel/traininterval)	15
	<b>TrainChance</b>	<b>0.009</b>
	<b>TrainErrorChance</b>	<b>0.002</b>
	TrackErrorChance	0
	<b>CircleErrorChance</b>	<b>0.07</b>
	<b>CircleChance</b>	<b>0.05</b>
	ErrorColor	#cb34c7
	maxErrorDuration(ms)	5000
	MaxExperimentDuratio [ms]	600*000 (=10 Min)
	<b>CoupledTrains</b>	<b>False</b>
	CanvasWith	1890
	Bedingung 3 (zufällig & ereignislos)	TrackHeight (Höhe der Linien)
TrackNumber (Anzahl Linien)		16
Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)		100
Time between train movements		500
Train speed (pixel/traininterval)		15
<b>TrainChance</b>		<b>0.006</b>
<b>TrainErrorChance</b>		<b>0.00052</b>
TrackErrorChance		0
<b>CircleErrorChance</b>		<b>0.031</b>
<b>CircleChance</b>		<b>0.06</b>
ErrorColor		#cb34c7
maxErrorDuration(ms)		5000
MaxExperimentDuratio [ms]		600*000 (=10 Min)
<b>CoupledTrains</b>		<b>False</b>
CanvasWith		1890
Bedingung 4 (zufällig & ereignisreich)		TrackHeight (Höhe der Linien)
	TrackNumber (Anzahl Linien)	16
	Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100
	Time between train movements	500
	Train speed (pixel/traininterval)	15
	<b>TrainChance</b>	<b>0.009</b>
	<b>TrainErrorChance</b>	<b>0.005</b>
	TrackErrorChance	0
	<b>CircleErrorChance</b>	<b>0.09</b>
	<b>CircleChance</b>	<b>0.02</b>
	ErrorColor	#cb34c7
	maxErrorDuration(ms)	5000
	MaxExperimentDuratio [ms]	600*000 (=10 Min)
	<b>CoupledTrains</b>	<b>False</b>
	CanvasWith	1890
	Bedingung 2 (repetitiv & ereignisreich)	TrackHeight (Höhe der Linien)
TrackNumber (Anzahl Linien)		16
Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)		100
Time between train movements		500
Train speed (pixel/traininterval)		15
<b>TrainChance</b>		<b>0.009</b>
<b>TrainErrorChance</b>		<b>0.005</b>
TrackErrorChance		0
<b>CircleErrorChance</b>		<b>0.09</b>
<b>CircleChance</b>		<b>0.02</b>
ErrorColor		#cb34c7
maxErrorDuration(ms)		5000
MaxExperimentDuratio [ms]		600*000 (=10 Min)
<b>CoupledTrains</b>		<b>True</b>
CanvasWith		1890
Bedingung 1 (repetitiv & ereignislos)		TrackHeight (Höhe der Linien)
	TrackNumber (Anzahl Linien)	16
	Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100
	Time between train movements	500
	Train speed (pixel/traininterval)	15
	<b>TrainChance</b>	<b>0.006</b>
	<b>TrainErrorChance</b>	<b>0.00052</b>
	TrackErrorChance	0
	<b>CircleErrorChance</b>	<b>0.031</b>
	<b>CircleChance</b>	<b>0.06</b>
	ErrorColor	#cb34c7
	maxErrorDuration(ms)	5000
	MaxExperimentDuratio [ms]	600*000 (=10 Min)
	<b>CoupledTrains</b>	<b>True</b>
	CanvasWith	1890

# Versuchsgruppe 4

Reihenfolge: Bedingung 2 > Bedingung 1 > Bedingung 3 > Bedingung 4

Bedingung 2 (repetitiv & ereignisreich)	TrackHeight (Höhe der Linien)	55
	TrackNumber (Anzahl Linien)	16
	Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100
	Time between train movements	500
	Train speed (pixel/traininterval)	15
	<b>TrainChance</b>	<b>0.009</b>
	<b>TrainErrorChance</b>	<b>0.002</b>
	TrackErrorChance	0
	<b>CircleErrorChance</b>	<b>0.07</b>
	<b>CircleChance</b>	<b>0.05</b>
	ErrorColor	#cb34c7
	maxErrorDuration(ms)	5000
	MaxExperimentDuratio [ms]	600*000 (=10 Min)
	<b>CoupledTrains</b>	<b>True</b>
	CanvasWith	1890
	Bedingung 1 (repetitiv & ereignislos)	TrackHeight (Höhe der Linien)
TrackNumber (Anzahl Linien)		16
Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)		100
Time between train movements		500
Train speed (pixel/traininterval)		15
<b>TrainChance</b>		<b>0.006</b>
<b>TrainErrorChance</b>		<b>0.00052</b>
TrackErrorChance		0
<b>CircleErrorChance</b>		<b>0.031</b>
<b>CircleChance</b>		<b>0.06</b>
ErrorColor		#cb34c7
maxErrorDuration(ms)		5000
MaxExperimentDuratio [ms]		600*000 (=10 Min)
<b>CoupledTrains</b>		<b>True</b>
CanvasWith		1890
Bedingung 3 (zufällig & ereignislos)		TrackHeight (Höhe der Linien)
	TrackNumber (Anzahl Linien)	16
	Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100
	Time between train movements	500
	Train speed (pixel/traininterval)	15
	<b>TrainChance</b>	<b>0.006</b>
	<b>TrainErrorChance</b>	<b>0.00052</b>
	TrackErrorChance	0
	<b>CircleErrorChance</b>	<b>0.031</b>
	<b>CircleChance</b>	<b>0.06</b>
	ErrorColor	#cb34c7
	maxErrorDuration(ms)	5000
	MaxExperimentDuratio [ms]	600*000 (=10 Min)
	<b>CoupledTrains</b>	<b>False</b>
	CanvasWith	1890
	Bedingung 4 (zufällig & ereignisreich)	TrackHeight (Höhe der Linien)
TrackNumber (Anzahl Linien)		16
Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)		100
Time between train movements		500
Train speed (pixel/traininterval)		15
<b>TrainChance</b>		<b>0.009</b>
<b>TrainErrorChance</b>		<b>0.005</b>
TrackErrorChance		0
<b>CircleErrorChance</b>		<b>0.09</b>
<b>CircleChance</b>		<b>0.02</b>
ErrorColor		#cb34c7
maxErrorDuration(ms)		5000
MaxExperimentDuratio [ms]		600*000 (=10 Min)
<b>CoupledTrains</b>		<b>False</b>
CanvasWith		1890
Testlauf		TrackHeight (Höhe der Linien)
	TrackNumber (Anzahl Linien)	16
	Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100
	Time between train movements	500
	Train speed (pixel/traininterval)	15
	<b>TrainChance</b>	<b>0.009</b>
	<b>TrainErrorChance</b>	<b>0.002</b>
	TrackErrorChance	0
	<b>CircleErrorChance</b>	<b>0.07</b>
	<b>CircleChance</b>	<b>0.05</b>
	ErrorColor	#cb34c7
	maxErrorDuration(ms)	5000
	MaxExperimentDuratio [ms]	600*000 (=10 Min)
	<b>CoupledTrains</b>	<b>False</b>
	CanvasWith	1890

## C.2 Instruktionen U3

Instruktionstext	Folie
<p><b>Eintreffen der Teilnehmenden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bitte legt alle eure persönlichen Sachen auf die Seite &amp; schaltet das Handy aus.</li> <li>• Bitte bleibt auf der geöffneten Internetseite und schliesst den Browser nicht.</li> <li>• Bitte klickt nicht auf „Settings“ und wartet mit der Eingabe auf unser Startzeichen.</li> <li>• Für unser Experiment ist es wichtig, dass ihr während dem Experiment nicht miteinander in Kontakt tretet. Das Experiment mit allen Teilnehmenden alleine durchzuführen, hätte aber einen riesen Mehraufwand bedeutet. Daher bitten wir euch ganz fest, euch während dem Experiment nicht miteinander auszutauschen. Auch wenn es zu kurzen Wartezeiten kommt.</li> <li>• Im Rahmen dieses Experimentes möchten wir zwei Dinge herausfinden. Einerseits, wie sich eure Entdeckungsleistung bei unterschiedlichen Aufgabenmerkmalen verändert. Andererseits interessiert uns, inwiefern die Aufgabenmerkmale sich auf eure Befindlichkeit auswirken.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Material</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ihr findet vor euch eine Anleitung und einen Fragebogen mit 6 Seiten sowie ein Stift. Ausserdem liegen vor euch 5 Post-It's mit jeweils einem Code. Die letzte Zahl ist jeweils eure Teilnehmendenummer.</li> </ul> <p>➔ <b>START POWER POINT PRÄSI</b></p>	-
<p style="text-align: center;"><b>Folie Ablauf:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Experiment besteht aus einer kurzen Testphase und vier 4 Teilaufgaben die jeweils 10 Minuten dauern.</li> </ul>	<b>1</b>
<p style="text-align: center;"><b>Folie Post-It:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf den Post-It's sind eure Logins. Ihr habt jeweils fünf Post-It's mit einem Login-Code. Bei den Codes spielt es keine Rolle ob ihr Gross- oder Kleinbuchstaben verwendet auch Bindestriche anstatt des Unterstrichs sind ok.</li> </ul> <p>➔ Damit ihr das Programm nachher starten könnt, habt ihr diese Codes auf den Post-It's. Nach 10 Minuten beendet das Programm automatisch. Nach jeder Teilaufgabe haben wir 3 Minuten „Pause“. In dieser Zeit füllt ihr eine Seite des Fragebogens mit 3 Fragen aus. Klebt das Post-It mit dem Code auf den dazugehörigen Fragebogen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die letzte Seite beinhaltet auf der Rückseite des Fragebogens Fragen zu euren demografischen Daten. (ACHTUNG: LETZTER FRAGEBOGEN HAT ZWEI SEITEN).</li> <li>• Während ihr die Fragen beantwortet, passen wir die Einstellungen am Programm an. Ihr seid mit dem Fragebogen voraussichtlich etwas schneller fertig. In diesem Fall wartet bitte ruhig bis es weitergeht.</li> <li>• <b>Ganz wichtig: Bitte bleibt auf der weissen Login Seite, bis wir das Startzeichen für die nächste Teilaufgabe geben und spricht nicht miteinander.</b></li> </ul>	<b>2</b>
<p style="text-align: center;"><b>Folie Aufgabe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eure Aufgabe: Monitoring der Gleise. Prüfen ob Zugfehler oder fehlerhafte Weichenstellungen auftauchen.</li> <li>• Dafür wurde ein sehr vereinfachtes Programm erstellt –wie es bei der Überwachung von Zügen eingesetzt wird</li> </ul>	<b>3</b>
<p style="text-align: center;"><b>Folie Programm:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie das Programm aussieht seht ihr hier. Die Linien sind Gleise, die blauen Nummern sind Züge, die Kreise sind Weichenstellungen. Eure Aufgabe ist es, kritische Ereignisse zu entdecken. Wie diese aussehen, erkennt ihr auf der Anleitung die ihr vor euch habt. Bevor wir mit starten, werdet ihr die Möglichkeit haben, dass Programm auszutesten.</li> </ul>	<b>4</b>

<p><b>Folie kritische Ereignisse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kritische Ereignisse können Zugfehler sein, oder fehlerhafte Weichenstellungen → dort müsst ihr Eingreifen.</li> <li>• Zugfehler erkennt ihr an einer blauen Linie unter der Zugnummer.</li> <li>• Ist eine Weichenstellung fehlerhaft, ist der Kreis violett, korrekte Weichenstellungen sind grün oder rot gefärbt.</li> <li>• Tauchen violette Kreise oder unterstrichene Zugnummern als Fehler auf, ist es eure Aufgabe, diese durch einen Klick zu entfernen.</li> <li>• Anmerkung: Dabei spielt es keine Rolle ob der Zug bereits an der Weiche (violetter Kreis) vorbeigefahren ist → violette Kreise durch einen klick entfernen.</li> </ul> <p>→ Damit ihr nun einen Einblick in das Programm gewinnen könnt, machen wir einen kurzen Testlauf. Bitte nehmt dazu das Post-it mit dem Vermerk „Test“ und gebt diesen Code in die Eingabemaske ein.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bitte klickt nun auf Start und probiert die Bearbeitung der Fehler aus. Es ist wichtig, dass ihr den Pausen-button zu keiner Zeit drückt.</li> <li>• .....</li> <li>• Bitte “Stop and Save” klicken.</li> <li>• Nun dürft ihr den ersten Fragebogen ausfüllen</li> <li>• Alles klar? Fragen?</li> </ul> <p>→ Nun beginnt das Experiment. Bitte nehmt dazu das nächste Post-it, welches die Reihenfolge „a“ vermerkt haben sollte zur Hand und gebt dieses in der Eingabemaske ein. Bitte erst auf Start drücken, wenn wir das Signal dazu geben.</p> <p>→ Ihr könnt nun starten</p> <p>→ Wir starten mit dem 2ten Teil. Bitte nehmt dazu das nächste Post-it, welches die Reihenfolge „b“ vermerkt haben sollte zur Hand und gebt dieses in der Eingabemaske ein. Bitte erst auf Start drücken, wenn wir das Signal dazu geben.</p>	<b>5</b>
<p><b>Abschluss</b> Haben alle die Demografische Daten erfasst?</p>	<b>6</b>

### C.3 Erhebungsbogen U3

## Fragebogen a

Teilnehmer Nr: a\_V.....\_..... (bitte kleben Sie ihr Post-it hier hin!)



Sie haben den ersten Teil des Experiments abgeschlossen – vielen Dank! Im Folgenden bitten wir Sie, drei Fragen zu beantworten. Bitte antworten Sie spontan und ohne lange zu überlegen. Es geht darum, Ihre momentane subjektive Befindlichkeit einzuschätzen. Kreuzen Sie dazu bitte die entsprechende Zahl der Einschätzung an, welche Ihrem momentanen Empfinden am besten zutrifft. Die Zahl "10" steht dabei für die höchst mögliche Ausprägung, wobei "1" die schwächste darstellt. Die Abstände in der Bewertungsskala sind gleichmässig verteilt. Für die persönlichen Einschätzungen haben Sie 2 Minuten Zeit.

1. Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles **Monotonieempfinden** in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment empfinde ich die Arbeit als...

gar nicht monoton									sehr monoton
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle **Müdigkeit** auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

sehr wach									sehr müde
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3. Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles **Langeweileempfinden** auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht gelangweilt									sehr gelangweilt
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Und weiter geht's...

Bitte legen Sie nun diesen Fragebogen mit dem entsprechenden Post-it zur Seite und geben Sie die Teilnehmer Nummer in dem System ein, welche auf dem Post-It steht und mit dem Buchstaben "b" beginnt. Bitte warten Sie mit dem Starten des Programms, bis die Versuchsleiterin den Start freigibt.

## Fragebogen b

**Teilnehmer Nr: b\_V.....\_..... (bitte kleben Sie ihr Post-it hier hin!)**



Sie haben den zweiten Teil des Experiments abgeschlossen – vielen Dank! Im Folgenden bitten wir Sie, drei Fragen zu beantworten. Bitte antworten Sie spontan und ohne lange zu überlegen. Es geht darum, Ihre momentane subjektive Befindlichkeit einzuschätzen. Kreuzen Sie dazu bitte die entsprechende Zahl der Einschätzung an, welche Ihrem momentanen Empfinden am besten zutrifft. Die Zahl "10" steht dabei für die höchst mögliche Ausprägung, wobei "1" die schwächste darstellt. Die Abstände in der Bewertungsskala sind gleichmässig verteilt. Für die persönlichen Einschätzungen haben Sie 2 Minuten Zeit.

1. Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles **Monotonieempfinden** in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment empfinde ich die Arbeit als...

gar nicht  
monoton

sehr  
monoton

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

2. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle **Müdigkeit** auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

sehr  
wach

sehr  
müde

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

3. Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles **Langeweileempfinden** auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht  
gelangweilt

sehr  
gelangweilt

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Und weiter geht's...

Bitte legen Sie nun diesen Fragebogen mit dem entsprechenden Post-it zur Seite und geben Sie die Teilnehmer Nummer in dem System ein, welche auf dem Post-It steht und mit dem Buchstaben "c" beginnt. Bitte warten Sie mit dem Starten des Programms, bis die Versuchsleiterin den Start freigibt.

## Fragebogen c

**Teilnehmer Nr: c\_V.....\_.....** (bitte kleben Sie ihr Post-it hier hin!)



Sie haben den dritten Teil des Experiments abgeschlossen – vielen Dank! Im Folgenden bitten wir Sie, drei Fragen zu beantworten. Bitte antworten Sie spontan und ohne lange zu überlegen. Es geht darum, Ihre momentane subjektive Befindlichkeit einzuschätzen. Kreuzen Sie dazu bitte die entsprechende Zahl der Einschätzung an, welche Ihrem momentanen Empfinden am besten zutrifft. Die Zahl "10" steht dabei für die höchst mögliche Ausprägung, wobei "1" die schwächste darstellt. Die Abstände in der Bewertungsskala sind gleichmässig verteilt. Für die persönlichen Einschätzungen haben Sie 2 Minuten Zeit.

1. Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles **Monotonieempfinden** in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment empfinde ich die Arbeit als...

gar nicht monoton									sehr monoton
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle **Müdigkeit** auf einer Skala von 1 - 10:  
Im Moment bin ich...

sehr wach									sehr müde
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3. Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles **Langeweileempfinden** auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht gelangweilt									sehr gelangweilt
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Und weiter geht's...

Bitte legen Sie nun diesen Fragebogen mit dem entsprechenden Post-it zur Seite und geben Sie die Teilnehmer Nummer in dem System ein, welche auf dem Post-It steht und mit dem Buchstaben "d" beginnt. Bitte warten Sie mit dem Starten des Programms, bis die Versuchsleiterin den Start freigibt.

## Fragebogen d

**Teilnehmer Nr: d\_V.....\_..... (bitte kleben Sie ihr Post-it hier hin!)**



Sie haben den vierten und letzten Teil des Experiments abgeschlossen – vielen Dank! Im Folgenden bitten wir Sie, drei Fragen zu beantworten. Bitte antworten Sie spontan und ohne lange zu überlegen. Es geht darum, Ihre momentane subjektive Befindlichkeit einzuschätzen. Kreuzen Sie dazu bitte die entsprechende Zahl der Einschätzung an, welche Ihrem momentanen Empfinden am besten zutrifft. Die Zahl "10" steht dabei für die höchst mögliche Ausprägung, wobei "1" die schwächste darstellt. Die Abstände in der Bewertungsskala sind gleichmässig verteilt. Für die persönlichen Einschätzungen haben Sie 2 Minuten Zeit.

76. Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles **Monotonieempfinden** in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment empfinde ich die Arbeit als...

gar nicht monoton										sehr monoton
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

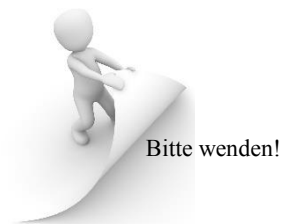
77. Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle **Müdigkeit** auf einer Skala von 1 - 10:  
Im Moment bin ich...

sehr wach										sehr müde
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

78. Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles **Langeweileempfinden** auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht gelangweilt										sehr gelangweilt
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Sie haben das Experiment fast beendet! Bitte teilen Sie uns zum Schluss noch Ihre demographischen Angaben auf **der Rückseite** dieses Fragebogens mit.



## Demographische Angaben

Geschlecht:  weiblich  männlich

Studiengang:  APS  Soziale Arbeit  Wirtschaft  Andere

Semester: \_\_\_\_\_ Semester  Bachelor  Master

Alter: \_\_\_\_\_ Jahre

Seit wie vielen Stunden sind Sie schon wach: \_\_\_\_\_ Stunden

Sie haben das Experiment beendet!

Vielen Dank für Ihr wertvolles Mitwirken an unserer Forschungswerkstatt und viel Glück bei der Verlosung des Gutscheins im Wert von CHF 50.00 für den Sälipark Olten!

## D Anhang U4

### D.1 Einstellungen Software TRAINS U4

<b>Einstellungen TRAINS U4</b>	VG0, VG1, VG2	TrackHeight (Höhe der Linien)	55
		TrackNumber (Anzahl Linien)	16
		Time between frames (Zeit zwischen Rucks/Bildschirmaktualisierung)	100
		Time between train movements	500
		Train speed (pixel /traininterval)	15
		TrainChance	0.006
		TrainErrorChance	0.00052
		TrackErrorChance	0
		CircleErrorChance	0.031
		CircleChance	0.01
		ErrorColor	#cb34c7
		maxErrorDuration(ms)	5000
		MaxExperimentDuratio [ms]	1'500'000 (=25min)
		CoupledTrains	True
		CanvasWith	1890

**D.2 Instruktionen U4**

<b>Instruktionstext</b>	<b>Folie</b>
<p><b>Eintreffen der Teilnehmenden</b></p> <p>Bitten alle Smartphones und Smartwatches auf Lautlos oder Flugmodus zu stellen</p>	<b>1</b>
<p><b>Begrüssung</b></p> <p><b>Liebe Teilnehmende</b> wir möchten euch ganz herzlich begrüßen und uns bei euch bedanken, dass ihr euch heute Zeit für uns nehmt.</p> <p><b>Testleitung und AssistenInnen (inkl. Rollen) vorstellen:</b></p> <p>Mein Name ist <b>XY</b> und ich übernehme heute die Rolle der/des Moderatorin/Moderators.</p> <p><b>XY</b> wir mich bei diesem Experiment unterstützen und kümmert sich vor allem um die Technik.</p>	<b>2</b>
<p><b>Einverständniserklärung &amp; Test Teil 1</b></p> <p>Bitte lest nun die Einverständniserklärung aufmerksam durch und unterschreibt sie, wenn ihr an dem Experiment teilnehmen möchtet. Sollte dem nicht so sein, meldet euch bitte direkt beim Versuchsleiter.</p> <p>Wenn ihr unterschrieben habt, könnt ihr auf der nächsten Seite den Fragebogen Teil 1 ausfüllen.</p>	<b>3</b>
<p><b>PC-Anmeldung</b></p> <p>Wer sich noch nicht mit dem PC angemeldet hat, der soll sich bitte nun mit seinem persönlichem FHNW Login anmelden.</p> <p>Vorname.Nachname</p>	<b>4</b>
<p><b>Erklärung Hauptaufgabe (Alle)</b></p> <p>Wir stellen euch nun die heutige Aufgabe vor, welche an die Tätigkeit von Zugverkehrsleitenden der SBB und der BLS angelehnt ist.</p>	<b>5</b>
<p>Nun stellen wir euch die heutige Aufgabe kurz vor. Ihr seht vor hier auf dem Bild einen schwarzen Bildschirm mit Linien, diese Linien entsprechen Zuggleisen. Auf diesen Gleisen werden regelmässig neue Züge erscheinen, gekennzeichnet als blaue Folge von Ziffern und Buchstaben. Es kann sein, dass zwischendurch längere Zeit keine neuen Züge erscheinen werden, das ist normal. Ihr müsst den Bildschirm überwachen und immer reagieren, wenn ein Störsignal auftritt, indem ihr auf das Störsignal klickt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klickt alle <b>magentafarbenen Kreise</b> an <u>bevor diese verschwinden</u></li> </ul> <p>Die roten und grünen Kreise sind planmässig vorkommende Signale und Weichen und müssen nicht beachtet werden. Die magentafarbenen Kreise hingegen symbolisieren Störungen an Signalen und Weichen und müssen angeklickt werden.</p>	<b>6</b> <b>Klick</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klickt alle <b>unterstrichen Züge/Zugnummern</b> an <u>bevor diese verschwinden</u></li> </ul> <p>Diese werden jeweils kurz unterstrichen sein und ebenfalls wie die Kreise verschwinden. Es kann also sein, dass ein einfahrender Zug erst im Laufe des Weges unterstrichen sein wird.</p> <p><b>Habt ihr soweit Fragen oder ist euch etwas unklar?</b></p>	<p><b>7</b></p> <p><b>Klick</b></p>
<p><b>Testsequenz durchführen (2 Minuten)</b></p> <p>Ihr könnt nun die Software während zwei Minuten testen und dabei die soeben vorgestellte Aufgabe bearbeiten. Bitte tippt folgenden Link in Microsoft Edge ein: <i>trains.aps.fhnw.ch</i>. Gibt bitte alle beim Feld „Enter ID“ <i>Test1</i> ein und wartet kurz bis alle bereit sind.</p> <p>Sind alle bereit?</p> <p>Also starten wir nun die 2-minütige Testphase</p>	<p><b>8</b></p>
<p><b>Start der Testphase</b></p> <p><i>Testleitung startet Countdown mit eigenem Smartphone</i></p>	<p><b>9</b></p>
<p><b>Stop der Testphase</b></p> <p>Bitte klickt oben links auf Stop &amp; Safe und anschliessend auf OK</p> <p><b>Habt ihr soweit Fragen oder ist euch etwas unklar?</b></p>	<p><b>10</b></p>
<p><b>Prä-Fragebogen ausfüllen</b></p> <p>Bitte füllt nun alle den Fragebogen Teil 2 auf Seite 3 aus und wartet dann auf weitere Anweisungen.</p>	<p><b>11</b></p>
<p><b>Erklärung Zusatzaufgabe (nur VG 1&amp;2 – KG kann mit Experiment starten)</b></p> <p>Zusätzlich zu der bis vorhin geübten Aufgabe, werden wir euch nun noch eine weitere Aufgabe geben. Diese Aufgabe soll ebenfalls so gut wie möglich bearbeitet werden, hat aber im Vergleich weniger Priorität als die Suche nach magentafarbenen Kreisen und unterstrichenen Zügen.</p> <p>Für die Zusatzaufgabe sind die Züge mit den Anfangszahlen 1 und 5 und 9 relevant.</p>	<p><b>12</b></p>

<p><b>Versuchsgruppe 1 (tiefes Anforderungsniveau)</b></p> <p>Wenn ein akustisches Signal ertönt, müsst ihr alle Züge suchen, welche mit der Zahl 1, 5 oder 9 beginnen. Diese Anzahl dieser Züge müsst ihr zählen und die Summe <b>laut aussprechen</b>. Wenn keine Züge auf dem Bildschirm zu sehen sind, die den Kriterien entsprechen, müsst ihr „Null“ sagen.</p> <p><b>Beispiel (Aufzeigen auf Leinwand):</b> Auf dem Bildschirm ist ein Zug mit der Startziffer 1, ein Zug mit der Startziffer 5 und vier Züge mit der Startziffer 9 zu sehen. Ihr müsst demnach laut „6“ sagen.</p> <p>Hinweis: Lasst euch Zeit beim Nennen und Aussprechen der Zahlen. Es wird nicht gemessen wie schnell ihr etwas sagt. Jeder hat auch andere Züge vor sich, d.h. ihr werdet nicht dieselben Zahlen aussprechen wie die anderen Teilnehmenden. Lassen euch nicht von der Schnelligkeit oder den Zahlen der anderen beirren.</p> <p><b>Habt ihr soweit Fragen oder ist euch etwas unklar?</b></p>	<p><b>13</b></p> <p><b>Klick</b></p> <p><b>Klick</b></p>
<p><b>Versuchsgruppe 2 (hohes Anforderungsniveau)</b></p> <p>Wenn ein akustisches Signal ertönt, sollt ihr alle Züge suchen, welche mit der Zahl 1, 5 oder 9 beginnen. Die Startzahlen dieser Züge (also 1,5 oder 9) sollen addiert und die Summe soll <b>laut ausgesprochen werden</b>. Wenn keine Züge auf dem Bildschirm zu sehen sind, die den Kriterien entsprechen, müsst ihr „Null“ sagen.</p> <p><b>Beispiel (Aufzeigen auf Leinwand):</b> Auf dem Bildschirm ist ein Zug mit der Startziffer 1, ein Zug mit der Startziffer 5 und vier Züge mit der Startziffer 9 zu sehen. Ihr müsst demnach <math>1+5+9+9+9+9</math> rechnen und laut „42“ sagen.</p> <p>Hinweis: Lasst euch Zeit beim Nennen und Aussprechen der Zahlen. Es wird nicht gemessen wie schnell ihr etwas sagt. Jeder hat auch andere Züge vor sich, d.h. ihr werdet nicht dieselben Zahlen aussprechen wie die anderen Teilnehmenden. Lassen euch nicht von der Schnelligkeit oder den Zahlen der anderen beirren.</p> <p><b>Habt ihr soweit Fragen oder ist euch etwas unklar?</b></p>	<p><b>13</b></p> <p><b>Klick</b></p> <p><b>Klick</b></p>
<p><b>Letzte Informationen zum Experiment</b></p> <p>Nun starten wir mit der Bearbeitung der Hauptaufgaben. Bitte gibt als Enter ID die Nummer die auf der Titelseite des Fragebogens steht ein. Ihr werdet die Aufgabe dann während der nächsten 25 Minuten bearbeiten bis das Programm automatisch beendet wird.</p> <p><b>Wichtig zu erwähnen vor Start:</b></p> <p>Ich und mein(e) KollegeIn werden während der gesamten Zeit im Raum anwesend sein. Meldet euch bei Störungen bei uns.</p> <p>Wir bitten euch während der Durchführung nicht auf die Toilette zu gehen oder das Experiment sonst wie zu unterbrechen. Die Teilnahme an dieser Untersuchung ist jedoch freiwillig, d.h ihr könnt die Teilnahme an der Untersuchung jederzeit ohne Konsequenzen beenden.</p>	<p><b>14</b></p>

<p><b>Beginn des Experiments</b></p> <p>Das Experiment kann nun beginnen. Wir wünschen euch viel Vergnügen.</p> <p><i>Aus der Präsentationsansicht rausgehen und Audiodatei in der Bearbeitungsansicht starten. Checken ob die Zeit läuft.</i></p>	<b>15</b>
<p><b>Ende des Experiments</b></p> <p>Wir sind nun am Ende des Experiments angelangt. Bitte klickt auf „OK“ und schliesst den Browser.</p> <p><b>Prä-Fragebogen</b> <b>ausfüllen</b> Bitte füllt nun alle den Fragebogen Teil 3 aus.</p>	<b>16</b>
<p><b>Bedanken für die Teilnahme</b></p> <p>Ihr könnt nun Abmelden und die Fragbögen auf den Tischen liegen lassen.</p> <p>Die Gewinner der Verlosung werden per E-Mail benachrichtigt.</p>	<b>17</b>

**D.3 Erhebungsbogen U4****ForschungsWerkstatt «Arbeitsgestaltung von Zugverkehrsleitenden»**

VP-Nr.	
Datum	

**Danke, dass Sie Sich für diesen Test zur Verfügung gestellt haben!**

**Hintergrund**

Im Rahmen der Forschungswerkstatt im AOP-Masterstudiengang führen wir ein Experiment zum Thema Monotonie und dessen Verminderung durch. Mit unserem Experiment wollen wir herausfinden, wie die Arbeitstätigkeiten von Schweizer Zugverkehrsleitenden interessanter gestaltet werden könnte.

**Ablauf**

Die Testleitung wird zuerst das Programm erläutern, welches in ähnlicher Form auch von Zugverkehrsleitern verwendet wird. Während der Testphase können, falls vorhanden, Fragen gestellt werden. Danach wird mit dem eigentlichen Experiment begonnen. Insgesamt wird die ganze Untersuchung ca. 45 Minuten dauern.

**Einverständniserklärung**

Ich bin damit einverstanden, dass die erhobenen Daten aus dem Versuch zu Auswertungszwecken verwendet werden. Die erhobenen Daten werden vertraulich behandelt und dürfen nur vom Werkstattteam und den zuständigen Betreuern genutzt werden.

Ort, Datum:

Unterschrift:

**Vielen Dank! Bitte füllen Sie nun die fünf Fragen auf der kommenden Seite aus.**

---

## Fragebogen Teil 1

1. Haben Sie bereits im Mai 2018 an dem Experiment zum Thema «Aufmerksamkeit bei computergestützter Überwachung» im Rahmen der Forschungswerkstatt (FS 2018) teilgenommen?  
 Ja  
 Nein
  
2. Haben Sie in den letzten 30min leistungssteigernde Substanzen (Bspw. Koffein) zu sich genommen?  
 Ja  
 Nein
  
3. Seit wievielen Stunden sind Sie schon wach? .....Stunden
  
4. Haben Sie eine rot-grün-Sehschwäche?  
 Ja  
 Nein  
Ich habe eine andere Sehschwäche die mein Sehvermögen sehr stark einschränkt:  
.....
  
5. Wurde bei Ihnen ADHS diagnostiziert?  
 Ja  
 Nein  
Ich habe eine andere Krankheit die meine Aufmerksamkeit sehr stark beeinträchtigt:  
.....

**Vielen Dank! Bitte warten Sie auf weitere Anweisungen des Versuchsleiters / der Versuchsleiterin.**

## Fragebogen Teil 2

Bitte beantworten Sie die drei nachfolgenden Fragen.

Antworten Sie **spontan** und **ohne lange zu überlegen**. Es geht darum, Ihre momentane subjektive Befindlichkeit einzuschätzen.

Kreuzen Sie die Zahl an, welche gemäss Ihrer Einschätzung am besten auf Ihr momentanes Empfinden zutrifft. Die Zahl "10" steht dabei für die höchst mögliche Ausprägung und die Zahl "1" für die schwächst mögliche Ausprägung. Die Abstände in der Bewertungsskala sind gleichmässig verteilt.

Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle Müdigkeit auf einer Skala von 1 - 10:

Im Moment bin ich...

sehr  
wach

sehr müde

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles Langeweileempfinden auf einer Skala von 1 - 10:

Im Moment bin ich...

gar nicht  
gelang-  
weilt

sehr ge-  
langweilt

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Bitte beurteilen, Sie Ihr aktuelles Monotonieempfinden in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment empfinde ich die Arbeit als...

gar nicht  
monoton

sehr  
monoton

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Vielen Dank! Bitte warten Sie auf weitere Anweisungen des Versuchleiters / der Versuchsleiterin.**

### Fragebogen Teil 3

Bitte beantworten Sie die 3 nachfolgenden Fragen.

Antworten Sie **spontan** und **ohne lange zu überlegen**. Es geht darum, Ihre momentane subjektive Befindlichkeit einzuschätzen.

Kreuzen Sie die Zahl an, welche gemäss Ihrer Einschätzung am besten auf Ihr momentanes Empfinden zutrifft. Die Zahl "10" steht dabei für die höchst mögliche Ausprägung und die Zahl "1" für die schwächst mögliche Ausprägung. Die Abstände in der Bewertungsskala sind gleichmässig verteilt.

Bitte beurteilen Sie Ihre aktuelle Müdigkeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

sehr wach									sehr müde
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles Langeweileempfinden auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment bin ich...

gar nicht gelang- weilt									sehr ge- langweilt
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Bitte beurteilen Sie Ihr aktuelles Monotonieempfinden in Bezug auf die Arbeit auf einer Skala von 1 - 10: Im Moment empfinde ich die Arbeit als...

gar nicht monoton									sehr monoton
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**Vielen Dank! Bitte füllen Sie nun noch die drei weiteren Fragen auf der nächsten Seite aus.**

**Fragebogen Teil 3**

6. Haben Sie die Zusatzaufgabe (beim akkustischen Signal) wie vorgegeben ausgeführt?

nie	selten	gelegentlich	oft	immer
1	2	3	4	5

7. Haben Sie persönlich das Gefühl, dass Sie die Zusatzaufgabe bei der Suche nach den unterstrichenen Zügen und Magentakreisen unterstützt hat?

- Ja
- Nein

8. Hatten Sie eine Strategie für das Lösen der Zusatzaufgabe?

- Nein
- Ja (bitte beschreiben Sie die Strategie):

---

---

---

**Vielen Dank! Bitte füllen Sie nun noch die persönlichen Angaben auf der nächsten Seite aus**

---

## Persönliche Angaben

Geschlecht:            m                    w                    anderes

Alter: .....

Studium:            Bachelor            Master

Angewandte Psychologie

Soziale Arbeit

Wirtschaft

Anderes: .....

Ich möchte gerne an der Verlosung teilnehmen:

(Für die Teilnahme an der Verlosung wird die E-Mail-Adresse benötigt.)

Ja

E-Mail: .....

Nein

**Vielen Dank! Bitte lassen Sie den Fragebogen auf dem Tisch liegen und warten auf die weiteren Anweisungen des Versuchsleiters / der Versuchsleiterin.**