



Olivia Spiker

**Resilienzanalyse des Systems Stadtverkehr
während einer langfristigen Sperrung einer
innerstädtischen Hauptverkehrsachse am
Fall der B7-Sperrung in Wuppertal**

Resilienzanalyse des Systems Stadtverkehr während einer langfristigen Sperrung einer innerstädtischen Hauptverkehrsachse am Fall der B7-Sperrung in Wuppertal

Vom Promotionsausschuss der Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen der
Bergischen Universität Wuppertal genehmigte
Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Ingenieurwissenschaften
(Dr.-Ing.)

vorgelegt von
Olivia Spiker

Eingereicht am 10. Oktober 2018
Tag der mündlichen Prüfung: 03. April 2019

Mitglieder der Prüfungskommission:
Prof. Dr.-Ing. Bert Leerkamp (Bergische Universität Wuppertal)
Prof. Dr.-Ing. Oscar Reutter (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie)
Prof. Dr.-Ing. Ulrike Reutter (Bergische Universität Wuppertal)
Prof. Dr. Guido Spars (Bergische Universität Wuppertal)

Schriftenreihe des Fachzentrums Verkehr

Band 17

Olivia Spiker

**Resilienzanalyse des Systems Stadtverkehr
während einer langfristigen Sperrung einer
innerstädtischen Hauptverkehrsachse am Fall der
B7-Sperrung in Wuppertal**

Shaker Verlag
Düren 2019

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Wuppertal, Univ., Diss., 2019

Copyright Shaker Verlag 2019

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-6763-7

ISSN 1438-3977

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VII
Abbildungsverzeichnis.....	IX
Zusammenfassung.....	XIII
Abstract.....	XVII
1 Einführung.....	1
1.1 Ziel der Arbeit.....	1
1.2 Schreibform.....	1
1.3 Erläuterung der Maßnahme B7-Sperrung und Einbettung in die Gesamtverkehrssituation.....	1
1.4 Einbettung des Mobilitätslabors B7-Sperrung in ähnliche Verkehrsprojekte	5
1.5 Mobilitätsverhalten im Hinblick auf ausgewählte verhaltenstheoretische Modelle.....	8
1.6 Einbettung des Mobilitätslabors B7-Sperrung in die Theorie des Resilienzbegriffs.....	12
1.7 Definition Resilienz im Systemkontext Stadtverkehr.....	15
1.8 Hypothesen.....	16
1.9 Forschungsfragen.....	17
1.10 Aufbau der Arbeit.....	18
1.11 Vorgehensweise.....	19
2 Methodik zur Ermittlung der Auswirkungsdimensionen und Forschungsfragen	21
2.1 Zeitlicher Verlauf.....	22
2.2 Methodik zur Ermittlung der Resilienz im Teilsystem „Mensch“.....	23
2.2.1 Herangehensweise bei der Online-Befragung (Befragung I) von allgemein betroffenen Verkehrsteilnehmern.....	24
2.2.2 Herangehensweise bei der Befragung (Befragung H) einer gewerblichen Betroffenheitsgruppe.....	26
2.2.3 Vorgehensweise bei dem Modal-Shift-Experiment.....	27
2.2.4 Herangehensweise bei der Medieninhaltsanalyse.....	31
2.3 Methodik zur Ermittlung der Resilienz im Teilsystem „Umwelt“.....	34
2.3.1 Herangehensweise bei der Ermittlung der Auswirkung auf die Verkehrssicherheit.....	34
2.3.2 Herangehensweise bei der Verkehrsstärkenanalyse.....	35
2.3.3 Herangehensweise bei der Analyse des Verkehrszustands.....	40
2.3.4 Herangehensweise bei der Analyse der Ticketverkaufszahlen.....	45

2.3.5	Herangehensweise bei der Untersuchung der Luftqualität	46
2.4	Statistische Berechnungen	49
3	Resilienz von Verkehrsteilnehmern	51
3.1	Charakteristika der Betroffenen im Überblick	51
3.2	Mobilitätssituation der Befragten	56
3.3	Analytische Auswertung der genutzten Handlungsoptionen im Zuge der B7-Sperrung	61
3.3.1	Gesamtvergleich	61
3.3.2	Änderung des Mobilitätsverhaltens hinsichtlich des Fahrtzwecks	63
3.4	Analyse der vier Handlungsoptionen im Kontext soziodemographischer Kenndaten	64
3.5	B7-Sperrung als Auslöser für Verhaltensänderung	72
4	Resilienz von gewerblichen Verkehrsteilnehmern	74
4.1	Charakteristika der betroffenen Betrieben	74
4.2	Betroffenheit im Wirtschaftsverkehr durch die B7-Sperrung	76
4.3	Handlungsbandbreite im Vergleich zwischen allgemein und gewerblich betroffenen Verkehrsteilnehmern	78
5	Ermittlung der Resilienz aus den Indikatoren Verkehrsstärke und Verkehrszustand	80
5.1	Toleranzbereich der Autofahrer hinsichtlich Mehrkilometer	81
5.1.1	Lärmauswirkung in Abhängigkeit von der Verkehrsstärkenänderung	87
5.2	Verkehrszustand als Indikator für Verhaltensänderung	89
5.3	„Normaler“ Verkehrszustand während der B7-Sperrung in der Nachmittagsspitze	91
5.4	Situation mit offener B7 nach Wiedereröffnung	100
5.5	Zusammenfassung der Verkehrsanalyse	101
6	Einfluss der B7-Sperrung auf die Ticketverkaufszahlen des städtischen Verkehrsbetriebes	102
6.1	Entwicklung der Ticketkäufe im ÖPNV	102
7	Modal-Shift-Experiment	108
7.1	Einfluss des Experimentes auf die Autonutzung	108
7.2	Intervention (Pull-Maßnahme) fördert die Verkehrsverlagerung	113
8	Luftqualität	114
8.1	Gesamtsituation der NO ₂ -Werte im Kontext der B7-Sperrung	115
8.2	Lokale Betrachtung der NO ₂ -Konzentrationen	118
8.2.1	NO ₂ -Konzentrationen im Hinblick auf die Grenzwerte	121
8.3	Analyse der Luftqualität an zwei Hauptumfahrungswegen anhand der NO _x -Konzentration	122

8.4	Interpretation der möglichen Auswirkung der B7-Sperrung auf die Luftqualität	127
9	Erörterung der Auswirkung der B7-Sperrung auf die Verkehrssicherheit	129
10	Medieninhaltsanalyse	130
10.1	Medieninhaltsanalyse zu Veröffentlichungen in der WR	130
10.1.1	Themenfrequenzanalyse	130
10.1.2	Inhaltliche Aspekte der Veröffentlichungen zum Thema „B7-Sperrung“	132
10.1.3	Bewertungsanalyse der WR-Artikel zum Thema B7-Sperrung	134
10.1.4	Bewertungsanalyse der WR-Leserbriefe zum Thema B7-Sperrung ..	138
10.1.5	Zusammenfassung WR	139
10.2	Medieninhaltsanalyse zu Veröffentlichungen der WZ	139
10.2.1	Bewertungsanalyse der WZ-Artikel zum Thema B7-Sperrung	141
10.2.2	Bewertung der Kommentare	144
10.3	Themen- und Zeitungsabhängigkeit der Artikeltendenzen	145
10.4	Fazit Printmedien	146
10.5	Zusammenfassende Bewertungsanalyse der Radio Wuppertal-Beiträge ..	147
11	Zusammenführung der Ergebnisse	150
11.1	Dimension Anpassungs- und Lernfähigkeit	150
11.2	Dimension Robustheit	152
11.3	Dimension Gewöhnung	153
12	Reflexion der Ergebnisse	155
	Literaturverzeichnis	159

Anhangsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

B7	Bundesstraße 7
D	Detektor
DB	Döppersberg (lediglich teilweise in Abbildungen abgekürzt)
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz
LSA	Lichtsignalanlage
LZA	Lichtzeichenanlage
MiD	Mobilität in Deutschland
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MP	Messpunkt
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
SrV	System repräsentativer Verkehrsverhaltensbefragungen
TPB	Theory of Planned Behavior (Theorie des geplanten Verhaltens)
UV	Umweltverbund
WZ	Westdeutsche Zeitung
WR	Wuppertaler Rundschau
WSW	Wuppertaler Stadtwerke

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zeitliche Einbettung der verschiedenen Empirieansätze.....	23
Tabelle 2: Befragungsinhalte der Online-Befragung	26
Tabelle 3: Befragungsinhalte der dreistufigen Befragung zum Modal-Shift-Experiment.....	29
Tabelle 4: Statements zur Identifizierung des Autonutzungsziels	30
Tabelle 5: Definitionen und Kategorien des Verkehrsflusses im Vergleich	42
Tabelle 6: Soziodemographische Kennwerte der befragten Teilnehmer	52
Tabelle 7: Spezifische Kenngrößen der befragten Teilnehmer	53
Tabelle 8: Benotung der Verkehrssituation vor und während der B7-Sperrung nach Schulnotensystem	54
Tabelle 9: Fahrtzweckbezogene Änderung der vier Handlungsoptionen	63
Tabelle 10: Analyse der vier Handlungsoptionen im Kontext spezifischer Kenndaten.....	71
Tabelle 11: Verteilung der Antworten im Überblick	75
Tabelle 12: Die fünf größten Zu- und Abnahmen der Verkehrsstärke.....	82
Tabelle 13: Hauptalternativrouten zur B7 mit Angabe des Mehrkilometeraufwandes	86
Tabelle 14: Mehrkostenaufwand für die Autonutzung pro Jahr aufgrund der B7-Sperrung.....	86
Tabelle 15: Die Zu- und Abnahmen der Verkehrsstärke auf den weiträumigeren Umfahrungen	87
Tabelle 16: Relationen mit den höchsten Rotanteilen.....	93
Tabelle 17: Entwicklung der Ticketverkaufszahlen im Kontext einer gesperrten und offenen B7.....	107
Tabelle 18: Reduktion der Pkw-Nutzung korreliert mit der subjektiven Umweltwahrnehmung	111
Tabelle 19: Jahresmittelwerte für NO ₂ aller MP im Zeitraum 2012 bis 2017 mit Gegenüberstellung des B7-Zustandes (offen/gesperrt bzw. „zu“).....	117
Tabelle 20: MP außerhalb des Hauptumfahrungsbereichs	121
Tabelle 21: Jahresmittelwerte der NO ₂ - und NO _x -Belastung an den MP Gathe und Langerfeld im Acht-Jahres-Vergleich	123
Tabelle 22: NO _x -Monatsmittelwerte im Vergleich zwischen vor-während-nach der B7-Sperrung	125
Tabelle 23: Entwicklung des Halbjahresmittelwerts für NO _x am MP Gathe	127

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung der B7 und der Hauptumfahrungsmöglichkeiten	2
Abbildung 2:	Erreichbarkeitsplan mit Hauptumfahrungswegen	3
Abbildung 3:	Verteilung des Busbahnhofs auf vier Ersatzhaltestellen mit Angabe über die Verlängerung des Fußweges	4
Abbildung 4:	Sperrbereich A40 mit städtischer Umleitungsempfehlung	5
Abbildung 5:	Ausweichstrecken bei der Sperrung der Rheinbrücke Leverkusen.....	7
Abbildung 6:	Verhaltensmodell nach Fogg.....	9
Abbildung 7:	Das MAX-Selbstregulationsmodell zur Erklärung von Veränderungsprozessen	11
Abbildung 8:	Definition von Resilienz des Systems Stadtverkehr	15
Abbildung 9:	Forschungsfragen pro Dimension	18
Abbildung 10:	Aufbau der Arbeit	19
Abbildung 11:	Forschungsfragen mit Empirieansätzen pro Dimension und Teilsystem zur Ermittlung der Resilienz des Systems Stadtverkehr	21
Abbildung 12:	Items zur Ermittlung der subjektiven Umweltwahrnehmung im Online-Fragebogen (Befragung II).....	31
Abbildung 13:	Untersuchungsraum und Zählstellen des Wuppertaler Straßennetzes.....	36
Abbildung 14:	Lageplan der LZA am Robert-Daum-Platz mit Auswahl der Fahrstreifen	37
Abbildung 15:	Auswahl der Detektoren	38
Abbildung 16:	Addition der Detektorsummen für die Auswahl.....	39
Abbildung 17:	Verkehrsstärkenanalyse auf den weiträumigeren Umfahrungen.....	40
Abbildung 18:	Google Maps Screenshot mit Information über die „Verkehrslage“.....	41
Abbildung 19:	Musterbild (Null-Zustand) mit den ausgewählten Abschnitten.....	43
Abbildung 20:	Ermittlung der Gewöhnungszeit anhand der linearen Interpolation der Staukurven	45
Abbildung 21:	Verteilung der Messpunkte.....	47
Abbildung 22:	Erklärung eines Boxplots.....	49
Abbildung 23:	Betroffenheitseinschätzung der Teilnehmer nach vier Monaten mit gesperrter B7.....	57
Abbildung 24:	Zusammenhang zwischen Betroffenheit und Häufigkeit der früheren B7-Nutzung.....	58

Abbildung 25:	Zusammenhang zwischen Verkehrsmittelnutzertyp und Betroffenheit.....	59
Abbildung 26:	Zusammenhang zwischen Änderung der Routenwahl und dem Betroffenheitsgrad durch die B7-Sperrung.....	60
Abbildung 27:	Ranking der Verkehrsverhaltensänderung der Handlungsoptionen	62
Abbildung 28:	Verkehrsmittelwechsel [n = 503] im Zeitraum Juli 2014 (Beginn B7-Sperrung) bis November 2014	66
Abbildung 29:	Differenzierte Betrachtung der Wechsler im Hinblick auf die hauptsächliche Verkehrsmittelnutzung.....	67
Abbildung 30:	Zusammenhang zwischen Verhaltensänderung in Abhängigkeit der Berufsklassifikation.....	68
Abbildung 31:	Prozentualer Anteil der Wechsler von Pkw auf Verkehrsmittel des UVs pro Wohngebiet.....	70
Abbildung 32:	Abhängigkeit zwischen Lage der Betriebsstätte und Betroffenheitseinschätzung	77
Abbildung 33:	Ranking der Verhaltensänderung im Vergleich zwischen speziell gewerblichen (orange) und allgemein betroffenen (blau) Verkehrsteilnehmern	78
Abbildung 34:	Minderung der Fahrzeuganzahl auf der B7 durch die B7-Sperrung.....	81
Abbildung 35:	Lokalisation der fünf größten Zu- und Abnahmen der Verkehrsstärke	83
Abbildung 36:	Verkehrsstärkenänderung während der B7-Sperrung im Vergleich zu vor der Sperrung an „DiMiDo-Tagen“ in der Nachmittagsspitze	84
Abbildung 37:	Hauptalternativrouten zur B7	85
Abbildung 38:	"Abhängigkeit des Mittelungspegels von der Verkehrsstärke und dem Lkw-Anteil".....	88
Abbildung 39:	Der Knotenpunkt am Robert-Daum-Platz.....	90
Abbildung 40:	Stautwicklung im Tagesverlauf am Robert-Daum-Platz	90
Abbildung 41:	Verkehrszustand von 70 Abschnitten in Wuppertal anhand der Einfärbungslängen an „DiMiDo-Tagen“ zwischen 16 und 17 Uhr (links) mit Zuordnung der Abschnitte (rechts).....	91
Abbildung 42:	Verkehrslage in der Nachmittagsspitze während der B7-Sperrung an „DiMiDo-Tagen“.....	92
Abbildung 43:	Vergleich zwischen Verkehrsstärke (links) und Verkehrslage (rechts).....	94
Abbildung 44:	Verkehrslage am 29.5.2018 nach einem Starkregen mit Überflutung vieler Straßen zur Verdeutlichung einer Situation des „Verkehrszusammenbruchs“.....	95

Abbildung 45:	Manuelle Fahrzeitermittlung zur Ermittlung des Mehraufwandes über die B7 (oben) und der südlichen Hauptalternative (unten).....	96
Abbildung 46:	Fahrzeitermittlung der nördlichen Hauptumfahrroute	97
Abbildung 47:	Stautwicklung am Robert-Daum-Platz (B7 Richtung Westen) am 44. Tag vs. 93. Tag	99
Abbildung 48:	Vergleich der Verkehrslagen mit offener (links) und gesperrter B7 (rechts)	100
Abbildung 49:	Vergleich der Ticketverkaufszahlen vor und während der B7-Sperrung.....	103
Abbildung 50:	Fünfjahresentwicklung der Ticketverkäufe	104
Abbildung 51:	Ticketverkaufszahlen pro Ticketart.....	105
Abbildung 52:	Ticketverkaufszahlen einer neuen Ticketform während der B7-Sperrung als Indiz für den Pull-Effekt	106
Abbildung 53:	Veränderung der Autonutzungsziele im Längsschnitt der ÖPNV-Tester.....	110
Abbildung 54:	Veränderung der Autonutzungsziele im Längsschnitt der Kontrollgruppe.....	112
Abbildung 55:	Summe der NO ₂ -Jahresmittelwerte 2008 bis 2017 über alle 20 MP in Wuppertal.....	115
Abbildung 56:	Summe der NO ₂ -Jahresmittelwerte 2008 bis 2017 für zehn ausgewählte MP in Wuppertal-Elberfeld	115
Abbildung 57:	Summe der NO ₂ -Monatsmittelwerte über alle MP in Wuppertal....	116
Abbildung 58:	Vorher-Während-Nachher-Analyse der NO ₂ -Monatsmittelwerte über alle MP in Wuppertal	118
Abbildung 59:	NO ₂ -Monatsmittelwerte aller MP im Zeitraum 1 Jahr vor der B7-Sperrung.....	119
Abbildung 60:	NO ₂ -Monatsmittelwerte aller MP im Zeitraum 1 Jahr während der B7-Sperrung mit Veränderung zum Vorjahr an Hand des Medians	119
Abbildung 61:	MP mit Verortung auf einer Karte.....	120
Abbildung 62:	Jahresganglinie der NO _x -Belastung an der Messstation Gathe im Jahres-Vergleich.....	124
Abbildung 63:	Entwicklung der NO _x -Belastung im Vierjahresvergleich	126
Abbildung 64:	Monatliche Anzahl der WR-Veröffentlichungen rund um das Thema B7-Sperrung und Döppersbergumbau (DB-Umbau)	131
Abbildung 65:	Wertungen in den WR-Artikeln zum Thema B7-Sperrung im Zeitverlauf	135
Abbildung 66:	WR-Wertungstendenz im Autorenvergleich	137
Abbildung 67:	Meinungsäußerungen in Leserbriefen der WR zum Thema B7-Sperrung im Zweijahres-Vergleich	138
Abbildung 68:	Monatliche Anzahl der WZ-Veröffentlichungen zum Thema B7-Sperrung und Döppersbergumbau (DB-Umbau).....	141

Abbildung 69: WZ-Wertungstendenzen zum Thema B7-Sperrung im Dreijahres-Vergleich	142
Abbildung 70: WZ-Wertungstendenz im Autorenvergleich	143
Abbildung 71: Anzahl der Kommentare zu Veröffentlichungen zum Thema "B7-Sperrung"	144
Abbildung 72: Artikeltendenzen im Vergleich WR-WZ zu den Themen B7-Sperrung-Döppersbergumbau (DB).....	145
Abbildung 73: Anzahl der Radiobeiträge zum Thema B7-Sperrung in der ersten Sperrungswoche	147
Abbildung 74: Wertungen der Veröffentlichungen im Vergleich	148

Zusammenfassung

Der Umbau des Bahnhofsbereichs am Döppersberg in Wuppertal und die damit verbundene dreijährige Vollsperrung der Hauptverkehrsstraße Bundesstraße 7 (B7) wird in dieser Dissertation als ein urbanes Mobilitätslabor genutzt. Im Rahmen dieses einzigartigen Mobilitätslabors wird untersucht, wie sich eine Verkehrssystemstörung auf die Resilienz des Systems Stadtverkehr auswirkt. Dabei sind die zentralen Fragen:

1. Führt die B7-Sperrung zu einem „Verkehrszusammenbruch“ beziehungsweise wie resilient verhielt sich das System Stadtverkehr?
2. Wie haben sich die Verkehrsteilnehmer angepasst und wie hoch ist die Bedeutung der B7-Sperrung als Auslöser für Verhaltensänderung? Und im Besonderen: Kann eine Push- und Pull-Strategie den Modal Shift fördern und welche Rolle spielt ein Umweltbewusstsein bei der Reduktion der Autonutzung?
3. Kann die Dauer der Sperrung ein geändertes Mobilitätsverhalten so habitualisieren, dass die Verhaltensänderung über den Zeitraum der Sperrung hinaus Bestand hat?
4. Sind die Verkehrsteilnehmer in der Lage, ihr Mobilitätsbedürfnis zu decken, und wie ist eine Erreichbarkeit der gewünschten Ziele sichergestellt?
5. Welche Auswirkungen hat die Verhaltensänderung der Verkehrsteilnehmer auf den Verkehr in Bezug auf Verkehrszustand, -stärke und -sicherheit sowie die Luftqualität?
6. Wie lange dauert es, bis sich ein Normalzustand auf den Umfahungswegen einstellt?
7. Wie ist die Stimmung der Wuppertaler und wann stellt sich ein Normalzustand ein bzw. wann gewöhnen sich die Verkehrsteilnehmer an die Situation mit gesperrter B7?

Insgesamt analysierte diese Arbeit die Auswirkung dieser Sperrung auf ein Konglomerat von zusammenhängenden Systemelementen. Die Herangehensweise zur Ermittlung des Gesamtbildes geschah mit einem Multi-Methoden-Mix. Die empirische Untersuchung der einzelnen Elemente basiert auf der Erhebung und Auswertung von:

- Verkehrsstärken,
- Verkehrslagebildern,
- Ticketkäufen im öffentlichem Personennahverkehr (ÖPNV),
- Medienberichten,
- Leserbriefen und
- Immissionsdaten.

Dazu erfolgte

- die Befragung von Verkehrsteilnehmern,
- die Befragung von Handwerkern und Pflegedienstleistern,
- die Befragung der Polizei Wuppertal und
- eine vertiefte Analyse und Validierung von Verhaltenselastizitäten mittels eines Experiments, bei dem ÖPNV-Freitickets an Autofahrer verteilt wurden.

Zu den wichtigsten Ergebnissen zählt, dass die B7-Sperrung trotz anfangs gegenteiliger Befürchtungen zu keinem Verkehrszusammenbruch führte und die Resilienz des Systems Stadtverkehr dafür verantwortlich zu machen ist. Das Nicht-Eintreffen eines Verkehrszusammenbruchs ist bedingt durch die **Anpassungs-** und **Lernfähigkeit**, die **Robustheit** und die **Gewöhnung** des Systems Stadtverkehr. Das belegt diese Arbeit durch einen speziellen Multi-Methoden-Mix. Das „Mobilitätslabor B7-Sperrung“ zeigt, dass eine Neuorganisation der Mobilität im Sinne einer nachhaltigen Transformation prinzipiell möglich ist. Die B7-Sperrung war ein Auslöser für die Re-Evaluation des eigenen Mobilitätsverhaltens und führte durch Resilienz der Verkehrsteilnehmer zur Optimierung des Mobilitätsverhaltens. Der Lernprozess der Verkehrsteilnehmer hatte zur Folge, dass das Teilsystem Mobilität besser wurde. Es erwies sich sogar als „antifragil“ (d. h. Systeme verbessern sich durch Störungen).

Relativ einfach von den Verkehrsteilnehmern umzusetzende Veränderungen beziehen sich auf die Routen-, Zeit- und Zielwahl. Schwieriger umzuändern ist die Änderung der Verkehrsmittelwahl vom Pkw hin zum Umweltverbund. Der Umstieg auf umweltfreundlichere Verkehrsmittel war möglich und wurde mit Ticketangeboten (Semesterticket, kostenloses Ticket oder „Ab-in-die-City-Ticket“) zusätzlich gefördert. Die Nutzung des Pkws führte zu einer höheren Betroffenheit und einer schlechteren Bewertung der Verkehrssituation – Nutzer des Umweltverbundes fühlten sich weniger betroffen und bewerteten die Verkehrssituation während der B7-Sperrung besser. Gesamtstädtisch ist die NO₂-Konzentration im Zeitraum der B7-Sperrung um

rund 2 % gestiegen und nach Wiedereröffnung gesunken. Die Zu- und Abnahmen der NO₂-Werte kongruieren mit den Zu- und Abnahmen der Verkehrsstärken. Dies kann darauf hindeuten, dass sowohl die Sperrung als auch die Wiedereröffnung einen Effekt auf die Luftqualität haben könnten. Insgesamt wird mit dieser Analyse deutlich, dass durch die B7-sperrungsbedingte Verhaltensänderung eine Wechselwirkung innerhalb des Mensch-Umwelt-Systems stattfand. Die Verkehrssicherheit hat sich nach Angaben des Experten für Unfallprävention in Bezug auf Unfallhäufungsstellen nicht wesentlich verändert. Lediglich „kleinere“ Unfälle mit Sachschaden sind in der Anfangsphase und an Bereichen mit geänderter Verkehrsführung häufiger vorgekommen. Das Interesse der lokalen Medien ließ parallel zur Eingewöhnung nach. Je mehr sich die Verkehrsteilnehmer mit der Sperrung abfanden, desto schwächer fiel auch der öffentliche Diskurs über die B7-Sperrung aus.

Die Forschungsarbeit zeigt einen in den Verkehrswissenschaften neuartigen Ansatz, Verhaltensbeobachtungen während eines widrigen Ereignisses durchzuführen und messbar zu machen. Die Forschungsergebnisse sind bedeutend für die zukünftige Stadt- und Verkehrsplanung, da sie die Resilienz des Systems Stadtverkehr bei dieser Ausnahmesituation zeigt. Darauf aufbauend lässt sich mit dieser Arbeit belegen, dass nachhaltige Transformationsprozesse im Verkehr im Hinblick auf die Autonutzung gestaltbar sind – eine wichtige Erkenntnis mit hoher Bedeutung für die Raum- und Verkehrsplanung.

Abstract

The reconstruction of the main station quarter at the Döppersberg in Wuppertal and the associated three-year full closure of the main road Federal Highway 7 (B7) are leveraged in this dissertation as an urban mobility laboratory. This unique mobility lab examines how a traffic disruption affects the resilience of a city transport system. The research of this dissertation focuses on the following questions:

1. Did the B7 closure lead to a "traffic collapse" and how resilient was the urban transport system?
2. How have the road users adapted and which extend does the B7 road closure trigger a behavioral change? Specifically: Can a push- and pull-strategy promote modal shift, and which role does environmental awareness play in reducing car use?
3. Can the duration of the closure habituate a changed mobility behavior which exceed the duration of the closure?
4. Are the road users able to meet their mobility needs and how is the accessibility of the desired destinations ensured?
5. What is the impact of road users' behavioral change on traffic conditions, volumes as well as air quality?
6. How long does it take on bypass routes to get back to normal traffic conditions?
7. What is the mood of the population of the affected city and when does the situation get back to normal, respectively when do the road users accommodate to this situation?

This research work is intended to analyze the impact of this disruption on a conglomeration of contiguous system elements. The approach of determining the overall outcome was done using a multi-method-mix. The investigation of the individual elements is based on the collection and evaluation of:

- traffic volumes,
- traffic images,
- ticket sales in public transport,

- media reports,
 - letters to the editor,
 - immission.

The data collection was conducted via:

- surveys of road users,
- surveys of craftsmen and service providers,
- interview with the Wuppertal police department regarding traffic safety,
- an experiment for in-depth analysis and validation of behavioral elasticities with the distribution of public transport free tickets to motorists.

Among the key findings of this work is that the B7 closure, despite adverse concerns, has not caused a traffic collapse and this can be related to the resilience of the city traffic system. The non-occurrence of a traffic collapse is due to the **adaptability** and **learning ability**, the **robustness** and the **habituation** of the city traffic system. This is underpinned by the special multi-method mix. The "Mobility Laboratory B7 closure" shows that a reorganization of mobility in the sense of a sustained transformation is possible in principle. The B7 suspension triggered a re-evaluation of mobility behavior and led to the optimization of mobility behavior through the resilience of road users. The learning process of the road users had the consequence that the subsystem mobility has improved and even proved to be "antifragile".

Changes which are relatively easy to implement relate to route, time and destination choices, and it is more difficult to change the choice of transport from the car to the "Umweltverbund" (public transportation, foot and bicycle traffic). The switch to more environmentally friendly means of transport was possible and was additionally promoted with ticket offers (semester ticket, free ticket or "Ab-in-die-City-Ticket").

The use of the car led to a higher level of concern and a more negative assessment of the traffic situation – users of the environmental-friendly transportation felt less affected and rated the traffic situation better during the B7 closure. Overall, the NO₂ concentration during the period of the B7 closure increased by around 2% and dropped after the reopening. There have been areas where levels have both gone up and down. This may indicate that both the closure and reopening could have an effect on air quality. Overall, this analysis reveals that the B7-closure behavioral change interrelated to the human-environment system.

Traffic safety has not essentially changed with regard to accident collision points. Only "minor accidents" with property damage accidents occurred more frequently in the initial phase and in areas with changed traffic management. The interest of the local media declined in parallel with the acclimation. The more the road users came to terms with the suspension, the weaker the public discourse about the B7 blockage was.

The research shows a new approach in the field of traffic science to conduct and measure behavioral observations during an adverse event. The research results are important for future urban and transport planning, as it shows the resilience of the urban transport system in this exceptional situation. Building on this, this work proves that transformation processes in traffic with regard to the car use can be designed. This is an important insight for sustainable development needs and is very important for urban and traffic planning.