

BPV Consult GmbH

Löhrstraße 113
56068 Koblenz

Tel +49 (0)261 2016500
Fax +49 (0)261 20165099
Mail dialog@bpv-consult.de
Web www.bpv-consult.de

Geschäftsführer
Dr. Christoph Zimmer

Sitz der Gesellschaft
Amtsgericht Koblenz
5 HRB 6685

MOBILITÄTSDATENMODELL HAGEN

Grundlagen & Konzeption als Beitrag zum Masterplan „Nachhaltige Mobilität“

Endbericht



Stand: 27. Juli 2020

BPV-Projektdaten

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

Projektnummer	93004	Bereich	Nachfrage & Prognose
Projekttitlel	Mobilitätsdatenmodell Hagen		
Untertitel	Grundlagen und Konzeption		
Projektleiter	Dr. Ch. Zimmer	Weitere Bearbeiter	Burkhard Pohl



Autor/Bearbeiter

Nr.	Name, Vorname, Funktion	Bearbeiterkürzel
1	Zimmer, Christoph, GF	chz
2	Pohl, Burkhard, BL	BP
3	Evers, Dominik, IT-Services	DE

Version Text

Nr.	Kapitel	Datum	Bearbeiterkürzel
1	alle	28.06.2020	chz, BP, DE
1.1	alle (Ergänzung Kap. 2.5, einfache Korrekturen)	27.07.2020	chz, DE

Version Anlagen

Nr.	Anlage	Datum	Bearbeiterkürzel
1	DTV-Monatswerte ausgewählter Autobahnquer-schnitte im Raum Hagen	27.07.2020	BP

Kontakt

BPV Consult GmbH

Dr. Christoph Zimmer, Geschäftsführer

Löhrstraße 113

56068 Koblenz

Tel +49 (0)261 · 20 16 50 - 0

Fax +49 (0)261 · 20 16 50 - 99

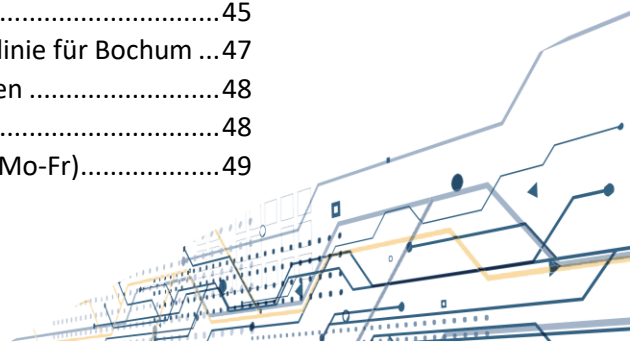
Mail christoph.zimmer@bpv-consult.de





Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung	7
1.1.	Ausgangslage und Aufgabenstellung	7
1.2.	Auftragsgegenstand, Datengrundlage und Methodik	8
1.3.	Hergang der Untersuchung	8
2.	Integration der ODM-Daten in das Verkehrsmodell HA.....	10
2.1.	Verkehrsmodell Hagen im Status quo	10
2.1.1.	Aufbau des Verkehrsmodells	10
2.1.2.	Merkmale von VISEM im Hagener Verkehrsmodell	10
2.1.3.	VISUM-Verkehrsmodell Hagen	12
2.2.	Randbedingungen aus der Datengrundlage der Mobilfunkdaten	13
2.3.	Netzzuschnitt ODM-Daten und Verkehrsmodell HA.....	16
2.4.	Integration der ODM-Daten in das Verkehrsmodell.....	17
2.5.	Erstbewertung der ODM-Daten	20
3.	Ausgewählte Ergebnisse zu Quell-Ziel-Relationen	24
3.1.	Einführung.....	24
3.2.	Stadtgebiet Hagen – Gesamtschau	24
3.3.	Stadtgebiet Hagen – Stadtbezirke.....	25
3.4.	Stadtgebiet Hagen – Statistische Bezirke.....	28
3.5.	Mobilitätsdatenmodell Hagen auf Basis von ODM-Daten	29
3.5.1.	ODM-Daten als Basisdaten für den motorisierten Verkehr	29
3.5.2.	Kfz-Verkehrsmodell – Kordon-überschreitender Verkehr.....	31
3.5.3.	Kfz-Verkehrsmodell Binnenverkehr.....	32
3.5.4.	Verkehrsmodell ÖPNV	32
4.	Eignung der ODM-Daten für das Verkehrsmodell HA	34
4.1.	Grundlagen und Analysedesign	34
4.2.	Erklärung des Quellverkehrs	34
4.2.1.	Erklärung mittels Einwohnerdaten.....	34
4.2.2.	Erklärung mittels Anzahl der Kfz.....	35
4.2.3.	Erklärung mittels Anzahl der privaten Pkw	36
4.2.4.	Ergebnis der Erklärungsansätze für den Quellverkehr	37
4.3.	Erklärung Stadt-Umland-Verkehr durch Pendlerverflechtungen	37
4.3.1.	Datengrundlagen und Erklärungsansatz.....	37
4.3.2.	Entwicklung der Pendlerverflechtungen 2013 bis 2018.....	37
4.3.3.	Entwicklung der Verkehrsleistung der Pendler	38
4.3.4.	Abgleich mit den Kordon-übergreifenden Verkehren.....	40
5.	Aufbereitung und Nutzung stundenbezogener ODM-Daten	42
5.1.	Aufbereitung der stundenbezogenen ODM-Daten	42
5.2.	Stundenbezogene Auswertungen der ODM-Daten im Vergleich	42
5.3.	Tagesganglinien und Wochentage	45
5.4.	Plausibilisierung der Daten am Beispiel der SrV-Tagesganglinie für Bochum ...	47
5.5.	Andere dynamische Daten des Kfz-Verkehrs im Raum Hagen	48
5.5.1.	Einführung	48
5.5.2.	Entwicklung des Kfz-Verkehrs 2015 - 2018 (DTV Mo-Fr).....	49

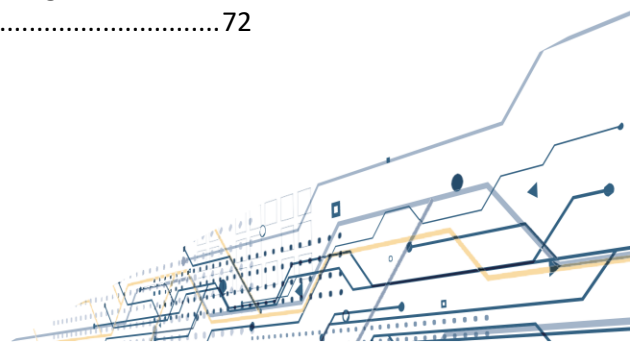




5.5.3.	Schwerverkehr	50
5.5.4.	Kfz-Verkehr (DTV Mo-Fr) abzüglich Schwerverkehr	50
5.5.5.	Entwicklung des Kfz-Verkehrs im Raum Hagen auf monatl. Basis	51
5.5.6.	Stundenwerte an ausgewählten Autobahnquerschnitten	52
6.	Abbildung von Quelle-Ziel-Relationen mit ODM-Daten	53
6.1.	Einführung	53
6.2.	Mobilitätsströme im Durchgangsverkehr	53
6.2.1.	Analyse der wichtigen Mobilitätsströme	53
6.2.2.	Hagen tangierende Mobilitätsströme im Durchgangsverkehr	59
6.3.	Mobilitätsströme im Quell- und Zielverkehr	62
6.3.1.	Analyse der wichtigen Mobilitätsströme (Top 10)	62
6.3.2.	Analyse der zentrumsbezogenen Mobilitätsströme	63
6.4.	Binnenverkehr	64
6.4.1.	Zentrumsbezogene Mobilitätsströme – Einzelne Verkehrszellen	64
6.4.2.	Zentrumsbezogenen Mobilitätsströme – Aggreg. Verkehrszellen	65
7.	ODM-Daten für das Mobilitätsdatenmodell HA - Ergebnisse	67
7.1.	Strategische Planungsaufgaben mit ODM-Daten	67
7.2.	Nutzung von ODM-Daten für operative Teilaufgaben	69
7.2.1.	Motorisierter Individualverkehr	69
7.2.2.	Ruhender Verkehr, Parken in der Innenstadt / Mittelstadt	70
7.3.	ODM-Daten für die Nahverkehrsplanung	70
7.4.	Planung von Fahrrad- und Fußgängerverkehr mit ODM-Daten	71
7.5.	Einsatz von ODM-Daten zur Umsetzung des Masterplans	71
7.5.1.	Einführung	71
7.5.2.	Maßnahmenpaket „Hagen lenkt um“	72
7.5.3.	Maßnahmenpaket „Hagen bewegt“	73
8.	Schlussbetrachtung	74

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Tagesbezug des ODM-Datensatzes	14
Tab. 2:	Beschreibung der Datenfelder	14
Tab. 3:	Anzahl der enthaltenen Datensätze und Wege	15
Tab. 4:	ODM-Werte und Einwohnerzahlen nach Bezirken	28
Tab. 5:	Eckdaten Durchgangsverkehr mit > 3.000 Bewegungen/Tag	55
Tab. 6:	Eckdaten Durchgangsverkehr mit 2.000 – 3.000 Bewegungen/Tag	56
Tab. 7:	Eckdaten Durchgangsverkehr mit 1.500 – 2.000 Bewegungen/Tag	57
Tab. 8:	Eckdaten Durchgangsverkehr mit 1.000 – 1.500 Bewegungen/Tag	58
Tab. 9:	Eckdaten Quellverkehr und Zielverkehr > 500 Bewegungen/Tag	62
Tab. 10:	P+R-Angebot in Hagen	72





Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: MTC500 Übersicht BRD	15
Abb. 2: MTC500 Region Stadt Hagen, Di 7 Uhr 92 Wege	15
Abb. 3: Verkehrsnetz Hagen im Vergleich	16
Abb. 4: MTC500-Netz im Vergleich	16
Abb. 5: Überlagerung beider Netze im Innenstadtbereich von Hagen	17
Abb. 6: Datenintegration – Ausgangslage	18
Abb. 7: Datenintegration – Zellaufteilung	18
Abb. 8: Datenintegration – Zuordnung der Wege in „geschnittenen“ Zellen	19
Abb. 9: Datenintegration – Verfeinerung der Umrechnung	20
Abb. 10: Erfasste Wege über der Luftlinie der Zellmittelpunkte	21
Abb. 11: Erfassten Wege über der Luftlinie der Zellmittelpunkte < 20 km	21
Abb. 12: Erfasste Wege über der realen Distanz der Zellmittelpunkte	22
Abb. 13: Erfasste Wege über der realen Distanz der Zellmittelpunkte < 20 km	22
Abb. 14: Summen der erfassten Wege über Entfernungsintervallen < 42 km	23
Abb. 15: ODM-Daten Stadtgebiet Hagen – Tageswerte	24
Abb. 16: IV-Pkw-Matrix Stadtgebiet Hagen – Tageswerte	25
Abb. 17: ODM-Werte Stadtbezirk Mitte	26
Abb. 18: ODM-Werte Stadtbezirk Nord	26
Abb. 19: ODM-Werte Stadtbezirk Hohenlimburg	26
Abb. 20: ODM-Werte Stadtbezirk Eilpe / Dahl	27
Abb. 21: ODM-Werte Stadtbezirk Haspe	27
Abb. 22: ODM-Werte im Vergleich der Bezirke	27
Abb. 23: ODM-Werte absolut nach Statistischen Bezirken	28
Abb. 24: ODM-Werte relativ nach Statistischen Bezirken	29
Abb. 25: Erklärungsansatz Quellverkehr als Funktion der Einwohnerzahl	34
Abb. 26: Regressionsanalyse Quellverkehr und Einwohnerzahl	35
Abb. 27: Erklärungsansatz Quellverkehr als Funktion der Kfz-Verteilung	35
Abb. 28: Regressionsanalyse Quellverkehr und Kfz-Verteilung je statistischem Bezirk	35
Abb. 29: Erklärungsansatz Quellverkehr als Funktion der Anzahl privater Pkw	36
Abb. 30: Regressionsanalyse Quellverkehr und Anzahl privater Pkw	36
Abb. 31: Entwicklung wichtigste Pendlerverflechtungen	37
Abb. 32: Vergleich der Entwicklungsdynamik der Pendlerverflechtungen (2013 = 100)	38
Abb. 33: Entwicklung Verkehrsleistung Pendlerverflechtungen	38
Abb. 34: Entwicklungsdynamik Verkehrsleistung Pendlerverflechtungen.	39
Abb. 35: Kordon-übergreifendes Verkehrsaufkommen und Pendlerverflechtungen	39
Abb. 36: Regressionsanalyse Verkehrsaufkommen und Pendlerverflechtungen	39
Abb. 37: Verkehrsmengen Außenkordon Hagen (SVZ 2015)	40
Abb. 38: Verkehrsmengenkarte NRW, Ausschnitt Hagen	41
Abb. 39: Streudiagramm der Stundenwerte über den Tageswerten	42
Abb. 40: Streudiagramm ausgewählter Stundenwerte über den Tageswerten	43
Abb. 41: Datenmengenvergleich für Tageswerte und Stundenwerte	44
Abb. 42: Verteilung der Anzahl der Datensätze mit Stundenwerten	45
Abb. 43: Tagesganglinie Gesamtmobilität Hagen absolut	45
Abb. 44: Tagesganglinie für Hagen n. Stundengruppen und Wochentagen	46
Abb. 45: Tagesganglinie ODM-Daten 2019 Hagen vs. SrV 2013 Bochum	47
Abb. 46: DTV-Jahreswerte Kfz-Verkehr im Vergleich für 4 Autobahnquerschnitte	49

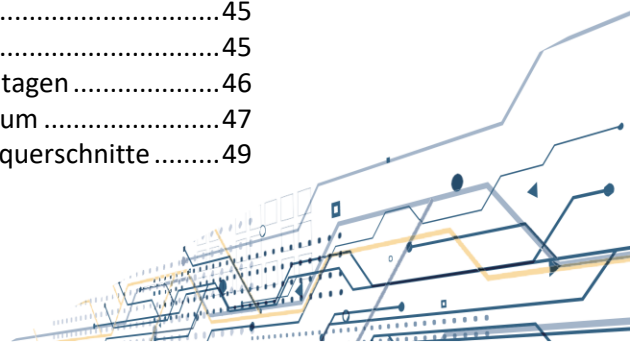




Abb. 47: DTV-Jahreswerte Schwerverkehr für 4 Autobahnquerschnitte.....	50
Abb. 48: DTV-Jahreswerte Anteilswerte Schwerverkehr für 4 Autobahnquerschnitte ...	50
Abb. 49: DTV-Jahreswerte Kfz ohne Schwerverkehr für 4 Autobahnquerschnitte.....	51
Abb. 50: Autobahn A1, HA-Vorhalle, Tagesganglinie 15.-19.06.2015	52
Abb. 51: Autobahn A1, HA-Vorhalle, Tagesganglinie 18.-22.06.2015.....	52
Abb. 52: Wesentliche Mobilitätsströme im Durchgangsverkehr (Außenverkehr).....	54
Abb. 53: Durchgangsverkehr (Außenverkehr) mit > 3.000 Bewegungen/Tag	55
Abb. 54: Durchgangsverkehr (Außenverkehr) mit 2.000 – 3.000 Bewegungen/Tag	57
Abb. 55: Durchgangsverkehr (Außenverkehr) mit 1.500 – 2.000 Bewegungen/Tag	58
Abb. 56: Durchgangsverkehr (Außenverkehr) mit 1.000 – 1.500 Bewegungen/Tag	59
Abb. 57: Routenwahl im Individualverkehr von Wetter nach Herdecke	61
Abb. 58: Zentrumsbezogene Quell- und Zielverkehrsströme im Stadt-Umland-Verkehr	63
Abb. 59: Verteilung zentrumsbez. Quell- und Zielverkehre im Stadt-Umland-Verkehr...	64
Abb. 60: Zentrumsbezogene Quell- und Zielverkehre im Binnenverkehr.....	65
Abb. 61: Verteilung zentrumsbezogener. Quell- und Zielverkehre.....	65



1. Einführung

1.1. Ausgangslage und Aufgabenstellung

Der Fachbereich Stadtentwicklung, -planung und Bauordnung der Stadt Hagen arbeitet derzeit mit einem VISUM-Verkehrsmodell der PTV AG. Das Modell wurde bis dato mittels stichtagsbezogener Erhebungen sowie durch Daten der statischen Messstellen des Verkehrsmanagementsystems im Ruhrgebiet („Ruhrpilot“) in ausgewählten Straßenquerschnitten regelmäßig kalibriert. Es entspricht damit dem heute im Allgemeinen bei vielen Kommunen etablierten Standard.



Der Ruhrpilot wurde mittlerweile in die Verkehrszentrale von Straßen NRW eingegliedert, für welche das Verkehrsministerium NRW zuständig ist. Mittlerweile nutzt die Verkehrszentrale ein Mobilitätsmodell, welches durch stationäre Messstellen kalibriert wird. Wegen kostenintensiver Anpassungen am System hat sich das Ministerium entschieden, nur noch für eigene Zwecke Messstellen vorzuhalten. Seitdem liefern die Messstellen des nachgeordneten Netzes keine Daten mehr.

Den Städten des Ruhrgebiets wurde es freigestellt, die Messstellen im jeweiligen Stadtgebiet zu übernehmen; Hagen hat von dieser Option Gebrauch gemacht. Damit sind die diesbezüglich permanent generierten Daten auch dauerhaft verfügbar. Gleichwohl soll diese Primärdatenquelle um andere, möglichst aktuelle Daten erweitert werden, um in der Gesamtschau eine bessere Einschätzung der Verkehrsströme in Hagen zu erhalten.

Schon bisher wurde zwar mit der lfd. Kalibrierung des Verkehrsmodells regelmäßig eine plausible Darstellung der Belastung im motorisierten Verkehr nach Straßenabschnitten (Verkehrsumlegung) erreicht; die Qualität der Umlegung ging jedoch gleichermaßen zu Lasten der Plausibilität der im Modell hinterlegten Verkehrserzeugung und Verkehrsverteilung. Damit konnten aktuelle Fragen zur Verkehrsbelastung in der strukturellen Gesamtschau nicht mehr befriedigend beantwortet werden. Beispielfhaft zu nennen sind folgende Fragen:

- ▶ Wie stark sind die Ströme des Durchgangsverkehrs mit Berührung des innerstädtischen Straßennetzes?
- ▶ Welche Verkehrsbelastungen im innerstädtischen Straßennetz können realistischer Weise verlagert werden?
- ▶ Welche Verkehrsanteile können auf umweltfreundliche Verkehrsarten bzw. den Umweltverbund verlagert werden?

Diese und ähnliche Anforderungen sind systematisch im Masterplan „Nachhaltige Mobilität“ (pwc-Gutachten aus 2018) formuliert worden. Vordringliche Aufgabenstellung ist demnach die Minderung der sehr hohen städtischen Luftschadstoffbelastungen in der Innenstadt sowohl auf dem Märkischen Ring als auch auf dem Graf-von-Galen-Ring. Dort wurden zuletzt regelmäßig Überschreitungen der zulässigen Grenzwerte für Stickstoffdioxid (NO₂) von 40 µg/m³ festgestellt. Wegen der Betroffenheit von rd. 24.000 Einwohnern muss das allein schon als zwingend für notwendige Minderungsmaßnahmen eingeschätzt werden.

Auf der Grundlage des Beschlusses des Stadtrats von Hagen am 12.07.2018 über die Umsetzung des Masterplans „Nachhaltige Mobilität“ ist es nunmehr das vorrangige Ziel der Verwaltung, die planerischen Grundlagen durch Aufbau eines umfassenden Mobilitätsdatenmodells sicherzustellen.





1.2. Auftragsgegenstand, Datengrundlage und Methodik

Die Stadt Hagen hat für den Aufbau eines umfassenden Mobilitätsdatenmodells Fördermittel akquirieren können. Dies erfolgte unter der Bedingung, dass zukünftig zu entwickelnde Maßnahmen zielgenau und effektiv auf der Grundlage eines möglichst umfassenden Mobilitätsdatenmodells begründet werden. Als solches erscheinen Mobilitätsdaten, die auf der Grundlage von Echtzeit-Bewegungsdaten generiert wurden, besonders geeignet. Zusätzlich und in einem weiteren Schritt werden „Floating Car Data“, wie sie u.a. mittels GPS-Daten erzeugt werden können, als möglicher Dateninput gesehen.

Zentrale Annahme ist dabei die Einschätzung, dass durch die Analyse der tatsächlichen Verkehrsströme auf Grundlage von Echtzeit-Bewegungsdaten ein besseres Verständnis des Verkehrs in Hagen erreicht werden kann. Dies wiederum erlaubt dann die zielgerichtete Anpassung des Verkehrsangebots und des Verkehrsmanagements auf Basis der tatsächlichen und potentiellen Nachfrage.

Im Zuge einer entsprechenden Ausschreibung hat die T-Systems International GmbH (TSI) als Auftragnehmer der Stadt Hagen entsprechend aufbereitete Daten des Mobilfunks als Lösungsansatz angeboten. Das Angebot von TSI umfasste dabei 2 Komponenten:

- ▶ Lieferung der Daten der Motionlogic GmbH
- ▶ Beauftragung der BPV Consult GmbH als unabhängige Gutachter.

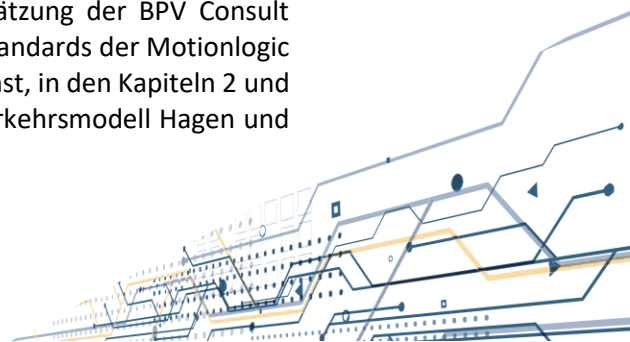
Mit dieser Aufteilung der Leistungen von TSI in 2 Teilleistungen wurde zum einen sichergestellt, dass die durch die Motionlogic GmbH für die Aufbereitung von Echtzeit-Bewegungsdaten des Mobilfunks entwickelten Standards gewährleistet sind. Gleichzeitig ist mit der Beauftragung der BPV Consult GmbH als unabhängige Gutachter eine Prüfung der Daten mit konkretem Blick auf die Gegebenheiten und Anforderungen im heutigen Verkehrsmodell der Stadt Hagen sichergestellt worden.

Im Ergebnis wird damit die Evaluierung der Möglichkeiten für den Aufbau eines umfassenden Mobilitätsdatenmodells nach den Erfordernissen der Verkehrsplanung bzw. der etablierten Standards von unabhängiger Seite bereitgestellt. Diese Prüfung und Bewertung ist ausgerichtet auf die Anforderungen aus dem Masterplan „Nachhaltige Mobilität“, berücksichtigt aber auch die dazu nunmehr in der Umsetzung seitens der Verwaltung erforderlichen Planungsaktivitäten ganz konkret.

Im Ergebnis muss sichergestellt werden, dass nicht nur die Anforderungen des Masterplans in konzeptioneller Hinsicht erreicht werden können; vielmehr muss auch sichergestellt sein, dass die in vielen Standards und Regelwerken sowie gegebenen fachplanerischen Standards gleichermaßen erfüllt bzw. nach Möglichkeit sogar übertroffen werden können. Denn wie einleitend herausgearbeitet wurde, können mit dem gegebenen Verkehrsmodell der Stadt Hagen die vorgenannten Ziele nicht erreicht werden.

1.3. Hergang der Untersuchung

Mit dem vorliegenden Dokument wird die gutachterliche Einschätzung der BPV Consult GmbH zur Eignung der Mobilitätsdaten des Mobilfunks nach den Standards der Motionlogic GmbH dokumentiert. Der Bericht ist zweigeteilt und umfasst zunächst, in den Kapiteln 2 und 3, die Integration der Mobilfunkdaten (sog. ODM-Daten) in das Verkehrsmodell Hagen und



erste Ergebnisse zu Quell-Ziel-Matrizen sowie dann in Kapitel 4 die Prüfung der Eignung der ODM-Daten im Modell selbst.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

Diese Eignungsprüfung richtet sich zunächst an die Kernfunktion des Verkehrsmodells, nämlich die Abbildung des Verkehrsgeschehens in der Stadt Hagen an einem typischen Werktag zu Schulzeiten. Damit wird derjenige Netzzustand abgebildet, der regelmäßig wiederkehrend die benannten, zu hohen Luftschadstoffemissionen im Bezirk Mitte generiert.



Dabei erfolgt der Blick auf zentrale Defizite der heutigen Modellierung, wie sie zuvor bereits adressiert wurden und wie sie weiterhin in der Leistungsbeschreibung dargestellt sind. Demnach sind folgende Teilfragen gleichermaßen zu evaluieren:

- ▶ Können die einbrechenden Verkehrsanteile, insbesondere diejenigen mit längeren Reiseweiten besser abgebildet werden?
- ▶ Können die Mobilfunkdaten als Echtzeitdaten den tatsächlichen Verkehrsfluss im Straßenverkehr von Hagen besser abbilden?
- ▶ Können die Mobilfunkdaten die tatsächliche und die potentielle Nachfrage besser abbilden?
- ▶ Können aus den Mobilfunkdaten begründete Strategien zur Schaffung von alternativen Verkehrsangeboten abgeleitet werden?

Teil 1 der Berichterstattung liefert im Ergebnis eine Aussage, wie das gesuchte, umfassende Mobilitätsdatenmodell mit den Echtzeitdaten des Mobilfunks im VISUM-Modell der Stadt Hagen konkret implementiert werden kann

In Teil 2 der Berichterstattung folgt dann Kapitel 5 mit der Bewertung der Eignung der Daten zur Modellierung speziellerer bzw. detaillierter Aufgabenstellungen, wie sie insbesondere in spezifischen Zeitlagen (z. B. morgens oder nachmittags in der Hauptverkehrszeit, HVZ) oder an ausgewiesenen Orten bzw. Netzelementen regelmäßig zu bearbeiten sind.

Kapitel 6 richtet sich dann an die Fragestellung, ob und inwieweit mit dem (neuen) Mobilitätsdatenmodell auch alternative Angebote und Strategien identifiziert und begründet werden können.

Kapitel 7 beantwortet dann eine ganze Reihe von Fragen, wie sie mit der Leistungsbeschreibung und Aufgabenstellung seitens der Stadtverwaltung Hagen an den Gutachter mitgegeben wurden.

In der Summe wird begründet dargestellt, dass damit eine umfassende Neuorientierung im Verständnis der Verkehrsmodellierung notwendig wird, die jedoch alle genannten Anforderungen weitgehend und mit erheblicher Verbesserung der Qualität der Planung möglich macht.



2. Integration der ODM-Daten in das Verkehrsmodell HA

2.1. Verkehrsmodell Hagen im Status quo

2.1.1. Aufbau des Verkehrsmodells



Zentrale Grundlage für das Verkehrsmodell Hagen ist das Aktivitätenketten-basierte Modell **WISEM** aus der Programmfamilie VISUM der PTV AG. WISEM ist ein disaggregiertes verhaltenensorientiertes Verkehrsnachfragemodell unter Einbeziehung sozio-demografischer Daten. Es besteht aus den folgenden Schritten des sog. 4-Stufen-Algorithmus der Verkehrsplanung:

- ▶ Verkehrserzeugung (Berechnung des „Heimataufkommens“)
- ▶ Verkehrsverteilung (Bestimmung der Wegeziele)
- ▶ Verkehrsaufteilung (Moduswahl)

Der in der Verkehrsplanung erforderliche vierte Schritt der Verkehrsumlegung wird dann durch VISUM vorgenommen.

Die ersten drei Schritte wurden für die Stadt Hagen über das Tool WISEM vor etlichen Jahren durch einen externen Dienstleister erstellt. Der vierte Schritt unter Einsatz des Tools VISUM kann durch die Stadt selbst in der täglichen Arbeit (entsprechend den jeweiligen Anforderungen) vorgenommen werden.

2.1.2. Merkmale von WISEM im Hagener Verkehrsmodell

Ein zentrales Merkmal von WISEM ist die Unterscheidung von Personengruppen bei den Inputdaten; dabei erfolgt üblicher Weise eine Klassifizierung wie folgt.

Personengruppen (> 10 Jahre)

- ▶ EmP Erwerbstätige mit Pkw
- ▶ EoP Erwerbstätige ohne Pkw
- ▶ NEmP Nichterwerbstätige mit Pkw
- ▶ NEoP Nichterwerbstätige ohne Pkw
- ▶ AZUBI Auszubildende
- ▶ Stud Student
- ▶ Sch>18 Schüler größer 18 Jahre
- ▶ Sch<18 Schüler kleiner 18 Jahre

Ermittlung der Personengruppen

Diese Personengruppen werden wie folgt ermittelt. **Zentrale Grundlage** sind

- ▶ Daten der städtischen Statistik
- ▶ Daten mit kontinuierlicher Fortschreibung (aktueller Datenstand 2019)

Insbesondere für die Daten zur **Wohnbevölkerung** gilt:

- ▶ ... liegen nach Alter und Geschlecht vor



- ▶ ...liegen für statistische Bezirke vor
- ▶ ...können auf die Ebene der Verkehrsbezirke transformiert werden.



Für **Schüler** und **Schulplätze** gilt:

- ▶ Schulplätze sind bekannt und können auf Ebene der Verkehrsbezirke transformiert werden.

Erwerbstätigkeit/ Nichterwerbstätigkeit:

- ▶ Die Ermittlung und Zuordnung der Erwerbstätigkeit erschließt sich aus den vorliegenden Datengrundlagen nicht.

Die **Pkw-Nutzung** bzw. Angaben zu **Personengruppen mit bzw. ohne Pkw** werden wie folgt gebildet:

- ▶ Grundlage bilden städtische Angaben zu Pkw-Zulassungszahlen auf Ebene der statistischen Bezirke (Datengrundlage 2014).
- ▶ Es wird das Produkt aus Einwohnerzahlen und Motorisierungsgrad gebildet (auf 2019 hochgerechnet).
- ▶ Es erfolgt eine Transformation auf die Verkehrsbezirke.

Eine Berücksichtigung der jährlichen Fahrleistungen erfolgt offensichtlich nicht. In den zurückliegenden Jahren sind die durchschnittlichen jährlichen Pkw-Fahrleistungen rückläufig; dazu gibt es neueres Datenmaterial. Eine Anpassung erscheint insofern begründet.

Beispiel für die aktuelle Datenlage für den Verkehrsbezirk 101:

* VZ	Name	EW>=10	PrivG	Arbeit	Einkauf	Freizeit	Schule	BerSch	FH	EmP	EoP	NEmP	NEoP	Sch	AZU	STD
101	101	464	5973	1617	403	18	0	0	0	#101	#59	#74	#155	#49	#15	#11

Ergebnisse der Personengruppen für die gesamte Stadt:

PersGr	EmP	EoP	NEmP	NEoP	Sch	AZUBI	Stud
Anteil	32,06%	7,80%	23,74%	20,41%	10,52%	3,13%	2,34%

Zuordnung Aktivitätenketten

Den auf diese Weise ermittelten Personengruppen werden Aktivitäten zugeordnet, z. B.:

- ▶ WAW Wohnen – Arbeiten – Wohnen
- ▶ WAEWohnen – Arbeiten – Einkaufen – Wohnen
- ▶ ...viele weitere

Für jede dieser Aktivitätenketten gibt es prozentuale Wahrscheinlichkeiten. Die Listen von Aktivitätenketten der Mobilität bestimmter Personengruppen stammen vielfach noch aus äl-



teren Untersuchungen wie z. B. KONTIV 89 (EMNID 1991). Diese mittlerweile veraltete Datengrundlage könnte u. U. auch für Hagen Anwendung gefunden haben. Sie bilden regelmäßig nicht (mehr) das reale Verkehrsgeschehen heute ab.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



2.1.3. VISUM-Verkehrsmodell Hagen

Verkehrsbezirke

Die Verkehrsbezirksstruktur besteht aus 161 Verkehrszellen, 112 Binnen- und 49 Umlandzellen mit folgender Zuordnung:

- ▶ Stadt Hagen – Stadtbezirk Mitte: Zellen 101 bis 140
- ▶ Stadt Hagen – Stadtbezirk Nord: Zellen 201 bis 219
- ▶ Stadt Hagen – Stadtbezirk Hohenlimburg: Zellen 301 bis 322
- ▶ Stadt Hagen – Stadtbezirk Eilpe/Dahl: Zellen 401 bis 416
- ▶ Stadt Hagen – Stadtbezirk Haspe: Zellen 501 bis 515
- ▶ Umland Zellen 601 bis 649

Einsatzgrenzen des Hagener Verkehrsmodells

Nach Prüfung der Gegebenheiten im Modell und Gegenüberstellung der aus vielen Projekten bekannten Praxis, nicht zuletzt aber in Gegenüberstellung zu den (mittlerweile) verfügbaren Datengrundlagen und der übergeordneten Zielvorgabe kann Folgendes zu den Einsatzgrenzen des Hagener Verkehrsmodells festgestellt werden:

a) Langzeitverwendung von Matrizen

Das entscheidende Problem liegt darin, dass die seinerzeit über VISEM erstellten Verkehrsmatrizen mittlerweile „in die Jahre gekommen sind“. Das hat zur Folge, dass die Qualität der Umlegungen mit zunehmender Zeit tendenziell immer schlechter wird.

Zwar kann man über das in VISUM enthaltene Tool **VStromFuzzy** Nachfragematrizen fort-schreiben, korrigieren bzw. auch kalibrieren und auf diese Weise an real erhobene Zählwerte anpassen. Eine permanente Veränderung von Nachfragematrizen führt jedoch auf lange Sicht letztlich zu einer dauerhaften Verfälschung der Matrixstrukturen.

b) Heimatverkehrsaufkommen

Das Verkehrsaufkommen kann mit dieser Methode der Verkehrserzeugung im Wesentlichen für in Hagen wohnhafte und beheimatete Personen ermittelt werden („Heimatverkehrsaufkommen“). Personengruppen, die in Hagen nicht wohnhaft sind, hier aber verkehrliche Aktivitäten hervorrufen, werden hingegen nicht oder nur unzureichend erfasst.

Letztlich müssen diese Verkehre im Status quo basierend auf geschätzten Annahmen modelliert werden. Gleiches gilt ganz allgemein für alle Durchgangsverkehre. Durchgangsverkehre auf Autobahnen werden nicht selten erst nach Beendigung der Matrixerstellung bearbeitet, um bestehende Matrizen mit fehlenden Verkehren an wenigen Kordonpunkten gezielt „aufzufüllen“.





c) Verkehrsbezirksstruktur

Die Verkehrsbezirksstruktur im Stadtgebiet spiegelt die Stadtbezirksstruktur sowie die Struktur der statistischen Bezirke wider. Die Kompatibilität mit der im Hagener Bevölkerungsatlas enthalten Zellstruktur, wonach die statistischen Bezirke wiederum untergliedert sind, wird jedoch nicht vollständig gewährleistet.

Das ist insofern ungünstig, als dass im Hagener Bevölkerungsatlas viele wichtige Strukturdaten etwa zu Bevölkerung, Altersgruppenverteilung, Kfz- und Pkw-Struktur enthalten sind. Diese finden folglich heute keinen Eingang in das Verkehrsmodell.

Außerhalb von Hagen müsste dagegen insbesondere die Verkehrsbezirksstruktur feiner gegliedert werden; dafür gibt es gleich mehrere Gründe:

- ▶ Hagen liegt in einer dichtbesiedelten Region.
- ▶ Es gibt gute zwischengemeindliche Strukturdaten in NRW, etwa zu Pendlern.
- ▶ Nachbarorte könnten in Einzelfällen weiter gegliedert werden (z. B. Wetter).
- ▶ Die langen Distanzen können hinsichtlich ihrer Quellen und Ziele außerhalb Hagens viel besser abgebildet werden.

In Gänze zeigt sich hiermit ein grundlegender Aktualisierungsbedarf.

2.2. Randbedingungen aus der Datengrundlage der Mobilfunkdaten

Aus den Rohdaten der An- und Abmeldungen von SIM-Karten an Funkmasten der Telekom wurde von Motionlogic die ODM-Datenmenge erzeugt. Das dazu benutzte Verfahren wurde nicht bekannt gegeben. Anhand der offiziellen Datenbeschreibung¹ und ergänzender Telefonate mit den Ansprechpartnern Manuel Schulz und Norbert Weber konnte die folgende Beschreibung der ODM-Datenmenge generiert werden.

Die Datenmenge bildet die Bewegungen aller Mobilfunkteilnehmer ab. Das bedeutet, dass von den für die Telekom erfassbaren Daten, also der Teilmenge der Telekom-Mobilfunkkunden, auf die Gesamtmenge der Mobilfunknutzer aller Netzanbieter hochgerechnet wurde. Eine Hochrechnung fand auch im Rahmen der Qualitätssicherung statt. Das eher grobschichtige Funknetz in ländlichen Gegenden wurde unter Zuhilfenahme von Drittdaten (z.B. Zensus-Daten des Statistischen Bundesamtes) kalibriert und validiert.

Der Untersuchungszeitraum wird wie folgt angegeben:

„Der Untersuchungszeitraum der Quelle-Ziel-Beziehung umfasst die Statistische Woche. Diese beschreibt die gemittelten Wochentage basierend auf mindestens 4 Wochen außerhalb der Ferienzeiten. Damit sprechen wir hier von einer fixen statistischen Woche. Diese ist eine Einmalauswertung pro Jahr und Jahreszeit (Sommer, Winter) und wird jedes Jahr neu berechnet.“

Dabei werden exemplarisch die erfassten Tage einer Winterwoche angegeben (vgl. **Tabelle 1**):

¹ „Dokumentation ODM Motionlogic v1.pdf“





Tag	Datum			
Montag	12.11.2018 *	11.11.2019	18.11.2019	25.11.2019
Dienstag	13.11.2018 *	27.11.2018 *	12.11.2019	26.11.2019
Mittwoch	14.11.2018 *	28.11.2018 *	13.11.2019	27.11.2019
Donnerstag	15.11.2018 *	14.11.2019	21.11.2019	28.11.2019
Freitag	16.11.2018 *	15.11.2019	22.11.2019	29.11.2019
Samstag	02.11.2019	16.11.2019	23.11.2019	30.11.2019
Sonntag	18.11.2018 *	03.11.2019	17.11.2019	24.11.2019

* Ersatztage aus dem November 2018, um Mobilfunk-Datenausfälle im November 2019 zu kompensieren

Tab. 1: Tagesbezug des ODM-Datensatzes

Es wurden zwei Datenmengen geliefert, zum einen Tageswerte, welche jeweils die Anzahl der erfolgten Wege von einer Start- zu einer Zielzelle an einem Wochentag enthält; zum anderen Stundenwerte über 24 Stunden mit zusätzlicher Angabe der Startzeit als volle Stunde.

Datenfelder	
Wochentag	Mo-So
Startzelle	ID, MTC500-Raster
Zielzelle	ID, MTC500-Raster
Stunde	Startzeit
Wege	Anzahl

Tab. 2: Beschreibung der Datenfelder

Ein zusätzlicher Datensatz stellt den räumlichen Bezug der ODM-Daten in einer Gitterlinienstruktur dar (vgl. **Tabelle 2**).

Die Daten werden aus dem sog. MTC500-Raster der Telekom generiert. Dieses ist auf der Folgeseite in **Abbildung 1** in Gänze und in **Abbildung 2** für den Teilraum Hagen dargestellt.

In **Abbildung 2 oben** ist ein Datensatz der Stundenwerte als grüner Pfeil dargestellt. Von einem Weg ist neben dem Wochentag jeweils nur die Start- und Zielzelle bekannt. Nicht bekannt ist der Verlauf. Damit bilden die Daten – analog zu den Quell-Ziel-Matrizen des Hagener VISUM-Verkehrsmodell – entsprechende Verkehrsrelationen ab (eng. Origin Destination Matrices, ODM).

Weiterhin ist von den ODM-Stundenwerten nur der Startzeitpunkt, nicht aber die Ankunftszeit und auch nicht die Bewegungsdauer bekannt.



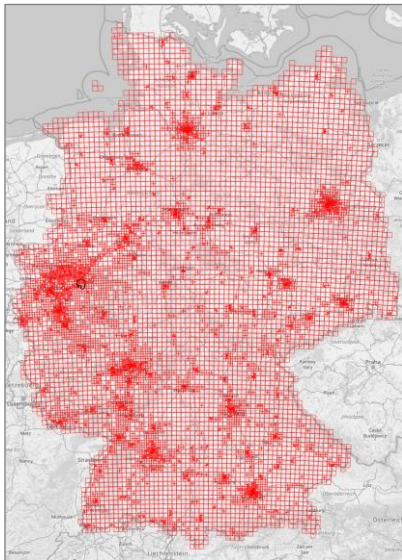


Abb. 1: MTC500 Übersicht BRD

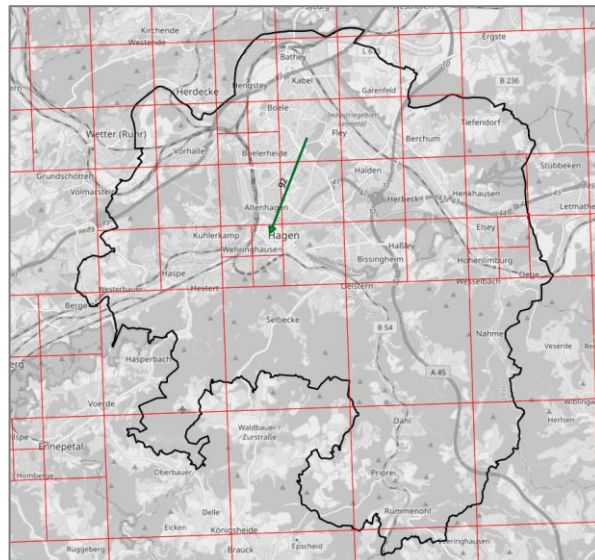


Abb. 2: MTC500 Region Stadt Hagen, Di 7 Uhr 92 Wege

Weiterhin sind folgende Randbedingungen der Erfassungslogik zu beachten:

- ▶ Das System von Motionlogic generiert einen Weg dann, wenn sich der Mobilfunkteilnehmer für mindestens 15 Minuten innerhalb der gleichen Zelle befindet.
- ▶ Wege, die in der gleichen (Mobilfunk-) Zelle starten, in der sie auch enden (Binnenverkehr und Schleifen), sind nicht in der Datenmenge enthalten.

Weiterhin wurden von Motionlogic nur Wege geliefert, die sich auf MTC500-Zellen des Hagener Stadtgebietes beziehen. Das heißt, dass entweder die Start- oder Zielzelle der Wege sich mindestens teilweise innerhalb der Grenzen Hagens befinden muss. Grundsätzlich könnte Motionlogic aber auch Datensätze für ein größeres Gebiet liefern, z.B. die gesamte Region mit Hagen im Zentrum.

	Tageswerte							
	Summe	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
Datensätze	195.421	31.258	31.803	31.866	32.566	31.899	20.990	15.039
Wege	3.590.895	562.437	579.207	577.358	590.315	600.452	417.817	263.309
	Stundenwerte							
	Summe	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
Datensätze	332.782	51.924	53.067	53.049	54.340	54.617	38.876	26.909
Wege	2.529.738	395.214	408.254	403.386	416.116	420.878	299.326	186.564

Tab. 3: Anzahl der enthaltenen Datensätze und Wege

In einer abschließenden, qualitativen Beurteilung ist noch Folgendes festzustellen: Die gelieferte Datenmenge enthielt keine ungültigen Datensätze und sie war in sich konsistent. Auffällig ist, dass die Anzahl der Wege in den Tageswerten um ca. 42% höher ist als in den Stundenwerten. Der Grund hierfür konnte noch nicht abschließend geklärt werden.





2.3. Netzzuschnitt ODM-Daten und Verkehrsmodell HA

Folgende Grafik veranschaulicht den Zusammenhang der beiden Netzstrukturen. Auf der linken Seite (**Abbildung 3**) ist jeweils nur das Hagener Verkehrsnetz in blauer Farbe gezeichnet. Auf der rechten Seite (**Abbildung 4**) kommt dann mit roten Linien das MTC500-Gitter hinzu. Die unteren beiden Bilder sind ein Ausschnitt der Region um die Stadt Hagen.

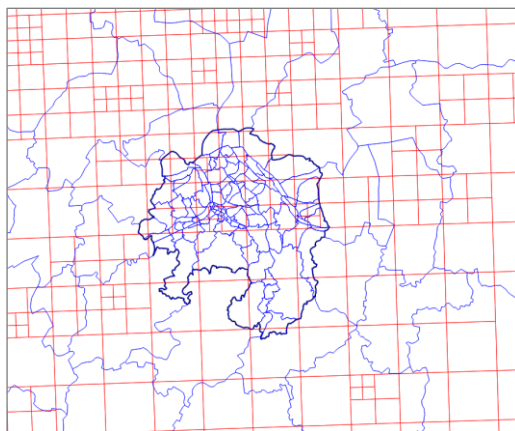
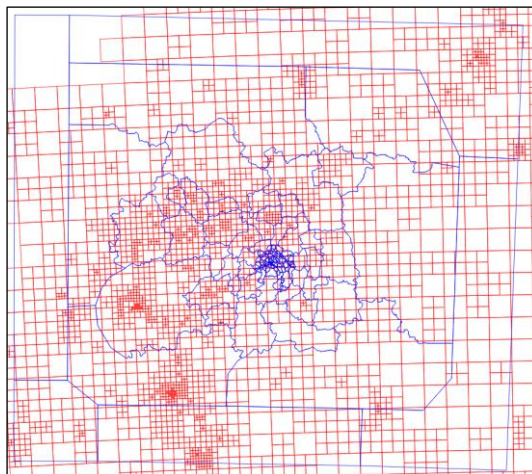
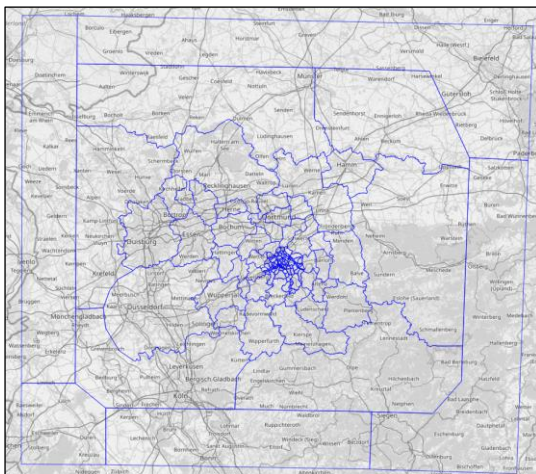


Abb. 3: Verkehrsnetz Hagen im Vergleich

Abb. 4: MTC500-Netz im Vergleich

Das MTC500 ist vergleichsweise homogen aufgebaut. In Ballungsräumen sind die Zellen etwas feiner strukturiert. Im Allgemeinen folgt das Netz aber einer Gitterstruktur. Das Hagener Verkehrsnetz folgt dagegen den topologischen Rahmenbedingungen der Verkehrsinfrastruktur. Zudem ist das Netz innerhalb der Innenstadt sehr fein strukturiert und nimmt nach außen hin ab.

Das grundsätzliche Problem ist, dass gerade im Bereich der Datenlieferung der ODM-Daten das Hagener Verkehrsnetz wesentlich feiner strukturiert ist, als das Modell der ODM-Daten für Hagen. Dies verdeutlicht die folgende **Abbildung 5** für die Innenstadt von Hagen.



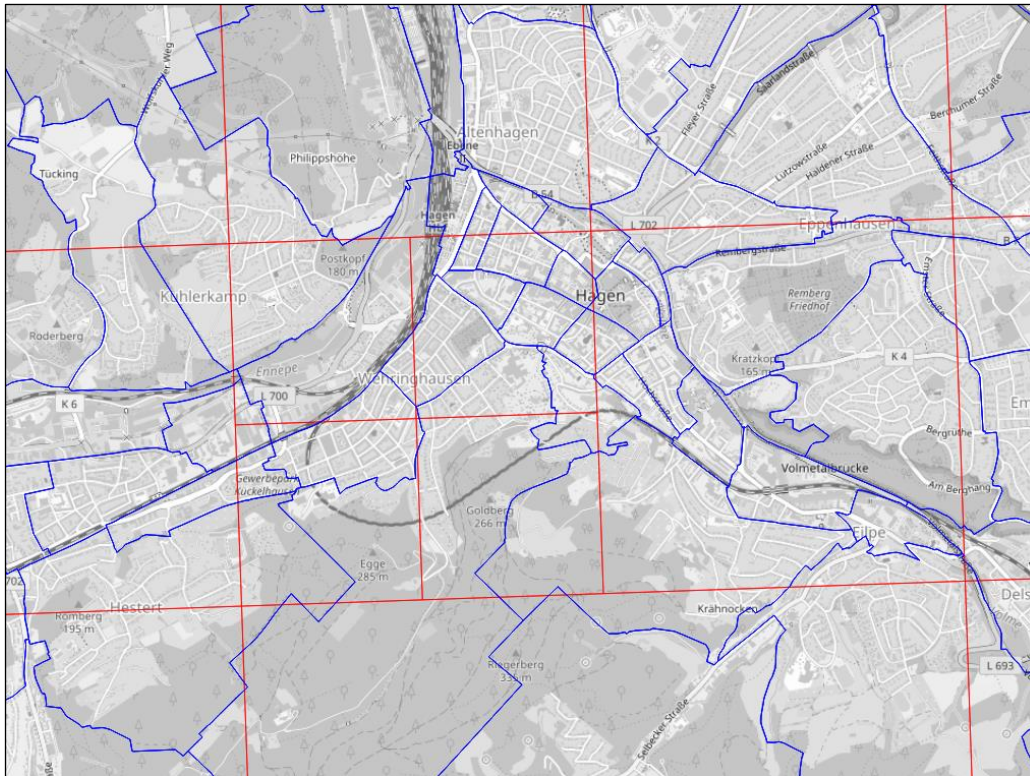


Abb. 5: Überlagerung beider Netze im Innenstadtbereich von Hagen

Festzuhalten ist, dass gerade im interessanten Innenstadtbereich pro MTC500-Zelle gleich mehrere Zellen des Verkehrsmodells Hagen liegen. Zusätzlich gibt es Überschneidungen an den Grenzen. Ein direktes Zuordnen der Zellen ist daher nicht möglich. Um dennoch mit den ODM-Werten im Hagener Verkehrsnetz arbeiten zu können wurde eine geometriebasierte Umrechnung der Werte vorgenommen.

2.4. Integration der ODM-Daten in das Verkehrsmodell

Die Umrechnung der ODM-Daten ins Verkehrsmodell Hagen erfolgte auf der Basis der Überschneidungen der beiden Strukturen und flächenanteilmäßiger Übertragung der Wegeanzahl. Es wird zunächst ein erster einfacher Ansatz beschrieben, der anschließend unter Zuhilfenahme des Straßennetzes verbessert wurde.

Die folgenden Grafiken (**Abbildung 6 bis Abbildung 9**) veranschaulichen die Logik des Verfahrens zur Datenintegration.





Abb. 6: Datenintegration – Ausgangslage

Wie oben dargestellt wurde, wird hier als Beispiel ein Datensatz herangezogen, der die Anzahl der Wege von der MTC-Zelle 6197 in die Zielzelle 9665 an einem Dienstag repräsentiert. Es sind 2.118 Wege hinterlegt (vgl. **Abbildung 6**).

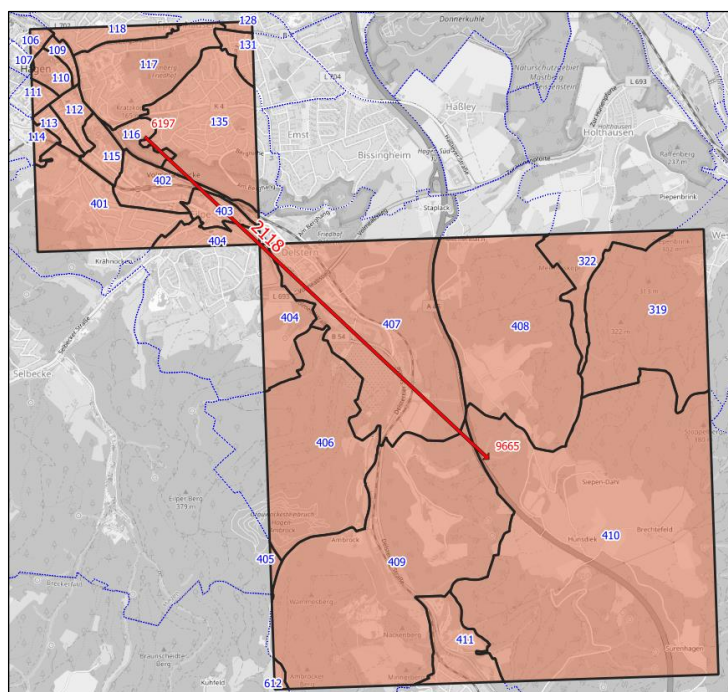
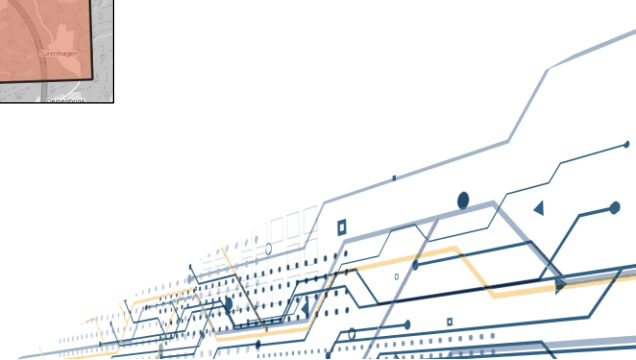


Abb. 7: Datenintegration – Zellaufteilung



Die MTC500-Zellen werden dann mit Hilfe der Umrissse der Hagener Verkehrszellen in kleinere Stücke zerschnitten. Es entstehen 19 dieser Schnitzzellen im Quadrat 6197 oben links von **Abbildung 7**. Unten rechts im Quadrat 9665 derselben Abbildung sind es 11. Dabei können Verkehrszellen aus Hagen entweder komplett enthalten sein, z.B. 112 (oben links), oder nur teilweise. Jede Schnitzzelle enthält aber einen bestimmten Anteil der Ursprungszelle. Rechnet man alle Anteile zusammen, erhält man 100%.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



Die Anteile wurden dann als „Übersetzungsschlüssel“ herangezogen, um die 2118 Wege aufzuteilen. Die grünen Pfeile in **Abbildung 8** stellen die Aufteilung der Wege bezüglich der Startzelle 401 dar. Aufgrund ihres Flächenanteils erzeugt die Zelle ca. 363 Wege, die wiederum anteilmäßig auf die Zielzellen aufgeteilt wurden. Die fächerartigen Pfeile verdeutlichen dies.

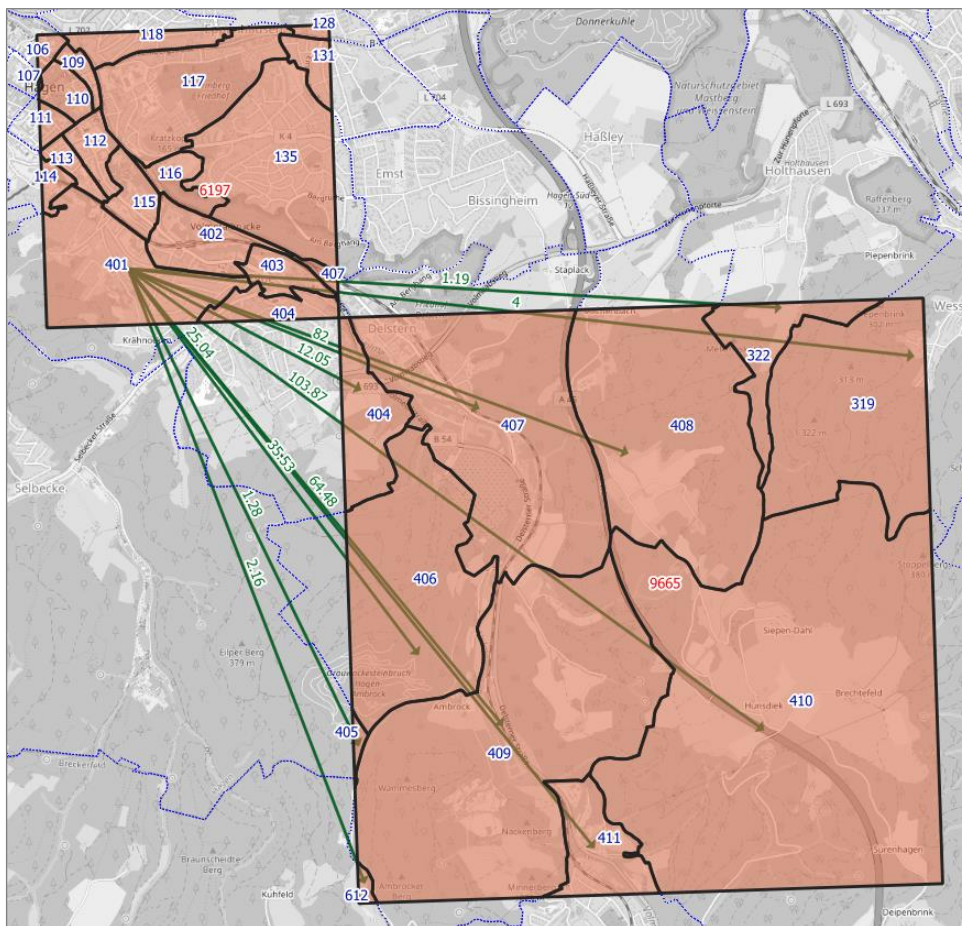


Abb. 8: Datenintegration – Zuordnung der Wege in „geschnittenen“ Zellen

Analog wird mit allen anderen Schnitzzellen verfahren. Die Zelle 404 stellt einen Sonderfall da. Diese Zelle des Hagener Verkehrsnetzes liegt sowohl in der Start- (6197) als auch in der Zielzelle (9665). Die Konsequenz ist, dass hier ein Teil der Wege als Binnenverkehr innerhalb der Zelle verbleibt.



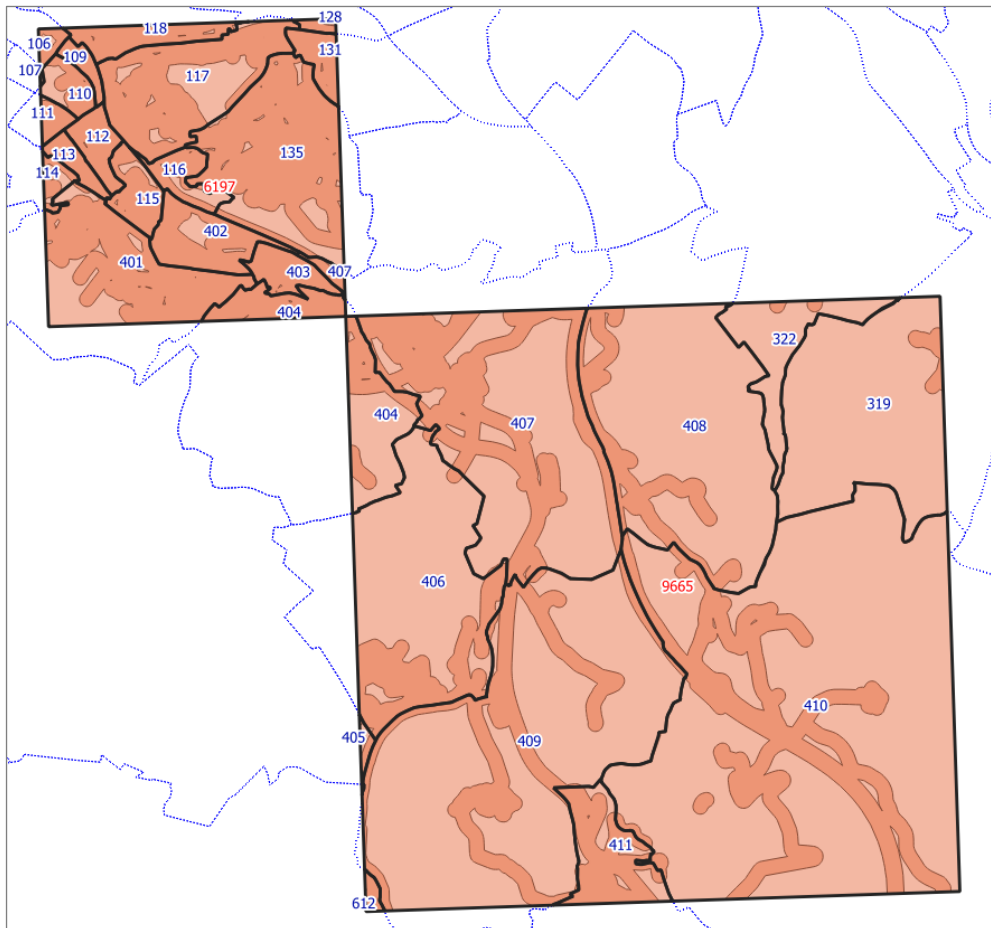


Abb. 9: Datenintegration – Verfeinerung der Umrechnung

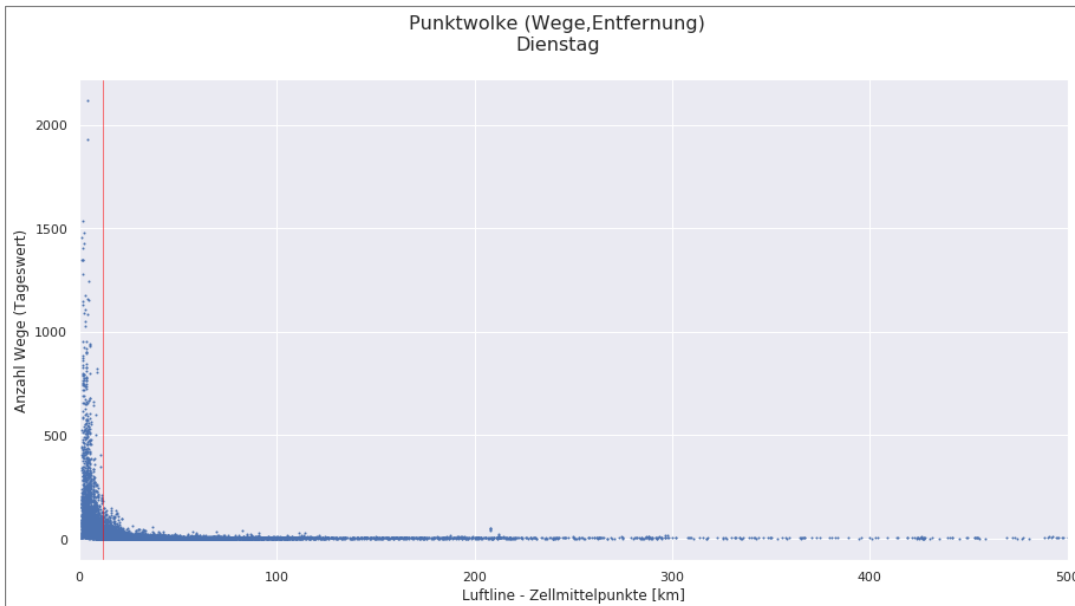
Zur Verfeinerung der Umrechnung wurden zusätzlich Daten des Open-Street-Map (OSM) Projekts herangezogen. Für jede Zelle wurde der von Verkehrswegen bedeckte Flächeninhalt der Zellen bestimmt. Die bestimmende Überlegung ist dabei, dass Verkehr nur auf Wegen stattfinden kann. Wiesen, Wälder und andere, nicht relevanten Flächen werden dadurch nicht berücksichtigt. Rechts sind die Verkehrswege schattiert dargestellt. Beispielsweise erhält Zelle 407 dadurch eine größere Gewichtung als Zelle 408 (vgl. **Abbildung 9**).

2.5. Erstbewertung der ODM-Daten

Bevor im weiteren Fortgang die Eignung der Daten nach den Anforderungen der Modellierung im Mobilitätsdatenmodell näher betrachtet und bewertet werden soll, folgt hier eine Erstbewertung der ODM-Daten in Bezug auf die Gesamtheit der Datenmenge und der Datenstruktur. Sie nimmt Bezug auf die verfügbaren Tageswerte nach Entfernungen gereiht.

Die folgende **Abbildung 10** wurden aus der Datenmenge der Tageswerte generiert. Es wurden alle Datensätze des Dienstags verwendet. Jeder Datensatz wird durch einen Punkt dargestellt. Die X-Koordinate entspricht der Anzahl der erfassten Wege. Die Y-Koordinate entspricht der Distanz (Luftlinie) zwischen den Mittelpunkten der Start- und Zielzelle in den ODM-Daten. Im Ergebnis wird damit eine Punktwolke erzeugt.





Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



Abb. 10: Erfasste Wege über der Luftlinie der Zellmittelpunkte

Es zeigt sich eine Häufung der Datensätze bei Entfernungen im Bereich bis ca. 20 km. Gleichzeitig sind dort auch Datensätze, die sehr viele Wege enthalten. Links von der vertikalen (roten) Grenzlinie liegen ca. 70% der erfassten Wege mit einer Luftliniendistanz von rd. 12 km.

Betrachtet man den vergrößerten vorderen Bereich der Grafik für Distanzen von max. 20 km (vgl. **Abbildung 11**), so fällt eine Anreihung von diskreten Säulen („Säulenstruktur“) auf. Diese ist entstanden, da die zugrundeliegende Gitterstruktur (MTC500) je nach Kombination von Start- und Zielzellen immer nur bestimmte diskrete Zell-Mittelpunkt-Distanzen zulässt bzw. abbildet. Dieser Effekt tritt vor allem in den räumlich nahliegenden Zellen auf. Bei zunehmender Distanz nimmt der Effekt ab.

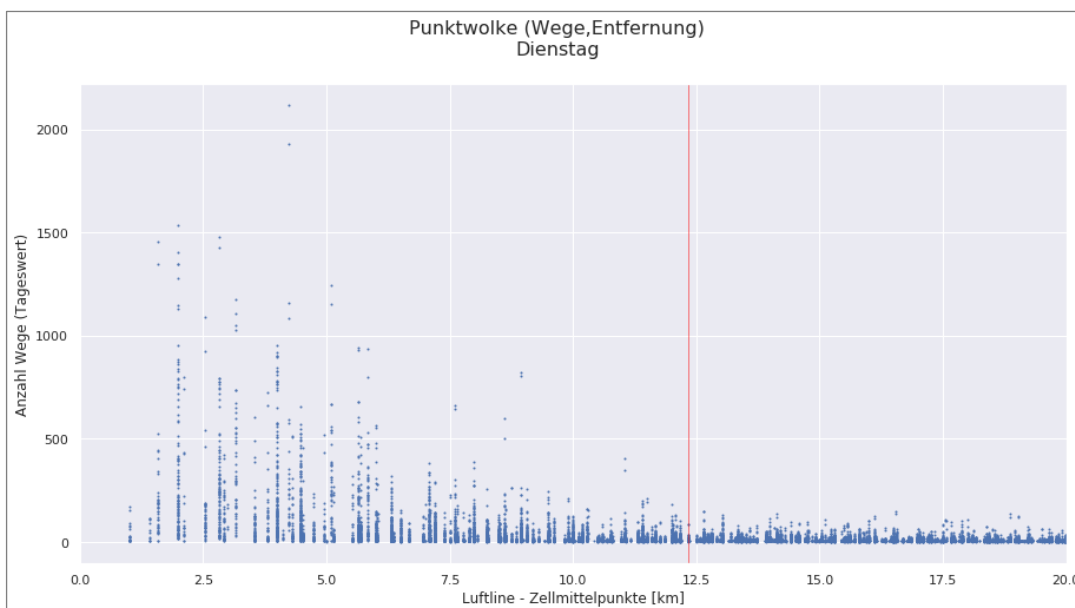


Abb. 11: Erfassten Wege über der Luftlinie der Zellmittelpunkte < 20 km



Um diesen Effekt aus der Zusammenfassung der Daten einer Zelle entgegen zu wirken, wurde mit Hilfe der Daten aus dem OpenStreetMap-Projekt und Algorithmen zur Routenplanung die jeweilige reale Routendistanz für PKWs zwischen Start- und Zielzelle der Relationen berechnet. Im Ergebnis über alle Relationen wurden die Distanzen im Mittel um ca. 20% länger. Da sich dieser Umweffekt nicht auf allen Relationen gleich darstellt, kommt es zu einer Verteilung der Datenpunkte deutlicher näher der Realität (vgl. **Abbildung 12**). **Abbildung 13** zeigt dann wiederum den Ausschnitt aus dem Gesamtdatensatz für Distanzen bis 20 km.

Datum: 27.07.2020

Version: 1.1

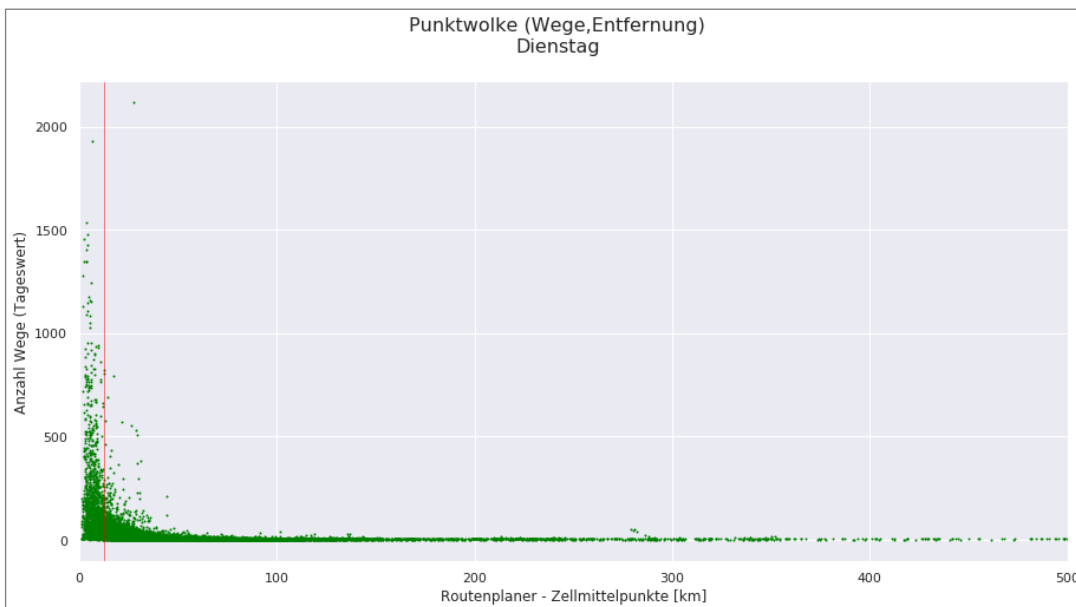


Abb. 12: Erfasste Wege über der realen Distanz der Zellmittelpunkte

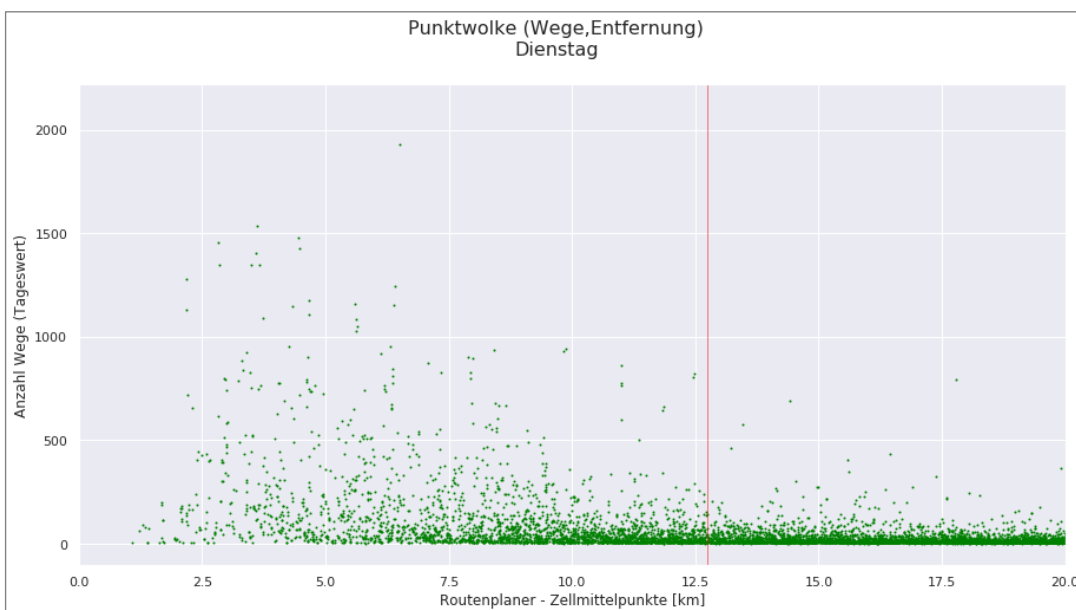
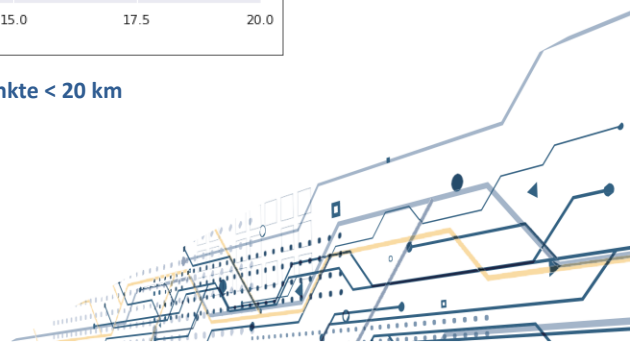


Abb. 13: Erfasste Wege über der realen Distanz der Zellmittelpunkte < 20 km





Um die Summe der erfassten Wege für jeden Entfernungswert (quantitativ) der Entfernung gegenüberzustellen, wurden schließlich die Wegesummen über äquidistante Entfernungintervalle gebildet. **Abbildung 14** zeigt das Ergebnis in der Form von zwei Balkendiagrammen. In Blau finden sich die Entfernungintervalle auf Basis der rechnerischen Luftliniendistanzen der Zellmittelpunkte und in Grün die Ergebnisse aus der Anwendung des Routenplaners.

Diese Gegenüberstellung zeigt bei den Entfernungen unter 5 km deutliche Korrekturen, weil auf diesen kurzen Distanzen die Luftlinien kaum durch einen realen Verkehrsweg erreicht werden können; die realen Wege sind also in den meisten Fällen (deutlich) länger. Bei den Distanzen im Bereich von 10 bis 20 km sind die Unterschiede relativ klein, während im Bereich der Wege jenseits von 20 km bis zum dargestellten Maximalwert von 42,5 km die realen Wege (zumeist) deutlich länger sind.

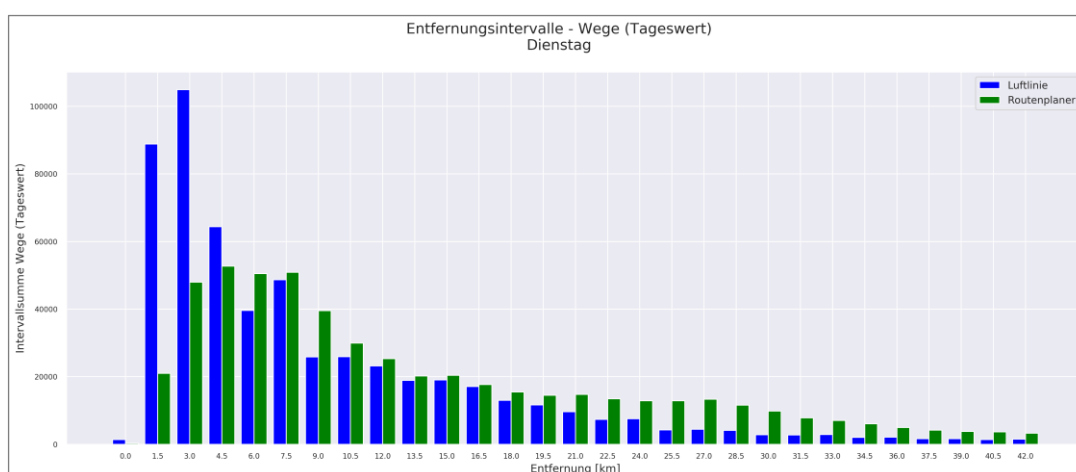


Abb. 14: Summen der erfassten Wege über Entfernungintervallen < 42 km

Nimmt man die Darstellung für die Verteilung der realen Wege auf der Grundlage der Routenplanerergebnisse in Grün, so kann diese Verteilung auch als Reisweitenhäufigkeitsverteilung der mit den ODM-Daten erfassten Wege verstanden werden. Diese Verteilung mit dem höchsten Wert der Anzahl der Wege bei rd. 4,5 km muss für motorisierte Wege eines städtischen Raumes als typisch eingeschätzt werden.

Solche Verteilungen konnten in der Verkehrsplanung bis dato nur auf der Basis von Verkehrsbefragungen im Straßenraum erzeugt werden, die jedoch hochgradig aufwändig sind und vergleichsweise wenige Verkehrsteilnehmer erfassen können. Andernfalls wäre der Behinderungseffekt – und damit auch die Verfälschung der Ergebnisse der Modellierung – unvermeidbar. Insbesondere in größeren Entfernungsbereichen ergibt sich in einer konventionellen Verkehrserhebung dadurch eine große Unschärfe in der Erhebung für diese Verkehre.

Im hiesigen Fall, also bei Nutzung der ODM-Daten, liegt der Darstellung der Verteilung der erfassten Wege hingegen die Verwertung von knapp 3,6 Mio. Einzelwegen (vgl. **Tabelle 3**) zugrunde. Der Vorteil der ODM-Daten erwächst dabei aus dem Tatbestand, dass alle Wege berücksichtigt werden können. Vergleichbar viele Daten wären konventionell mit vertretbaren Mitteln nicht zu generieren. Die Daten sind damit – unter Berücksichtigung der adressierten Einschränkungen auf den kurzen Distanzen – ungleich aussagekräftiger als konventionelle Erhebungsdaten zu Quell-Ziel-Relationen inkl. ihrer Verteilung über die Reisweite.



3. Ausgewählte Ergebnisse zu Quell-Ziel-Relationen

3.1. Einführung

Eine vollständige Integration der ODM-Daten mit Abbildung des Gesamtverkehrs in einem neu gestalteten Modell ist nicht möglich. Denn dazu müsste die Verkehrsumlegung mit Kalibrierung vollständig durchgeführt werden. Gleichzeitig müssten die notwendigen Anpassungen im Netzzuschnitt, deren Bedarf zuvor begründet wurde, umgesetzt werden.



Die an dieser Stelle im Projekt erarbeiteten Ergebnisse nehmen daher nur auf den ersten Teil Bezug. Sie stellen die Ergebnisse der Quell-Ziel-Beziehungen, wie sie jeweils mit den ODM-Daten und mit der bestehenden VISUM-Modellierung vergleichbar vorliegen, einander gegenüber. Es wird damit die Güte der Abbildung der räumlichen Verteilung der Verkehre bewertet. Wie bereits herausgestellt wurde, nimmt die Betrachtung Bezug auf den „durchschnittlichen Werktag zu Schulzeiten“, hier einem Dienstag.

Die nachfolgenden Analyse- und Vergleichsergebnisse sind exemplarisch. Es kann eine Fülle von ähnlichen Analysen auch im kleinräumigen Zuschnitt erstellt werden; entsprechende Betrachtungen von Ausschnitten des Verkehrsgeschehens bzw. des Modells können jedoch erst dann als sinnvoll gelten, wenn zuvor die Eignung im Gesamtmodell für die typischen planerischen Aufgabenstellungen genügend gut belegt worden ist. Dieser Zielstellung folgt die Darstellung der Ergebnisse.

3.2. Stadtgebiet Hagen – Gesamtschau

Die nachfolgende **Abbildung 15** zeigt die Verteilung der Verkehrsanteile von Quell- und Zielverkehr sowie Binnenverkehr und Durchgangs-/Außenverkehr für das Stadtgebiet von Hagen auf der Grundlage der ODM-Daten.

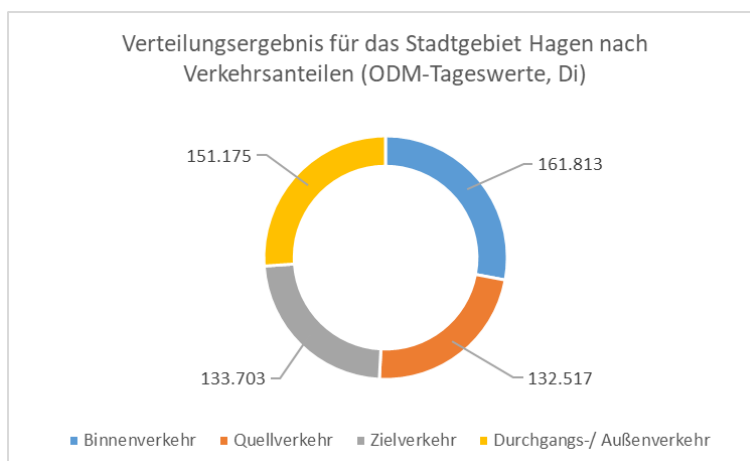
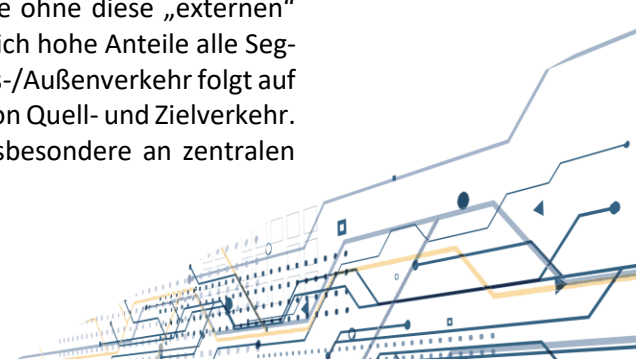


Abb. 15: ODM-Daten Stadtgebiet Hagen – Tageswerte

Die Darstellung umfasst eine Summe von 579.208 ODM-Bewegungen täglich inkl. 151.175 Mobilfunkbewegungen im Durchgangs-/Außenverkehr. Die Summe ohne diese „externen“ Verkehre beträgt demnach rd. 428.000 Bewegungen. Sie zeigt ähnlich hohe Anteile alle Segmente mit dem größten Anteil beim Binnenverkehr. Der Durchgangs-/Außenverkehr folgt auf dem zweiten Rang, gefolgt von den nahezu gleich großen Anteilen von Quell- und Zielverkehr. Die Darstellung ist sachlogisch hochgradig plausibel und weist insbesondere an zentralen Punkten eine stimmige Struktur auf.



So ist für die Gesamtstadt und einen durchschnittlichen Werktag zu Schulzeit die annähernd gleiche Höhe von Quell- und Zielverkehr als gebotene Zielgröße zu verstehen. Diese ist in einzelnen Teilräumen und natürlich längst nicht für jede einzelne Fahrt schlüssig. Auf die Gesamtstadt bezogen und aufgrund der klaren Verflechtungsstruktur ist sie für Hagen jedoch als Mindestmaß zu begreifen; anders wäre es lediglich, wenn das Verkehrsnetz von Hagen in dichter und enger räumlicher Verflechtung von Nachbarstädten entwickelt wäre (wie z. B. im Kernraum des Ruhrgebiets).

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

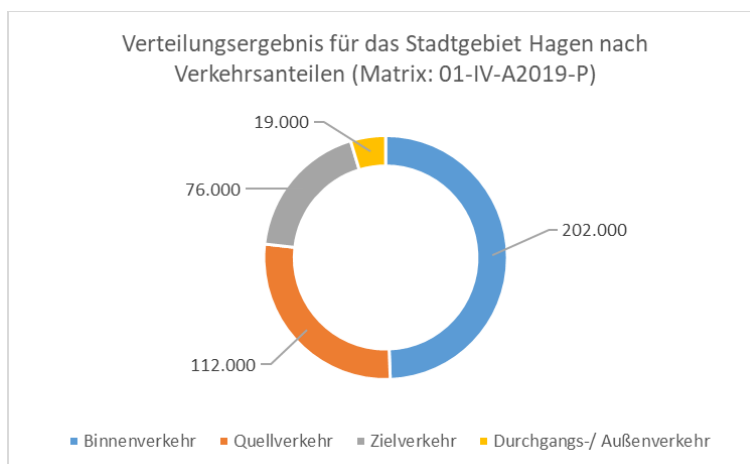


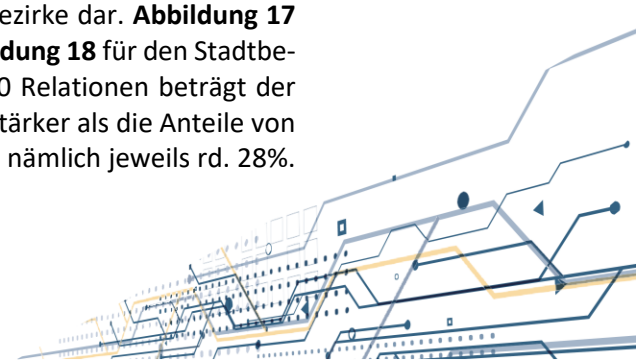
Abb. 16: IV-Pkw-Matrix Stadtgebiet Hagen – Tageswerte

Vor diesem Hintergrund überrascht die Darstellung in **Abbildung 16** für die das Verteilungsergebnis der Verkehrsanteile im Stadtgebiet Hagen im aktuellen Modell mit einer Summe von 409.000 Bewegungen täglich. Demnach wird dort nur ein minimaler Anteil an Durchgangs-/Außenverkehr berücksichtigt. Zudem weisen Quell- und Zielverkehr vergleichsweise stark voneinander abweichende Größenordnungen auf. Tatsächlich ist dieses Modellierungsergebnis nicht untypisch, denn es dürfte stark von der Praxis der Modellentwicklung und den zuvor bereits adressierten Schwächen geprägt sein. Insofern ist das Ergebnis nicht überraschend, wenngleich es ganz klar zeigt, dass mit dieser Abbildung der Verkehrsanteile die Realität keineswegs richtig abgebildet sein dürfte.

Mit knapp 189.000 Einwohnern Ende 2018 muss ein Gesamtverkehrsaufkommen – bei einer angenommenen Mobilitätsrate von 3 Wegen je Einwohner und Tag – von rd. 567.000 Wegen als Eckwert unterstellt werden. Da die Durchgangs-/Außenverkehre in dieser Summe nicht inkludiert sind, müssen die 428.000 Bewegungen der ODM-Daten bzw. 390.000 Bewegungen nach dem aktuellen Modell als Vergleichswerte gesehen werden. Das Delta wird von den nicht motorisierten Wegen (Fußverkehr, Radverkehr) bestimmt, weshalb ein direkter Vergleich weder sinnvoll noch möglich ist. Das Delta von 28% im Mittel im Vergleich zur Schätzgröße von 567.000 Wegen in Summe ist aber als plausibel einzustufen.

3.3. Stadtgebiet Hagen – Stadtbezirke

Ähnlich stellt sich die Analyse der Verkehrsanteile für die 5 Stadtbezirke dar. **Abbildung 17** zeigt zunächst die Verteilung für den Bezirk Mitte, gefolgt von **Abbildung 18** für den Stadtbezirk Nord. Im Bezirk Mitte mit einem Gesamtvolumen von 131.300 Relationen beträgt der Anteil des Binnenverkehrs demnach rd. 44%; er ist damit deutlich stärker als die Anteile von Quell- und Zielverkehr, die jedoch vergleichsweise gleich groß sind, nämlich jeweils rd. 28%.



Im Stadtbezirk Nord sind alle Verkehrsanteile annähernd gleich groß, nehmen also jeweils etwa ein Drittel des Gesamtverkehrs von 101.500 Relationen ein.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



Abb. 17: ODM-Werte Stadtbezirk Mitte

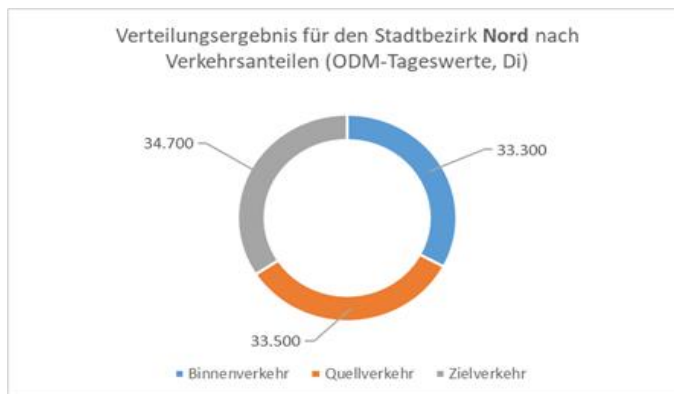


Abb. 18: ODM-Werte Stadtbezirk Nord

Der Stadtbezirk Hohenlimburg (**Abbildung 19**) verzeichnet nach den ODM-Daten 90.900 Relationen an einem durchschnittlichen Werktag, wovon der größere Anteil beim Binnverkehr mit 37% liegt. Quell- und Zielverkehr sind fast identisch hoch.



Abb. 19: ODM-Werte Stadtbezirk Hohenlimburg

Auch die kleineren Stadtbezirke Eilpe / Dahl (**Abbildung 20**) und Haspe (**Abbildung 21**) sind zwar dem Volumen nach ähnlich hoch, aber der Bezirk Eilpe / Dahl hat den höheren Anteil an Binnverkehr mit einem Anteil von 39% an der Summe von 54.200 Relationen.





Abb. 20: ODM-Werte Stadtbezirk Eilpe / Dahl



Abb. 21: ODM-Werte Stadtbezirk Haspe

Abbildung 22 zeigt dann die Vergleichsbetrachtung der 5 Stadtbezirke von Hagen für den Stadtverkehr als Säulendarstellung in absoluter Höhe der Verkehre.

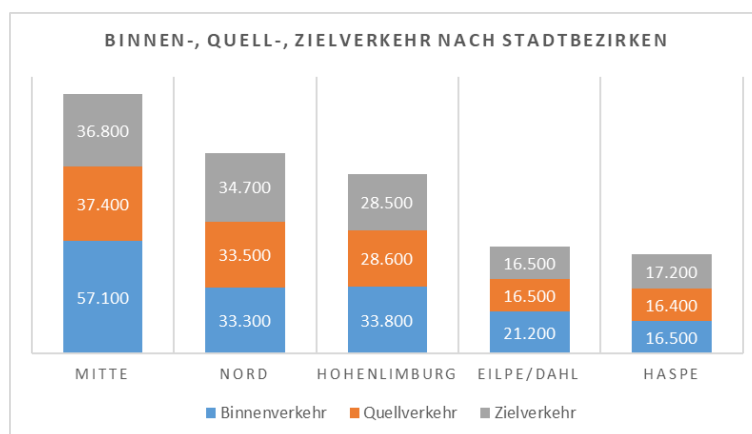
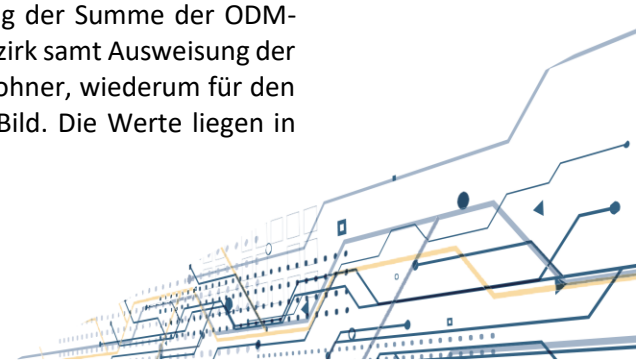


Abb. 22: ODM-Werte im Vergleich der Bezirke

In der nachfolgenden **Tabelle 4** findet sich eine Gegenüberstellung der Summe der ODM-Werte (Mobilfunkbewegungen) mit der Anzahl der Einwohner je Bezirk samt Ausweisung der rechnerisch ermittelten Anzahl der Mobilfunkbewegungen je Einwohner, wiederum für den Dienstag zu Schulzeiten. Hier zeigt sich zunächst kein einhelliges Bild. Die Werte liegen in



Haspe mit 1,62 und Mitte mit 1,65 am unteren Ende, während der Maximalwert in Eilpe / Dahl mit 3,22 Mobilfunkbewegungen je Einwohner zu verzeichnen ist.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

Gleichwohl kann dieses Ergebnis nicht überraschen, denn tatsächlich stellen sich die verkehrlichen Bedingungen in den Bezirken ganz unterschiedlich dar. Wie dargestellt wurde (vgl. Abbildung 8), ist in Mitte der höchste Binnenverkehrsanteil zu verzeichnen; gleichzeitig ist aber dort auch der größte Anteil von nicht abgebildeten Binnenverkehren zu Fuß und mit dem Rad zu erwarten.



	Mitte	Nord	Hohenlimburg	Eilpe/Dahl	Haspe
Summe Mobilfunkbewegungen	131.300	101.500	90.900	54.200	50.100
Einwohner	79.782	38.092	29.447	16.853	31.008
Mobilfunkbew. je Einw.	1,65	2,66	3,09	3,22	1,62

Tab. 4: ODM-Werte und Einwohnerzahlen nach Bezirken

Die Betrachtung des Gesamtverkehrs kann jedoch effektiv nicht zu einer strukturellen Analyse der Teilräume von Hagen herangezogen werden; dafür sind die Bezirke in sich nicht genügend homogen. Dazu ist eine Betrachtung auf der nächst kleineren Ebene, als auf Basis der statistischen Bezirke eher geeignet.

3.4. Stadtgebiet Hagen – Statistische Bezirke

Abbildung 23 zeigt dafür die absoluten Werte für die ODM-Daten des Mobilfunks für die 13 statistischen Bezirke von Hagen. Verkehrsreichster Bezirk ist demnach Boele (2017), gefolgt von Vorhalle (206) und den Hohenlimburger Bezirken Lennetal (308) und Hohenlimburg (309).

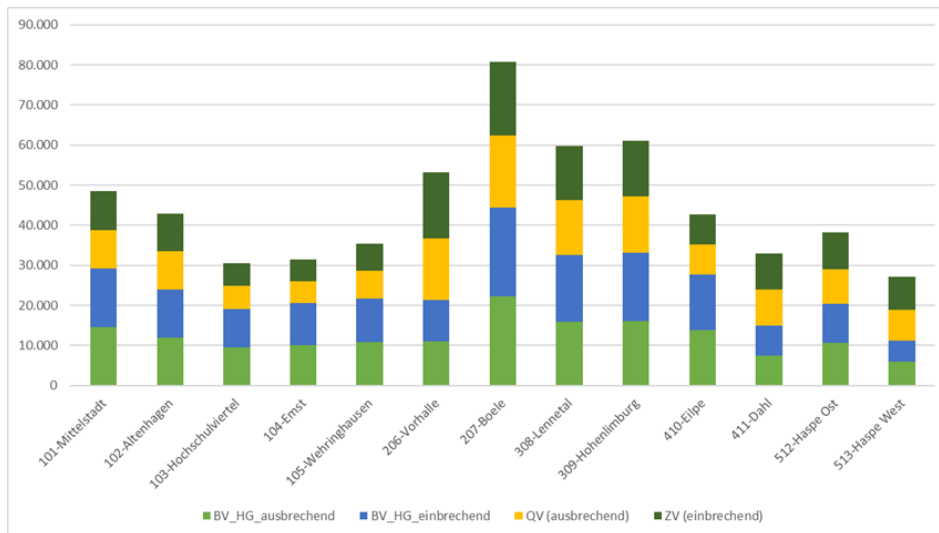


Abb. 23: ODM-Werte absolut nach Statistischen Bezirken

Begrifflich und in der Darstellung wird hier weitergehend differenziert. Demnach werden ein- und ausbrechende Binnenverkehre dargestellt, die innerhalb der Stadtgrenzen von Hagen verbleiben, aber die Grenzen des jeweiligen statistischen Bezirks überschreiten. Mit dieser Darstellung wird deutlich gemacht, inwieweit die Bezirke eher innerstädtisch verflochten sind oder mehr Verflechtungen nach außen haben.



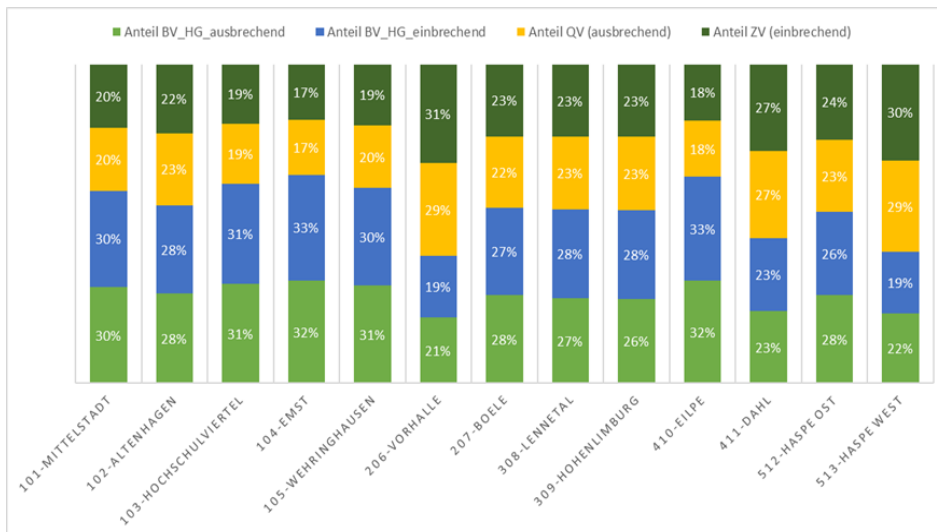


Abb. 24: ODM-Werte relativ nach Statistischen Bezirken

Erwartungsgemäß sind die hohen Anteilswerte der ein- und ausbrechenden Quell- und Zielverkehre in Vorhalle und Haspe West, nicht zuletzt wegen der Nähe zur Autobahn A 1 (vgl. **Abbildung 24**). In Dahl dürfte die ferne Lage zum Zentrum und die relative Nähe zu Lüdenscheid eher bestimmend sein. In jedem Fall zeigen die ODM-Werte anschaulich die Einbindung der statistischen Bezirke in das Stadtnetz von Hagen.

3.5. Mobilitätsdatenmodell Hagen auf Basis von ODM-Daten

Vor dem Hintergrund dieser ersten Ergebnisse können erste Schlussfolgerungen für die Entwicklung des angestrebten Mobilitätsdatenmodell Hagen auf Basis von ODM-Daten gezogen werden.

Wie in Kapitel 4 näher herausgearbeitet wird, erscheint es dabei sinnvoll, die Modellierung für den motorisierten Verkehr und für den ÖPNV getrennt vorzunehmen. Durch diese Trennung können erfahrungsgemäß bessere Ergebnisse mit geringerem Aufwand in der laufenden Alltagsarbeit mit den Modellen gewonnen werden. Gleichzeitig resultieren daraus keine Nachteile für die Gesamtmodellierung.

Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist wesentliches damit zu begründen, dass dadurch präzisere Modelle mit weniger Aufwand lfd. aktualisiert werden können. Da darin Strukturdaten eine wesentliche Inputgröße sind und diese Daten mittlerweile jährlich aktualisiert werden, kann somit eine jährliche Aktualisierung realisiert werden.

Ob dies notwendig ist und den Aufwand rechtfertigen kann, bleibt abzuwarten. Selbst wenn man eine Aktualisierung jedoch nur alle 2 oder gar 3 Jahre realisieren will, ist dies – im Vergleich zum Status quo – als eine „laufende“ Aktualisierung zu qualifizieren. Diese liefert in jedem entsprechend (hoch) aktuelle Ergebnisse.

3.5.1. ODM-Daten als Basisdaten für den motorisierten Verkehr

Grundsätzlich lassen sich die ODM-Daten für die Modellierung des Individualverkehrs verwenden. Das betrifft den:

- ▶ motorisierten Individualverkehr





► öffentlichen Personenverkehr

Der Grund für diese Vorgehensweise ist u. a. darin begründet, dass diese Verkehrsanteile Geschwindigkeitsprofil haben, welches von den ODM-Daten berücksichtigt wird. Maßgeblich ist demnach der folgende Zusammenhang.

15-Minuten-Schranke

Durch die 15-Minuten-Schranke bei der Selektierung der Mobilfunkdaten fallen kurze Wege „durch das Radar“. Im Fußgängerverkehr bedeutet dies, dass alle Wege unter 1 km (bis 15 Minuten Gehzeit) außen vor bleiben. In dieser Entfernungsklasse hat der Fußgängerverkehr einen Modal-Split-Anteil von knapp 70 % (vgl. Bochum SrV 2013).

In den Entfernungsklassen ab 3 km aufwärts spielt der Fußgängerverkehr keine Rolle mehr.

Es bleibt demnach nur die Entfernungsklasse zwischen 1 und 3 km, wo der Fußgängerverkehr einen Anteil von 29% im Modal Split aufweist (vgl. Bochum SrV 2013), also verkehrliche eine wesentliche Rolle spielt. Gleichwohl ist der Fußgängerverkehr nur auf den Binnenverkehr beschränkt, spielt also bei Betrachtungen im Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr in Hagen keine Rolle.

Der Radverkehr, der im Geschwindigkeitsprofil dem ÖPNV oftmals recht nahekommt, hat in Hagen nur einen Anteil von ca. 2%. Er dürfte nicht zuletzt aus Gründen der ausgeprägten Topografie in Hagen auch zukünftig nur ein sehr begrenztes Wachstumspotenzial haben. Das bedeutet, dass der Radverkehr in Hagen ohnehin kein bedeutsames Gewicht in der Verkehrsmittelnutzung und der Verkehrsmodellierung darstellen wird.

Im Kfz-Verkehr fallen bei einer angenommenen Durchschnittsgeschwindigkeit von 30 km/h immerhin Fahrten bis 7,5 km durch das Raster. Das betrifft i. d. R. Fahrten im innerstädtischen Verkehr (Binnenverkehr), weniger Fahrten über die Stadtgrenzen hinaus. Ähnlich verhält es sich mit dem öffentlichen Verkehr.

Es bleiben also Entfernungsklassen zwischen 5 und 10 km bzw. über 10 km (Ergebnisse größer oder kleiner 7,5 km liegen nicht vor). Hier sind die Verteilungen am Beispiel Bochum wie folgt:

- Entfernungsklasse 5 bis 10 km: MIV 75%, ÖV 22 %, Sonstige 3 %
- Entfernungsklasse über 10 km: MIV 80%, ÖV 18 %, Sonstige 2 %

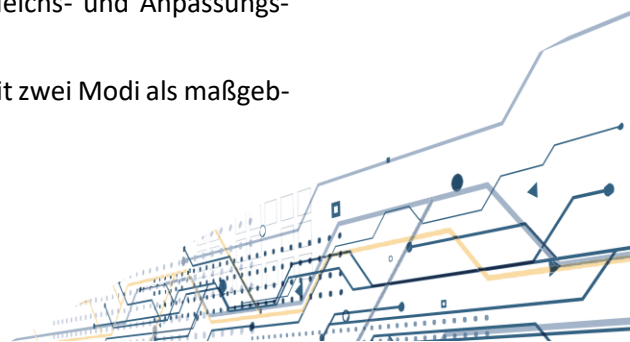
Schlussfolgerung

Nach diesen Erwägungen bleiben für eine Betrachtung und Modellierung des Verkehrs in Hagen auf Basis der ODM-Daten de facto nur der motorisierte Individualverkehr und der öffentliche Verkehr übrig.

Der Fußgängerverkehr ist lediglich in der Entfernungsklasse zwischen 1 und 3 km (15 bis 45 Minuten Gehzeit) von Bedeutung und beschränkt sich auch nur auf den Binnenverkehr (Wege innerhalb des Stadtgebiets von Hagen).

Im Binnenverkehr können über Hochrechnungsfaktoren ggf. Ausgleichs- und Anpassungsrechnungen vorgenommen werden.

Für das Verkehrsmodell auf Basis von ODM-Daten ergeben sich damit zwei Modi als maßgeblich:



- ▶ Kfz-Verkehrsmodell (ggf. differenziert nach Pkw, Wirtschaftsverkehr usw.)
- ▶ ÖPNV-Verkehrsmodell.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



3.5.2. Kfz-Verkehrsmodell – Kordon-überschreitender Verkehr

Basis eines auf ODM-Daten beruhenden Verkehrsmodells des Kfz-Verkehrs sind Kordon-überschreitende Verkehre, also Verkehre an den Stadtgrenzen von Hagen über die Grenzen hinaus.

Im Falle von Hagen gibt es ca. 20 Straßen im klassifizierten Straßennetz (Bundesautobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen), über welche nahezu der gesamte Kordon-überschreitende Verkehr fließt. Im Vergleich zu anderen Städten ist das eine überschaubare Größenordnung. Hier kommt Hagen seine spezielle naturräumliche Lage (Ruhr als Grenzfluss mit wenigen Brücken, verschiedene Seitentäler mit meist nur einer Straße usw.) zugute.

Im klassifizierten Straßennetz werden turnusmäßig alle 5 Jahre manuelle Zählungen durchgeführt. Hinzu kommen Zählergebnisse an Dauerzählstellen. Damit ist eine Grundgesamtheit des Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr gegeben. Alle 5 Jahre wird diese Datenbasis fortgeschrieben.

ODM-Daten als absolut gesehen zwar nicht vollständige, jedoch in ihrer relativen Verteilung sehr gut strukturierte Daten, haben hier ihre die Grundgesamtheit darstellende Datenbasis. Sie ersetzen aufwändige Zählungen und Befragungen des Kordon-überschreitenden Verkehrs. Über Hochrechnungsfaktoren erfolgt eine Anpassung an die gezählten Daten, wie dies auch bei herkömmlichen Befragungen und Zählungen praktiziert wird.

ODM-Daten im Umland

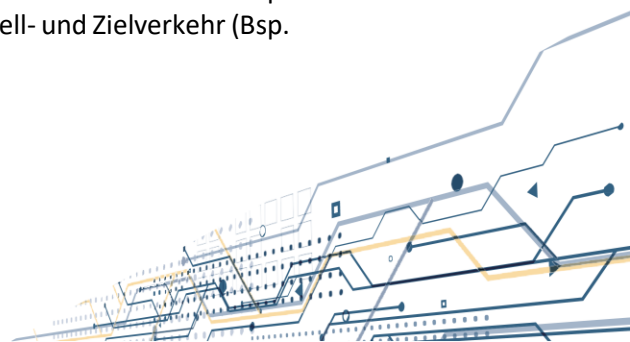
Jenseits der Stadtgrenzen können ODM-Daten zur Ermittlung der Verkehrsverteilung im Hagener Umland dienen (Quell- und Zielverkehre). Von Vorteil ist der große räumliche Umgriff. Damit kann die bestehende Verkehrszelleneinteilung im Umland erheblich verfeinert und ausgeweitet werden. Die diesbezüglich zu konstatierenden Defizite des Modells im Status quo sind zuvor bereits adressiert worden.

Aus der Datenanalyse lautet der gutachterliche Vorschlag für einen räumlichen Umgriff alle Gemeinden bzw. Städte zu erfassen:

- ▶ Im Norden bis Münster (Münsterland)
- ▶ Im Osten bis Arnsberg (Sauerland)
- ▶ im Süden bis Siegen (Siegerland)
- ▶ im Westen bis Duisburg, Düsseldorf, Köln (Rheinland)

ODM-Daten im Hagener Stadtgebiet

Auf Hagener Seite liegen die Quellen und Ziele im ODM-Datensatz ebenfalls vor. Wie in Kap. 3.4 dargestellt wurde, gibt es Stadtgebiete mit hohen Anteilen im Quell- und Zielverkehr (Bsp. Hagen-Vorhalle).





ODM-Daten Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr

Ein wesentliches Ergebnis der Analyse der vorliegenden ODM-Daten war die Erkenntnis der Gleichverteilung der Verkehre (vgl. Kap.: 2.4.1):

- ▶ Quell- und Zielverkehr sind annähernd gleich (Das ist in der Pkw-Matrix im aktuellen Verkehrsmodell nicht der Fall!).
- ▶ Die prozentualen Verteilungen (Gewichtungen) zwischen Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr sind bekannt.

Auch wenn dies nicht in jedem Einzelfall der Realität entspricht und damit nicht als zwingender Eckpunkt der Modellierung gelten kann, so sind doch ungleiche Verteilung im Regelfall nur Sonderbedingungen geschuldet. So können Hin- und Rückweg morgens und nachmittags auf gänzlich unterschiedlichen Wegen regelmäßig stattfinden. Baumaßnahmen und Störungen im Verkehrsfluss der Hauptverkehrszeiten sind ähnlich gelagerte Gründe.

Die Ergebnisse, wie sie mit den ODM-Daten festzustellen waren, liefern jedoch ein deutlich stimmigeres Gesamtbild des modellierten Verkehrs.

3.5.3. Kfz-Verkehrsmodell Binnenverkehr

Quell- und Zielverkehre aller Binnenzellen sowie die Verkehrsströme zwischen den Binnenzellen (makroskopisch) sind aus den ODM-Daten bekannt.

Es müssen folgende Schritte unternommen werden:

- ▶ Hochrechnung „fehlender Binnenverkehre“ infolge 15-Minuten-Schranke (betrifft kleinräumige Verkehre zwischen benachbarten bzw. nahegelegenen Zellen)
- ▶ Abschichtung MIV/ ÖV.

Zur Ermittlung wären dann auch Distanzmatrizen (Entfernungsmatrizen) zwischen den Verkehrszellen heranzuziehen.

In klassischen Verfahren müssten ohnehin Verkehrsverteilungsmodelle angewendet werden, mit deren Hilfe die Wahrscheinlichkeit einer Ortsveränderung zwischen Zelle i und Zelle j ermittelt wird. Das ist jedoch aufwändig und fehleranfällig.

Insofern liegt hier ein eindeutiger Vorteil auf Seiten der ODM-Daten.

3.5.4. Verkehrsmodell ÖPNV

Ähnlich wie viele Daten für das Verkehrsmodell des MIV bereits vorliegen, können auch zentrale Grundlagen für das Verkehrsmodell ÖPNV aus bestehenden Daten generiert werden. Dies gilt insbesondere auch für die zentralen Bausteine wie Linien, Haltestellen und Fahrplandaten, die vom Open-Data-Portal des Verkehrsverbunds Rhein-Ruhr (VRR) heruntergeladen werden können. Es handelt sich um Daten im DINO-Rohdatenformat. Daten aus Open-Data-Portalen stellt auch der benachbarte NWL zur Verfügung.

VISUM erlaubt dann für ÖV-Benutzermodelle verschiedene Umlegungsverfahren:

- ▶ **Verkehrssystemfeines Verfahren:** Grundnetz mit Strecken und zugehörigen Fahrzeiten, ohne Linien, für Grobplanungen wie etwa Wunschliniennetze



- ▶ **Taktfeines Verfahren:** Liniennetz mit zugehörigen Fahrzeiten, ohne exakte Fahrpläne, für städtische Netze mit kurzen Fahrzeugfolgezeiten, für eher konzeptionelle Planungen
- ▶ **Fahrplanfeines Verfahren:** Liniennetz und zugehörige Fahrpläne für alle Fahrten mit genauen Abfahrts- und Ankunftszeiten, für genaue Planungen



Die ODM-Daten eignen sich eher für verkehrssystemfeine Untersuchungsverfahren. Für Quelle-Ziel-Beziehungen zwischen zwei Verkehrszellen, deren Größe und Luftliniendistanz bekannt ist, wird über Routensuchverfahren ein Best-Weg gesucht, der für ein ÖV-Verkehrssystem zugelassen ist. Die Nachfrage wird auf eine widerstandsminimale Route umgelegt.

Auf diese Weise könnte man theoretisch auch ein Streckennetz (z. B. Schienennetz) untersuchen, das weit über Hagen hinausgeht. Das ist insofern von Bedeutung, da Hagen Knotenpunkt mehrerer bedeutender Eisenbahnstrecken mit hochwertigem Verkehrsangebot sowohl im Fernverkehr als auch im Schienenpersonennahverkehr ist:

- ▶ Wuppertal – Dortmund
- ▶ Hagen – Hamm
- ▶ Hagen – Siegen
- ▶ Hagen – Warburg
- ▶ Hagen – Dieringhausen

Auch eine Kombination von ODM-Daten mit bekannten Quelle-Ziel-Beziehungen wäre denkbar. Diese Daten könnten auch für eine Plausibilisierung der Abschichtung der Verkehrsanteile von MIV und ÖV herangezogen werden.

Für erwogene Untersuchungen betreffend das städtische Verkehrsunternehmen Hagener Straßenbahn AG (HST) eignen sich eher taktfeine bzw. fahrplanfeine Umlegungsverfahren. Hier wäre es von Vorteil, Nachfragematrizen auf der Grundlage von haltestellenscharfen und ggf. auch fahrtenscharfen Ein- und Aussteigerzahlen zu erstellen, wenn und soweit diese Daten bei der HST vorliegen.





4. Eignung der ODM-Daten für das Verkehrsmodell HA

4.1. Grundlagen und Analysedesign

Modelle der Verkehrserzeugung basieren auf Strukturdaten stellen die Grundlage jedweder Verkehrsmodellierung dar. Verkehrsgrößen werden daher im Regelfall aus Strukturgrößen wie z. B. Einwohnerzahlen, Arbeitsplätze etc. abgeleitet. Liegen im umgekehrten Fall zunächst Verkehrsdaten/Bewegungsdaten vor, wie im hiesigen Fall, dann ist es sinnvoll, dazu die passenden Strukturdaten zu analysieren. Das geschieht nachfolgend mittels einer Regressionsanalyse. Die Ergebnisdarstellung reflektiert diesen Weg und zeigt die spezifischen Stärken und Schwächen auf.

Die Hagener Statistik (Bevölkerungsatlas Hagen) bietet auf Basis statistischer Bezirke und weitergehenden Untergliederungen folgende Strukturdaten für die Verkehrsplanung, die allseits lfd. aktualisiert werden und damit eine gute und aktuelle Modellbasis darstellen:

- ▶ Einwohner
- ▶ Altersgruppenverteilungen
- ▶ Kfz-Bestand
- ▶ Bestand an privaten Pkw.

4.2. Erklärung des Quellverkehrs

4.2.1. Erklärung mittels Einwohnerdaten

Im vorliegenden Fall werden dem ODM-Quellverkehrsaufkommen die Einwohnerzahlen (Einwohner > 10 Jahre) gegenübergestellt. **Abbildung 25** zeigt diese Gegenüberstellung für den Quellverkehr als zu erklärende Größe in Abhängig von der Anzahl der Einwohner, sozusagen als These. Die Darstellung der gegebenen Daten und der Verhältnisziffer „Quellverkehr je Einwohner (>10 Jahre) stellt sozusagen die These dar, dass es diesbezüglich einen stringenten Zusammenhang gibt.

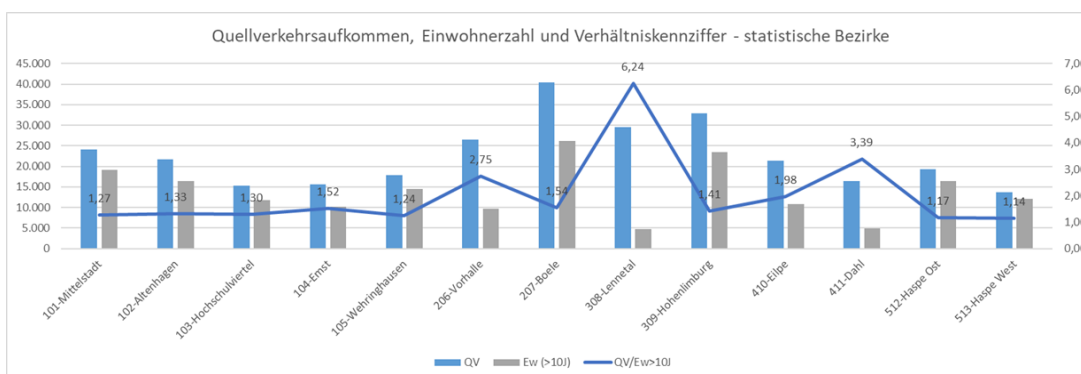


Abb. 25: Erklärungsansatz Quellverkehr als Funktion der Einwohnerzahl

Im Regelfall haben die einzelnen statistischen Bezirke 10.000 Einwohner und mehr. Ausnahmen stellen die gewerblich geprägten Bezirke Lennetal und Dahl dar, die weniger als 5.000 Einwohner, jedoch erhebliche Verkehrsaufkommen aufweisen. Lennetal verfügt über ausgedehnte Industrie- und Gewerbeflächen, Dahl ist ein eher ländlich geprägter Ortsteil. Es ist



anzunehmen, dass der deutlich höhere Quellverkehr in Lennetal aus der gewerblichen Flächennutzung resultiert.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

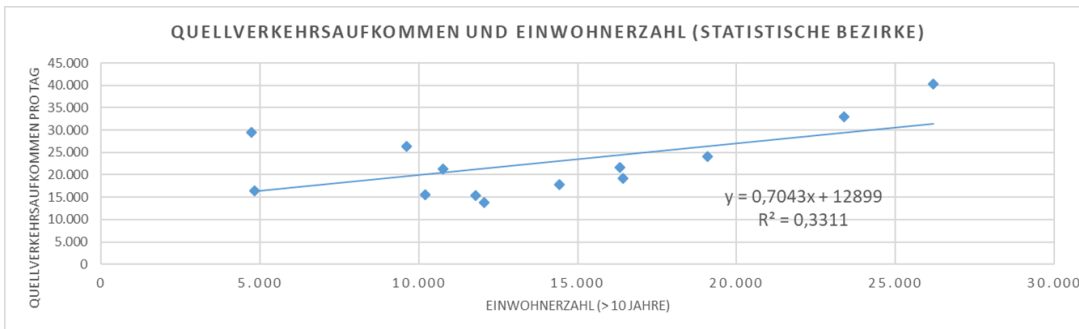


Abb. 26: Regressionsanalyse Quellverkehr und Einwohnerzahl

Die Regressionsanalyse und nicht zuletzt die grafische Darstellung in **Abbildung 26** zeigt einen wenig klar ausgeprägten funktionalen Zusammenhang zwischen den Einwohnerzahlen und dem Quellverkehrsaufkommen.

4.2.2. Erklärung mittels Anzahl der Kfz

Um gewerblich und ländlich geprägte Bezirke besser abbilden zu können, wird im 2. Ansatz der Kfz-Besatz als erklärende Strukturgröße gewählt. **Abbildung 27** zeigt die grafische Darstellung der einzelnen statistischen Bezirke im direkten Vergleich.

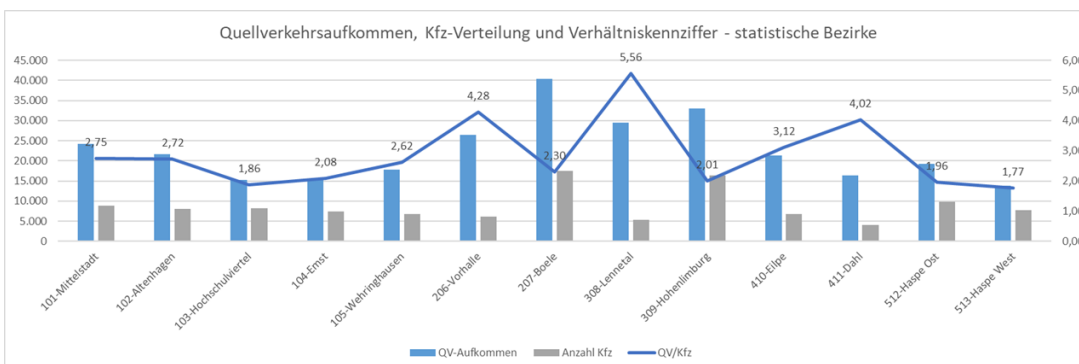


Abb. 27: Erklärungsansatz Quellverkehr als Funktion der Kfz-Verteilung

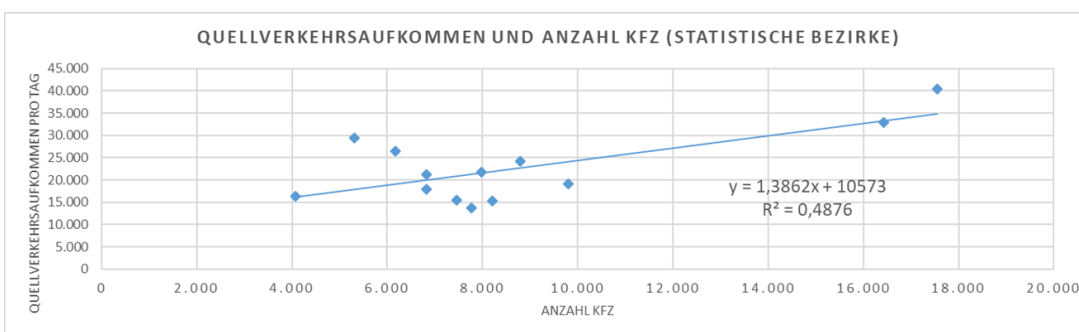
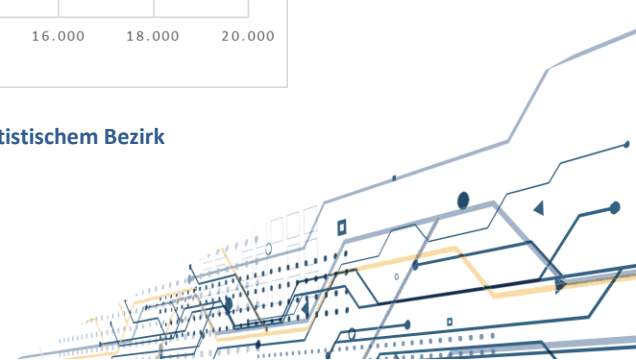


Abb. 28: Regressionsanalyse Quellverkehr und Kfz-Verteilung je statistischem Bezirk



Die Ergebnisse der Regressionsanalyse (vgl. **Abbildung 28**) fallen besser aus:

- Das Bestimmtheitsmaß R^2 ist höher
- Der Anstieg der Regressionsgeraden ist höher (spez. Wegeaufkommen je Kfz)

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



Unter Berücksichtigung des Kfz-Besatzes heben sich zudem die Bezirke Boele und Hohenlimburg stärker von allen anderen Bezirken ab. Die Ergebnisse lassen für beide Bezirke auf eine hohe Bedeutung des MIV schließen, die sich unabhängig von den Einwohnerdaten erklärt. Wegen des mittlerweile hohen Anteils an Firmenwagen mit Zuordnung des Fahrzeugs zum Firmensitz ist hier eine sachlogische begründete Erklärungsgrundlage gegeben.

4.2.3. Erklärung mittels Anzahl der privaten Pkw

Aus Gründen der Vollständigkeit ist dann abschließend auch der private Pkw (-Besitz) als erklärende Größe für den Quellverkehr untersucht worden. **Abbildung 29** zeigt in der Darstellung wie zuvor die unterschiedlichen Ausprägungen der statistischen Bezirke diesbezüglich.

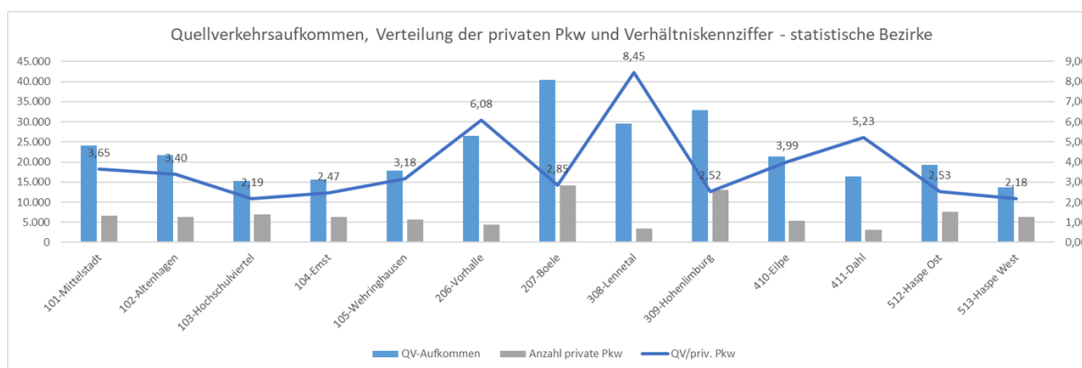


Abb. 29: Erklärungsansatz Quellverkehr als Funktion der Anzahl privater Pkw

Abbildung 30 zeigt die Ergebnisse der Regressionsanalyse grafisch und mit dem berücksichtigten funktionalen Zusammenhang. Im Vergleich zum Ansatz mit Erklärung auf Basis der Anzahl der Kfz fällt das Ergebnis schlechter aus.

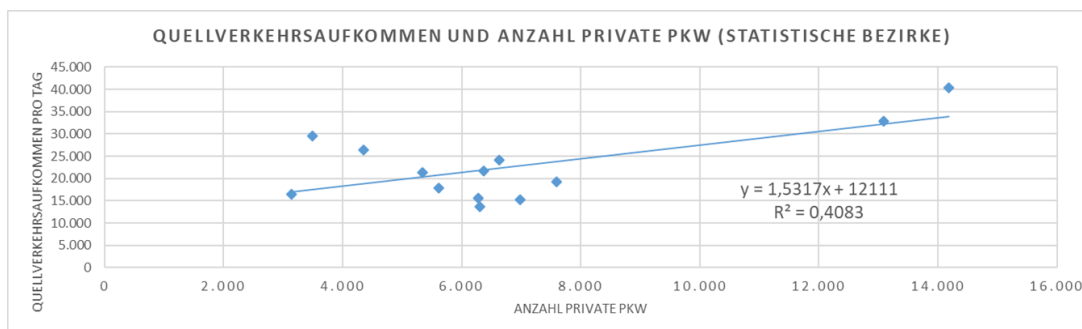


Abb. 30: Regressionsanalyse Quellverkehr und Anzahl privater Pkw





4.2.4. Ergebnis der Erklärungsansätze für den Quellverkehr

Das Quellverkehrsaufkommen der Statistischen Bezirke (Mobilfunkdaten ODM) kann am besten über den Kfz-Besatz je Bezirk als maßgebende Strukturgröße plausibilisiert werden. Unterschiede zwischen städtisch und ländlich geprägten Stadtbezirken sowie Bezirken mit einem hohen Anteil an Industrie- und Gewerbeflächen können über diese Strukturgröße am besten geglättet bzw. ausdifferenziert werden.

Auch der sachlogische Zusammenhang kommt besser zum Tragen, weil zum einen private Kfz nur einen Anteil aller Kfz abbilden, zum anderen Gewerbestandorte, die vielfach das Verkehrsaufkommen maßgeblich prägen, die Zuordnung von gewerblich induziertem Verkehr viel eher anzeigen können.

4.3. Erklärung Stadt-Umland-Verkehr durch Pendlerverflechtungen

4.3.1. Datengrundlagen und Erklärungsansatz

Wie eingangs dargestellt wurde, ist ein großer Anteil der negativen Folgewirkungen der Automobilität den alltäglichen Verkehren von Pendlern zuzurechnen. Daher wird hier als zweiter Ansatz zur Evaluierung der ODM-Daten eine diesbezüglich spezifische Erklärung angestrebt. Unter <https://www.pendleratlas.nrw.de/> liegen umfassende Daten zu Pendlerverflechtungen zwischen den Gemeinden in NRW (und darüber hinaus) als Strukturdaten in hoher Güte und mit lfd. Aktualisierung vor.

Berücksichtigt werden alle Erwerbstätigen, die eine auf Erwerb ausgerichtete Tätigkeit ausüben, unabhängig vom Umfang dieser Tätigkeit. Hierzu gehören sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, geringfügig Beschäftigte, Beamte, Richter, Selbstständige und mithelfende Familienangehörige. Damit ist ein weiterer Vorteil schon in den Daten gegeben, die mit dieser gesamtheitlichen Erfassung nicht nur die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten berücksichtigen. Denn nicht zuletzt geringfügig Beschäftigte, (Schein-) Selbstständige und mithelfende Familienangehörige müssen als überproportional affin zum motorisierten Individualverkehr eingeschätzt werden.

4.3.2. Entwicklung der Pendlerverflechtungen 2013 bis 2018

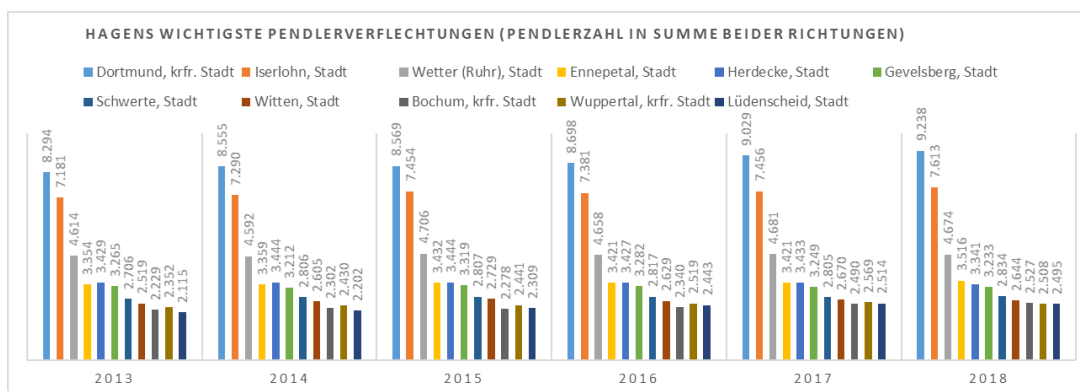
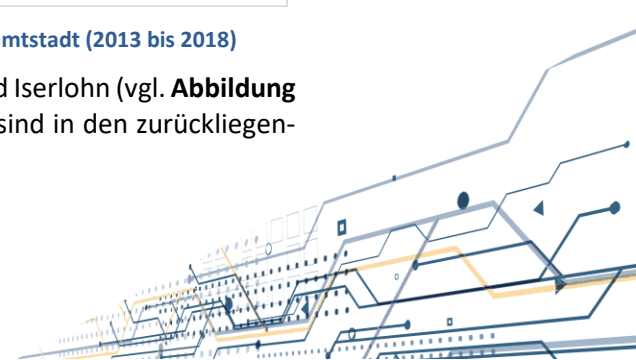


Abb. 31: Entwicklung der wichtigsten Pendlerverflechtungen – Hagen Gesamtstadt (2013 bis 2018)

Die wichtigsten Pendlerverflechtungen hat Hagen mit Dortmund und Iserlohn (vgl. **Abbildung 31**). Die Verflechtungen mit Lüdenscheid, Bochum und Dortmund sind in den zurückliegen-



den Jahren gewachsen, während die Verflechtungen im Nahbereich etwa mit Gevelsberg oder Wetter stagnieren. **Abbildung 32** macht deutlich, dass mit beinahe +20% in nur 4 Jahren die Relation nach Lüdenscheid mit Abstand am stärksten gewachsen ist.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

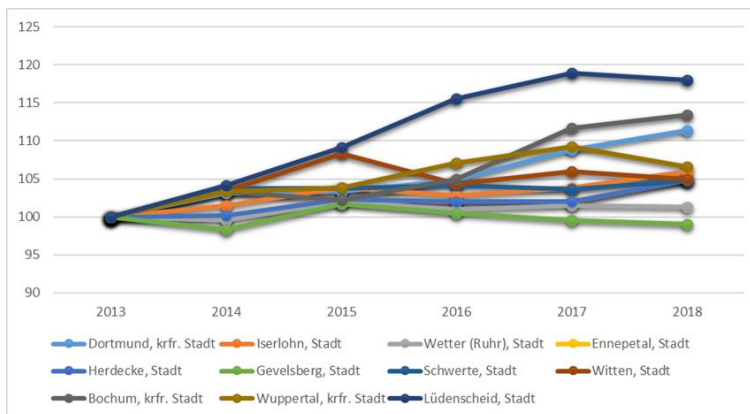


Abb. 32: Vergleich der Entwicklungsdynamik der Pendlerverflechtungen (2013 = 100)

4.3.3. Entwicklung der Verkehrsleistung der Pendler

Da in der Pendlerrechnung auch mittlere Entfernungen hinterlegt sind, kann eine Auswertung der wichtigsten Relationen hinsichtlich der Menge der Pendler multipliziert mit der zurückgelegten Entfernung vorgenommen werden. Damit wird das Gewicht der Reiseweite und der damit bedingten Verkehrsleistung in der Modellierung unmittelbar berücksichtigt.

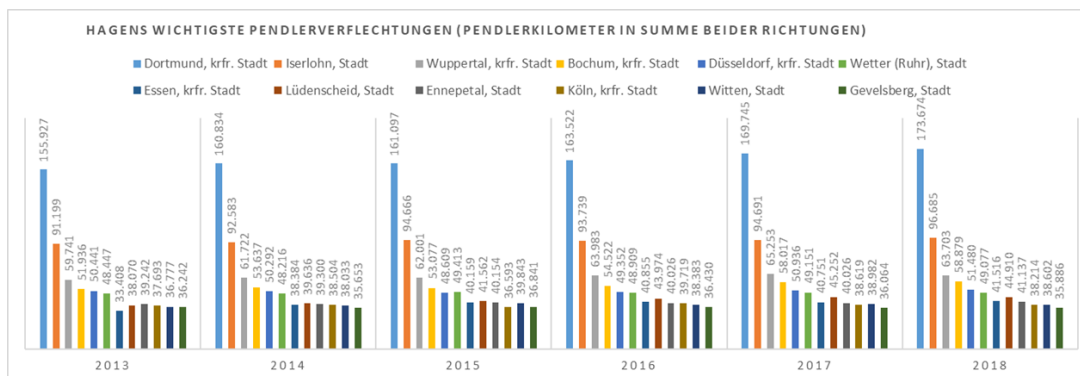


Abb. 33: Entwicklung der Verkehrsleistung der Pendlerverflechtungen – Hagen Gesamtstadt

Nach dieser Auswertung (vgl. **Abbildung 33**) ergibt sich nämlich ein leicht abgewandeltes Bild. Zwar sind Dortmund und Iserlohn auch hier die wichtigsten Relationen, jedoch haben Wuppertal und Bochum eine größere Bedeutung. Hinzu kommen Düsseldorf, Essen und Köln als Ziele in weiterer Entfernung. Herdecke und Schwerte beispielsweise sind in dieser Auswertung nicht (mehr) vertreten.

Zuwachsraten haben in den zurückliegenden Jahren die Pendlerverflechtungen mit Essen, Bochum und Dortmund sowie Lüdenscheid im Süden. Das zeigt **Abbildung 34**. Gerade die längeren Relationen nach Essen, Bochum und Dortmund überprägen somit die Entwicklung der Verkehrsleistung der Pendlerverkehre.



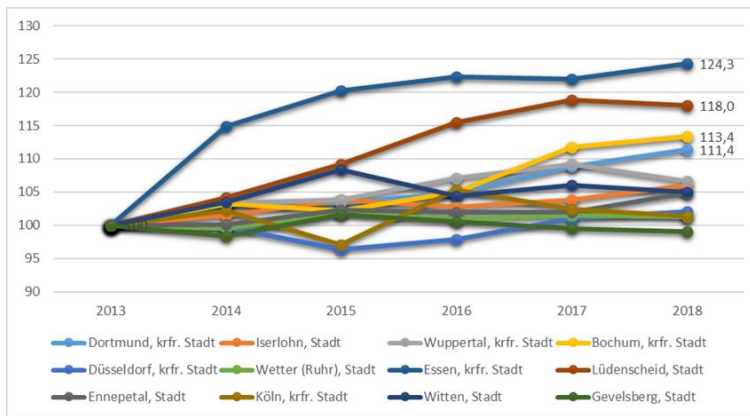


Abb. 34: Entwicklungsdynamik Verkehrsleistung Pendlerverflechtungen – Hagen Gesamtstadt

Auf diesen Analysen aufbauend ist dann eine Erklärung des Quell- und des Zielverkehrsaufkommens für die Kordon-übergreifenden Relationen in Abhängigkeit von den Pendlerverflechtungen geprüft worden. Zu diesem Zweck sind zunächst die relativen Ergebnisse bzw. Daten dafür der verschiedenen Relationen in **Abbildung 35** im Vergleich zueinander aufgetragen worden. Ganz links findet sich Dortmund, welches beim Quell- und Zielverkehr sowie beim Pendlervolumen die höchsten absoluten Werte aufweist.

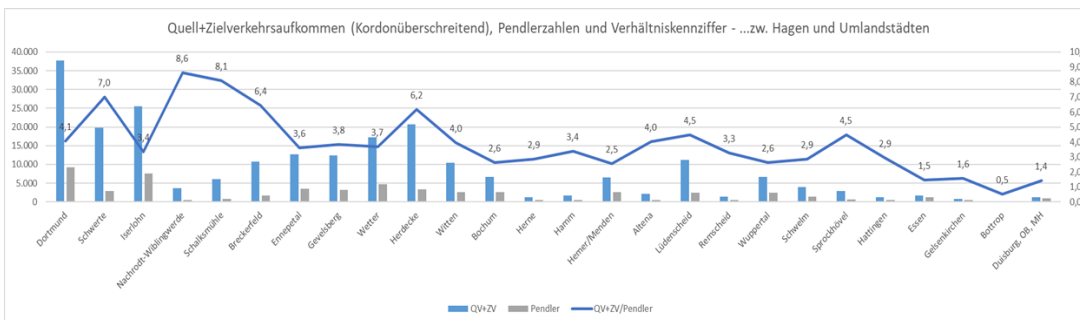


Abb. 35: Kordon-übergreifendes Verkehrsaufkommen und Pendlerverflechtungen

Abbildung 36 zeigt dann das Ergebnis der Regressionsanalyse grafisch.

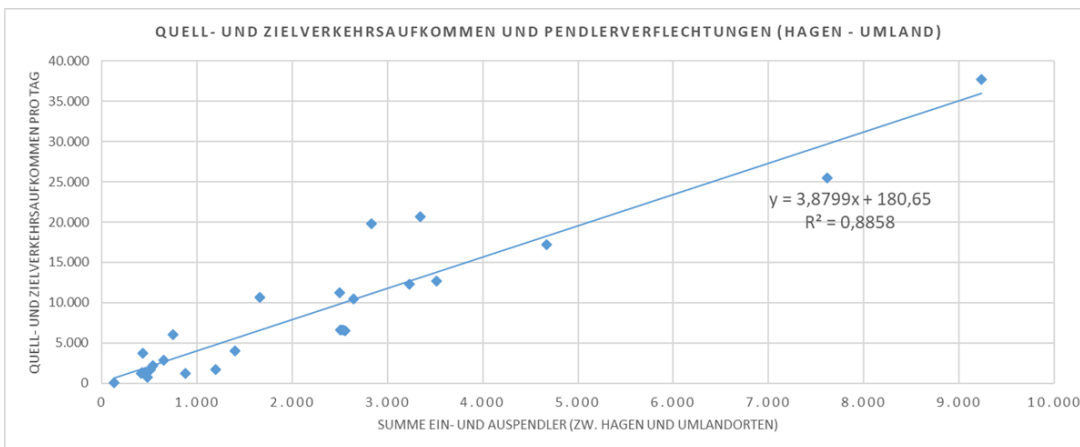
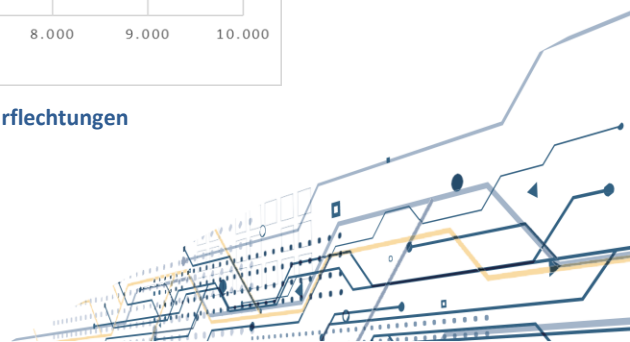


Abb. 36: Regressionsanalyse Verkehrsaufkommen und Pendlerverflechtungen



Es wird ein klarer Zusammenhang mit einem hohen Bestimmtheitsmaß ersichtlich. Auch im hiesigen Fall ist der sachliche Zusammenhang unmittelbar verständlich. Gleichzeitig ist zu beachten, dass sowohl die ODM-Daten als auch die Daten aus dem Pendleratlas problemlos regelmäßig aktualisiert werden (können).

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



Dabei ist zu beachten, dass nicht alle Städte in der Analyse berücksichtigt werden konnten, sondern nur die in **Abbildung 31** genannten. Demnach fehlen große und wichtige Städte wie Düsseldorf und Köln, da sie in größeren Verkehrszellen eingebunden sind. Dies kann als Beleg gewertet werden, die Verkehrszellen im Hagener Umland mit der Nutzung von ODM-Daten räumlich flexibler und angepasst an die aktuellen Erfordernisse zu gestalten (vgl. Kap. 2.1.3).

4.3.4. Abgleich mit den Kordon-übergreifenden Verkehren

Zur Untermauerung der These in Kapitel 2.6 wurden die Ergebnisse der Straßenverkehrszählung 2015 (www.bast.de) ausgewertet. Gegenübergestellt wurden auch die Zählergebnisse aus der Verkehrszählung SVZ 2015 (vgl. **Abbildung 37**).

Der Kordon-übergreifenden Verkehr läuft zu mehr als 75 % über die Autobahnen A1, A45 und A46. Die Verkehrsbelastungen der Autobahnen liegen in allen Fällen (selbst auf der „kurzen“ A46 Hagen – Iserlohn – Hemer!) bei über 50.000 Kfz im werktäglichen DTV (DTV-W). Im Extremfall (A1 westl. Hagen) sind sogar mehr als 100.000 Kfz pro Tag im DTV-W zu verzeichnen.

Der Rest verteilt sich auf ca. 15 Bundes-, Landes- und Kreisstraßen. Davon wiederum weisen 5 Bundes- bzw. Landesstraßen Verkehrsbelastungen in einer Größenordnung zwischen 10.000 und 20.000 Kfz pro Tag im DTV-W auf.

Die Durchgangsverkehrsströme dürften sich im Wesentlichen auf die Autobahnen und die genannten, höher belasteten 5 Bundes- bzw. Landesstraßen beziehen.

Bei den restlichen 10 Straßen mit Verkehrsbelastungen unter 10.000 Kfz pro Tag im DTV-W dürften für den Durchgangsverkehr so gut wie keine Rolle spielen und nur Hagener Quell- und Zielverkehre aufnehmen. Dieses Bild der tatsächlichen Verkehrsmengen im übergeordneten Netz deckt sich dem Grundsatz nach mit den vorgestellten Analysen.

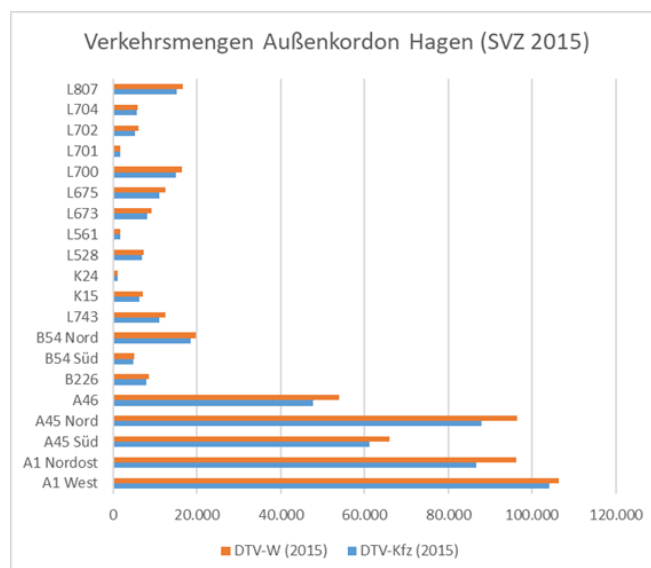


Abb. 37: Verkehrsmengen Außenkordon Hagen (SVZ 2015)



5. Aufbereitung und Nutzung stundenbezogener ODM-Daten

5.1. Aufbereitung der stundenbezogenen ODM-Daten

In Kapitel 2.2 wurde festgestellt, dass in der Datenmenge der Tageswerte rund 42% mehr Wege enthalten sind als in der Datenmenge der Stundenwerte. Das von Motionlogic verwendete Verfahren ist nicht offengelegt und kann daher nicht zur Ursachenforschung herangezogen werden. Gleichwohl soll ausgelotet werden, ob und inwieweit auch die stundenbezogenen ODM-Daten im Weiteren verwendet werden können.



Dazu wird zunächst untersucht, welche Daten fehlen. Wenn nämlich diesbezüglich eine klare Abgrenzung der validen Daten (weil vollständig) und der nicht validen Daten (weil unvollständig) möglich ist, dann kann mit den validen Daten natürlich problemlos weitergearbeitet werden. Um einen direkten Vergleich aller Daten zu ermöglichen, werden die Stundenwerte gruppiert. Merkmale sind der Wochentag und die Start-Ziel-Relation. In jeder Gruppe werden die Stundenwerte zu einer Stundensumme aggregiert. Man erhält so einen direkten Vergleichswert zum Tageswert.

5.2. Stundenbezogene Auswertungen der ODM-Daten im Vergleich

Zwischen den Stundensummen und den Tageswerten besteht logikbedingt ein linearer Zusammenhang. Das folgende Streudiagramm veranschaulicht die Zusammenhänge für den Dienstag und den Sonntag (vgl. **Abbildung 39**).

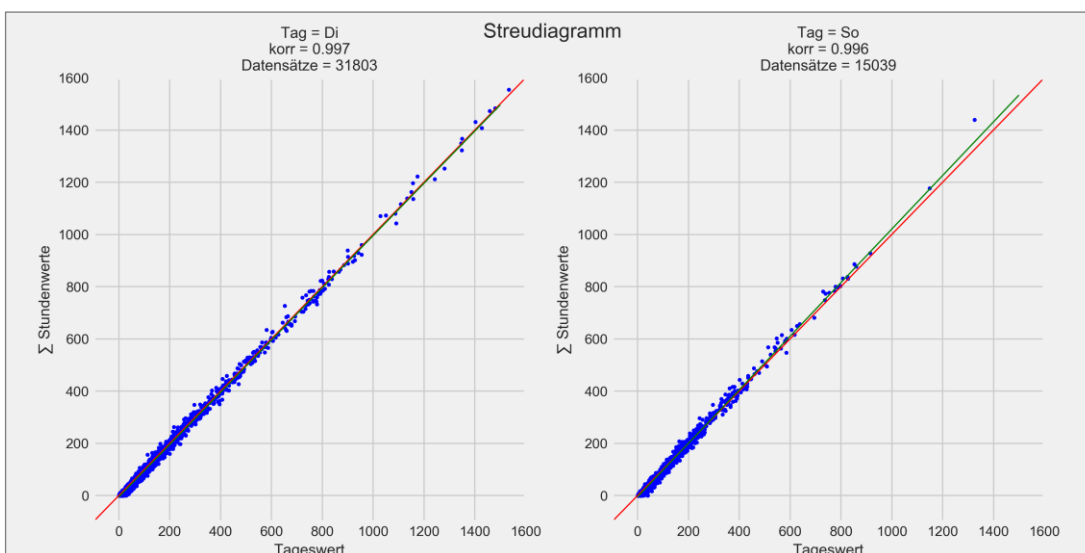
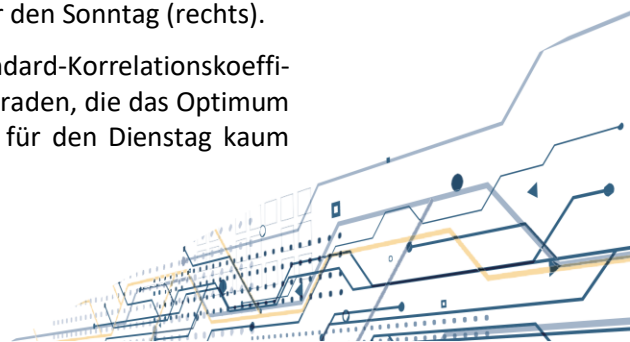


Abb. 39: Streudiagramm der Stundenwerte über den Tageswerten (ODM-Daten)

Es sind jeweils alle Datensätze als Punkt eingetragen. Der Tageswert bestimmt die X-Koordinate und die Stundensumme die Y-Koordinate. Wenn alle Werte genau auf einer Geraden lägen, dann würden alle Stundenwerte in Summe genau den Tageswert ergeben. Für die vorliegenden findet sich die Darstellung für den Dienstag (links) und für den Sonntag (rechts).

Ein linearer Zusammenhang wird hiermit visuell bestätigt. Der Standard-Korrelationskoeffizient liegt für alle Wochentage bei über 99.5%. Neben der roten Geraden, die das Optimum darstellt, ist die grüne Regressionsgerade eingezeichnet. Sie liegt für den Dienstag kaum



sichtbar neben der roten Gerade und für den Sonntag offensichtlich leicht darüber bzw. nach links abweichend. Es stellt sich die Frage, wie die Grafik mit der 42%-Wege-Differenz zu vereinbaren ist. Die Antwort ist, dass den Datensätzen eine Gewichtung zugrunde liegt, die hier nicht berücksichtigt wird. Beispielsweise häufen sich viel mehr Datensätze im unteren linken Bereich, die alle eine verhältnismäßig geringe Wegeanzahl repräsentieren.

Datum: 27.07.2020

Version: 1.1

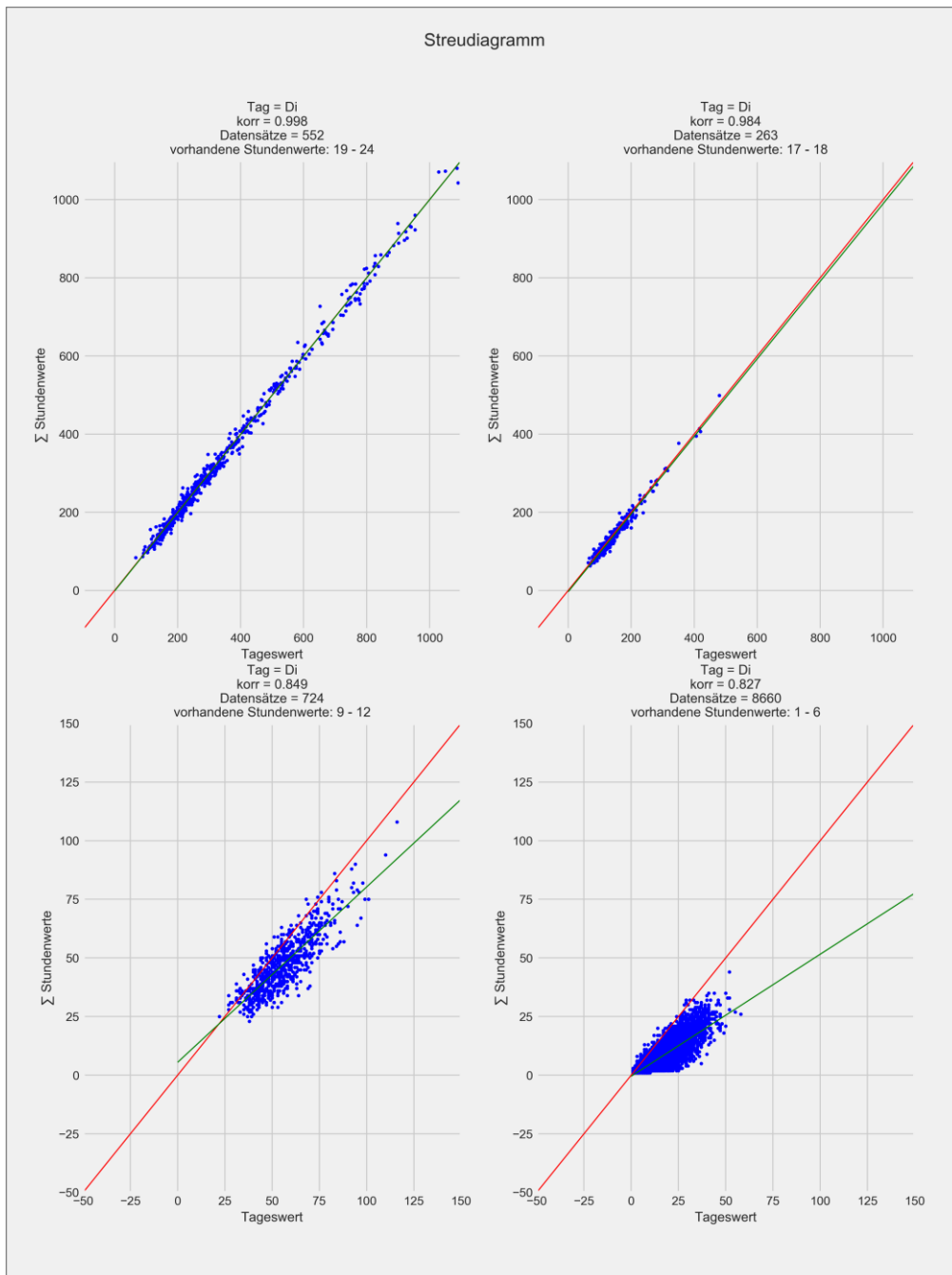
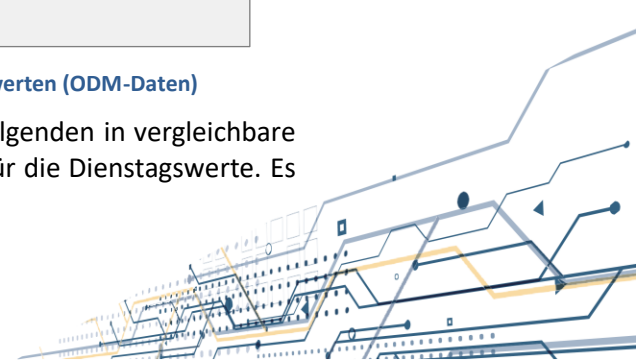


Abb. 40: Streudiagramm ausgewählter Stundenwerte über den Tageswerten (ODM-Daten)

Um dieser Verzerrung entgegenzuwirken, werden die Daten im Folgenden in vergleichbare Klassen eingeteilt; **Abbildung 40** zeigt die Einteilung in 4 Klassen für die Dienstagswerte. Es



hat sich gezeigt, dass eine Einteilung nach der Anzahl der Datensätze mit Stundenwerten, einen interessanten Zusammenhang offenbart. Oben links werden 552 Datensätze gezeigt, die nahezu über den ganzen Tag Wege erfasst haben (19 bis 24 Stunden). Unten rechts findet sich hingegen der umgekehrte Fall; dort finden sich nur sehr wenige Stundenwerte (1 bis 6 Stundenwerte) in den 8.660 Datensätzen.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



Es zeigt sich deutlich, dass mit Abnahme der vorhandenen Datensätze mit Stundenwerten auch der Korrelationskoeffizient abnimmt und sich die Regressionsgerade vom Optimum wegdreht (im Uhrzeigersinn nach rechts). So beträgt der Korrelationskoeffizient im 1. Fall 0,998, während er im letzten Fall, also für die größte Anzahl der Datensätze mit jeweils den niedrigsten Stundenwerten nur (aber immer noch) 0,8660 beträgt. Gleichzeitig ist die Anzahl der Datensätze der beiden unteren Grafiken ca. 10x größer als der beiden oberen.

Um den Zusammenhang weiter zu verdeutlichen, folgt ein Balkendiagramm, das die Anzahl der Wege in den beiden Datenmengen vergleicht (vgl. **Abbildung 41**). Auch hier wurde der Dienstag als Beispiel ausgewählt. Andere Tage zeigen aber ein identisches Muster, das nur quantitative Unterschiede aufweist.

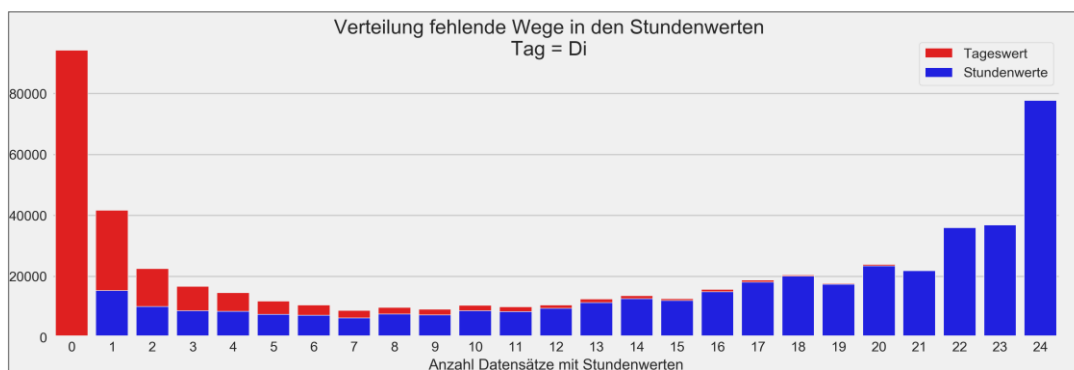


Abb. 41: Datenmengenvergleich für Tageswerte und Stundenwerte (ODM-Daten)

Die blauen Balken – die Stundenwerte – verdecken die Tageswerte. Dadurch entsteht der visuelle Effekt, dass die nicht verdeckten roten Bereiche, die fehlenden Wege darstellen. Die Aussage der Streudiagramme wird nochmal unterstützt. Sinkt die Anzahl an vorhandenen ODM-Relationen mit wenig vorhandenen Stundenwerten, dann nimmt auch die Anzahl von fehlenden Wegen zu.

Eine Erklärung könnte die statistische Unschärfe im verwendeten Verfahren zur Auswahl und Zuordnung der Daten sein. Wie auf der Folgeseite dargestellt ist (vgl. **Abbildung 37**), wird die Anzahl der Wege im Bereich der wenigen Stundenwerte (links) mit wenigen Stundenwerten durch sehr viel mehr Datensätze generiert, was dann auch zur Summierung von statistischen Fehlern führen kann. Es finden sich demnach rd. 20.000 Datensätze, die keinen Stundenwert aufweisen bzw. knapp 5.000 Datensätze, die nur einen Stundenwert aufweisen.

Da ein wesentliches Merkmal der ODM-Daten der Tatbestand ist, dass für alle Relationen nur diejenigen Datensätze mit Stundenwerten weiterverwendet wurden, die mindestens 5 Fälle ausweisen, werden alle Stundenwerte, die sich nur aus 1 Fall bis 4 Fälle generieren, nicht in den ODM-Datensätzen abgebildet bzw. die jeweiligen Stundenwerte werden zu Null ausgewiesen. Damit kann zum einen geschlussfolgert werden, dass auch hier deutlich wird, dass alle ODM-Relationen mit wenig Aufkommen in den Stundenwerten unterrepräsentiert sind.



Das sind im Regelfall der Verkehrsplanung Relationen mit einem geringen Potenzial, also einerseits schwache Relationen nach den verbundenen Potenzialen oder aber Relationen mit einem relativ hohen Widerstand bzw. einer größeren Distanz.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

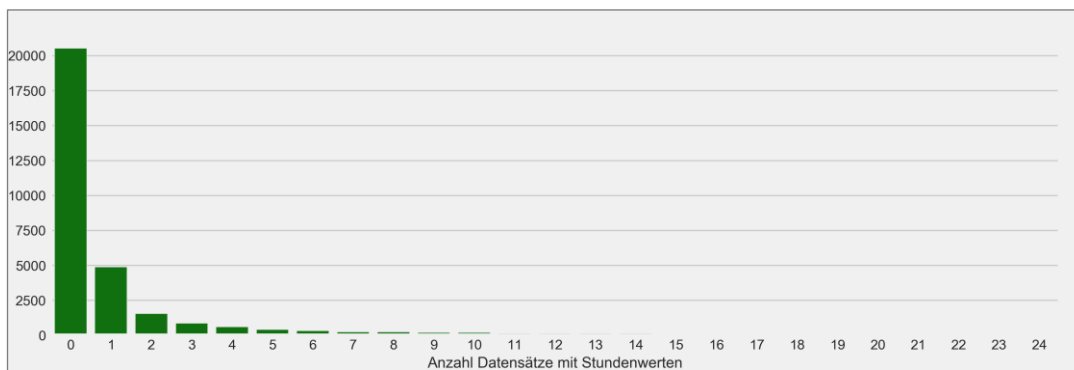


Abb. 42: Verteilung der Anzahl der Datensätze mit Stundenwerten (ODM-Daten)

Abschließend liegt die insofern die Vermutung nahe, dass die ODM-Datensätze mit Aggregation auf Stundenbasis die schwachen Verkehre nur ungenau abbilden können. Mit zunehmendem Verkehrsaufkommen nähert sich die Qualität den Tageswerten an (vgl. **Abbildung 42**). In Kenntnis dieser Zusammenhänge sind aber sehr wohl weitere Analysen auf Basis der Stundenwerte als zulässig zu erachten, wie sie hier nachfolgend in den Ergebnissen dargestellt sind.

5.3. Tagesganglinien und Wochentage

Auch wenn, wie zuvor erläutert wurde, hinsichtlich der ODM-Daten eine Konsistenz zwischen Tages- und Stundendaten nicht besteht, so liefert die stundenbezogene Auswertung doch wertvolle Hinweise über die typischen Ganglinien an den entsprechenden Wochentagen. Dies zeigt zunächst in der Liniendarstellung die nachfolgende **Abbildung 43**.

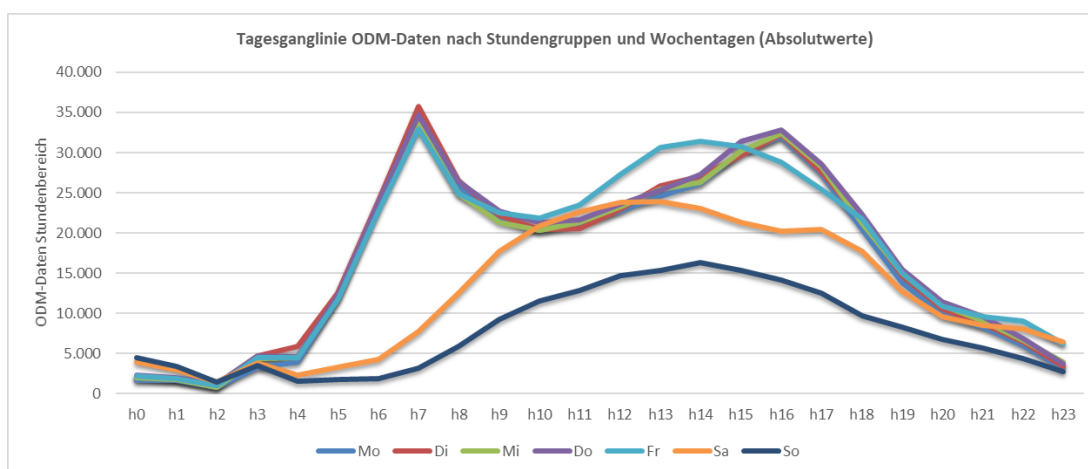
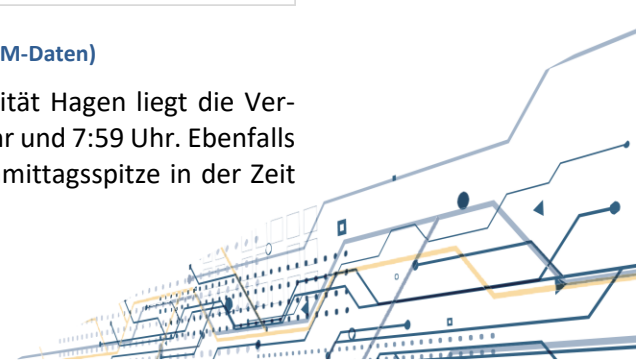


Abb. 43: Tagesganglinie Gesamtmobilität Hagen absolut (ODM-Daten)

Nach den absoluten Werten der Tagesganglinie der Gesamtmobilität Hagen liegt die Verkehrsspitze morgen werktags in der Stunde 7, also zwischen 7:00 Uhr und 7:59 Uhr. Ebenfalls an den Werktagen ergibt sich dann eine relativ ausgeprägte Nachmittagsspitze in der Zeit



von 16:00 Uhr bis 16:59 Uhr, die danach schnell abfällt. Während die Morgenspitze an Freitagen ähnlich verläuft, stellt sich die Nachmittagsspitze deutlich anders dar; insgesamt sehr hohe Werte sind demnach von 13:00 Uhr bis nach 16:00 Uhr zu verzeichnen.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

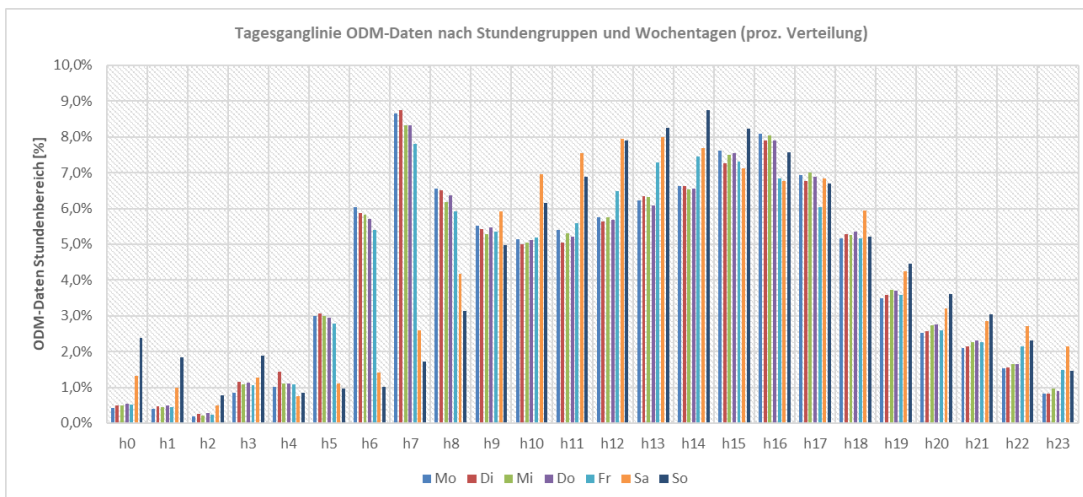


Abb. 44: Tagesganglinie ODM-Daten für Hagen nach Stundengruppen und Wochentagen

In **Abbildung 44** ist dann die Tagesganglinie der ODM-Daten nach Stundengruppen und Wochentagen in einer Grafik in der prozentualen Verteilung dargestellt. Hier wird die relative Bedeutung der Stundengruppen im Vergleich untereinander verdeutlicht:

- ▶ An den Werktagen Montag bis Freitag liegt der Spitzenwert des Aufkommens in der Stundengruppe 7 bis 8 Uhr bei einem Spitzenstundenanteil von 8,3% (Mi, Do) bzw. 8,7 % (Mo, Di).
- ▶ Die Nachmittagsspitze an Montagen bis Donnerstagen wird im Stundenintervall 16 bis 17 Uhr erreicht bei Stundenanteilen zwischen 7,9 und 8,1 %.
- ▶ An Freitagen ist die Nachmittagsspitze vorgezogen und erstreckt sich über die Stundenbereich 13 bis 16 Uhr mit Spitzenstundenanteilen zwischen 7,3 und 7,5 %.
- ▶ Sonnabends wird der Spitzenwert des Verkehrsaufkommens zwischen 12 und 15 Uhr erreicht bei einem Spitzenstundenanteil zwischen 7,7 und 8,0 %.
- ▶ An Sonntagen erstreckt sich die Tagesspitze zwischen 13 und 16 Uhr. Im Stundenintervall 14 bis 15 Uhr ist der Maximalwert mit einem Anteil von 8,7 % am Tageswert zu verzeichnen.

Die Ergebnisse sind in ihrer Struktur hoch plausibel. Unterstellt man die Möglichkeit der regelmäßigen Erstellung und Darstellung der ODM-Daten auf dieser Basis, also als Stundenwerte, so lassen sich damit in jedem Fall differenzierte Trends nachzeichnen.



5.4. Plausibilisierung der Daten am Beispiel der SrV-Tagesganglinie für Bochum

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



Die SrV-Erhebung 2013 für Bochum liefert eine Vergleichsmöglichkeit zur Plausibilisierung der ODM-Daten hinsichtlich der prozentualen Verteilung im Tagesverlauf eines mittleren Werktags im Vergleich zu einer etablierten Datenquelle der Verkehrsplanung.

Die Hager ODM-Daten stammen aus der zweiten Novemberhälfte 2019 (vgl. Kap. 2.2), die Bochumer SrV-Daten wurden im Zeitraum Januar bis Dezember 2013 außerhalb von Ferien und Feiertagen erhoben.

Der methodische Unterschied liegt darin, dass im Fall der SrV 2013 alle Personen ausgewählter Haushalte auf Basis einer Stichprobenziehung aus dem städtischen Einwohnermelderegister (geschichtete Zufallsauswahl) befragt worden sind. Die SrV-Daten resultieren damit aus einer zwar systematischen, gleichwohl aber geringen Datenbasis, deren Weiterverarbeitung im Date nachvollzogen werden kann. Demgegenüber erfassen die ODM-Daten alle Bewegungen von Mobilfunkkunden der Telekom AG, die auf den Gesamtmarkt der Mobilfunkkunden bzw. die Gesamtbevölkerung hochgerechnet wurden, ohne dass die Methodik dafür im Einzelnen bekannt ist.

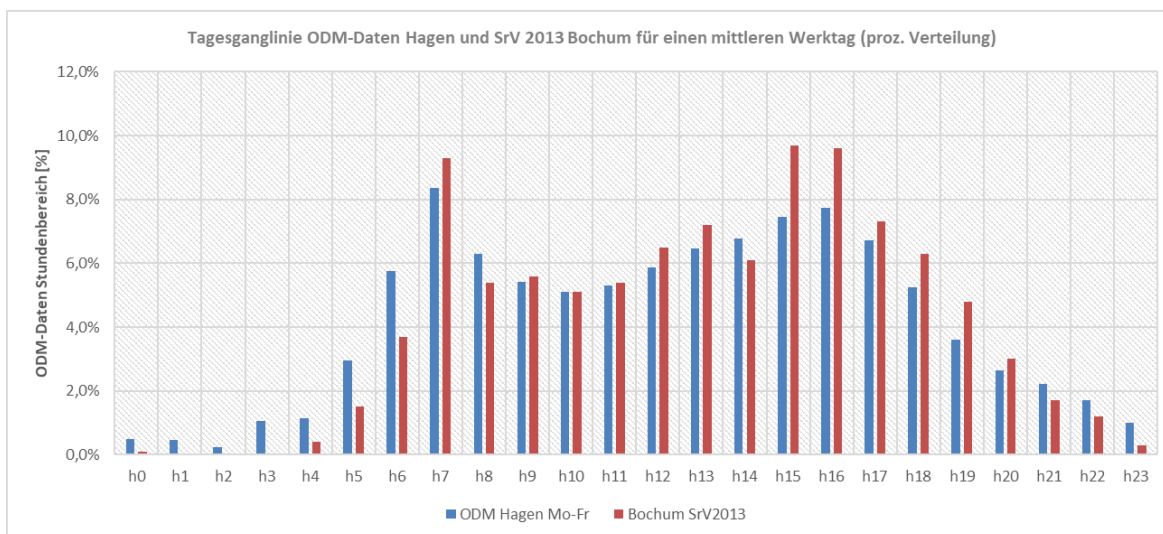


Abb. 45: Tagesganglinie ODM-Daten 2019 Hagen vs. SrV 2013 Bochum

In **Abbildung 45** zeigt sich im Allgemeinen gleichwohl eine recht gute Übereinstimmung der tageszeitlichen Verteilungen insbesondere im Zeitbereich zwischen 7 und 15 Uhr.

Eine Ausnahme stellen die Nachmittagsstunden zwischen 15 und 17 Uhr dar, die in Bochum 2013 anteilig sehr hoch ausgefallen sind. Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass an Nachmittagen sehr vielfältige Wege der Wegezwecke Arbeit, Einkauf, Freizeit, Wohnen etc. zeitgleich erfolgen, die im SrV-Verfahren detailliert erfasst werden, währenddessen im ODM-Verfahren viele dieser kurzen Wege unter der 15-Minuten-Schranke bleiben und daher im Datensatz nicht abgebildet sind.

Im Falle von Bochum ist zudem der nächtliche Zeitbereich ab 22 Uhr und vor 6 Uhr aufgrund der Erhebungsmethodik des SrV-Verfahrens sicher etwas unterrepräsentiert. In diesem Zeit-



bereich findet so gut wie keine Mobilität der Wohnbevölkerung statt, währenddessen beispielsweise der Wirtschaftsverkehr (Schwerverkehr) auf Autobahnen weiter rollt. Gerade die vor- und nachgelagerten Fahrten des Fernverkehrs, also die Teilabschnitte der Fahrten vom Start bis zur nächsten Autobahnauffahrt bzw. umgekehrt von der Autobahn kommend bis zum Ziel finden aber sehr wohl nachts innerstädtisch statt. Zudem finden sich in dieser Zeit Fahrten der Post und Paketdienste, von Polizei und Rettungswesen sowie die Hin- bzw. Rückfahrten derjenigen Beschäftigten, die in Spät- bzw. Frühschichten arbeiten.

Datum: 27.07.2020**Version:** 1.1

5.5. Andere dynamische Daten des Kfz-Verkehrs im Raum Hagen

5.5.1. Einführung

Im Kapitel 4.3.4 wurde bereits auf die Ergebnisse der Straßenverkehrszählung 2015 eingegangen. Für diesen Zeitpunkt sind flächendeckend Zählergebnisse verfügbar. Aktuelle Entwicklungen deuten aber auf Veränderungen im Gefüge des überörtlichen Kfz-Verkehrs im Raum Hagen hin, die von bleibender Wirkung sein können. Deshalb soll an dieser Stelle eine Analyse der jüngsten Entwicklungen und Tendenzen erfolgen mit dem Querbezug auf Konsequenzen für das Verkehrsmodell.

Das Datenmaterial ist auf der Internetseite <https://www.strassen.nrw.de/> abrufbar. Es wird periodisch aktualisiert. Die Jahresergebnisse liegen bis einschließlich 2018 vor, Monatsstatistiken sogar bis März 2020.

Die Entwicklungen lassen sich für die Jahre 2015 bis 2018 an den Dauerzählstellen gut ablesen. Diese sind im Raum Hagen:

- ▶ A1, Hagen-Vorhalle, zwischen den AS Hagen-Nord und AS Hagen West (6 FS)
- ▶ A45, Schwerte-Wandhofen, zwischen AK Westhofener Kreuz und AS Schwerte-Engste (5 FS)
- ▶ A45, Lüdenscheid-Nord, zwischen AS Hagen-Süd und AS Lüdenscheid-Nord (5 FS)
- ▶ A46, Hagen-Hohenlimburg, zwischen AS Hagen-Hohenlimburg und AK Kreuz Hagen (4 FS)

Gegenwärtig wird die A45, welche die Wirtschaftsräume Rhein-Ruhr und Rhein-Main verbindet, sechsstreifig ausgebaut, wobei zahlreiche Talbrücken neu errichtet werden. Die Ausbauarbeiten begannen 2013 an der Lennetalbrücke Hagen und sollen sich über das gesamte kommende Jahrzehnt bis in die dreißiger Jahre erstrecken. Insgesamt sollen 38 Großbrücken allein im NRW-Abschnitt der A45 zwischen Kreuz Dortmund Nordwest und der Landesgrenze zu Hessen neugebaut werden. Eine der beiden Lennetalbrücken konnte 2017 bereits in Betrieb genommen werden. Die Ausbaurichtung erstreckt sich von Norden nach Süden, sodass die Bauphasen im Raum Hagen vsl. bis ca. 2030 andauern werden.

Neben den jährlich bzw. monatlich vorliegenden Ergebnissen der DTV-Werte im Kfz-Verkehr kann überdies auch auf stundenbezogene Verkehrsmengendaten zurückgegriffen werden. Diese Auswertungen der Bundesanstalt für Straßenwesen BAST liegen – je nach Zählstelle – für alle Verkehrstage eines Jahres vor. Die neuesten Werte für die o. g. Zählstellen im Raum Hagen liegen für die Jahre 2015 bzw. 2018 vor und wurden nachfolgend näher betrachtet.





5.5.2. Entwicklung des Kfz-Verkehrs 2015 - 2018 (DTV Mo-Fr)

Im Kfz-Verkehr galt bislang die A1 mit beständig mehr als 100.000 Kfz/Tag (Mo-Fr) als verkehrsreichste Autobahn im Raum Hagen. Aktuelle Zahlen aus dem Jahr 2018 (Vergleichszahlen für das gesamte Jahr 2019 liegen noch nicht vor) zeigen, dass die A45 (zwischen AK Westhofener Kreuz und AK Kreuz Hagen) der A1 zunehmend den Rang ablöst (vgl. **Abbildung 46**).

Die Verkehrsplanung in Hagen sollte die weitere Entwicklung im Blick behalten, weil die festgestellten Verlagerungen aus den großräumigen Umleitungen in Folge der Bauaktivitäten auf den Autobahnen resultieren können und sich ggf. wieder zurückentwickeln können. Sie können sich aber auch als bleibende, strukturelle Verlagerungen stabilisieren, die aus den internationalen und nationalen Veränderungen im Autobahnverkehr ergeben.

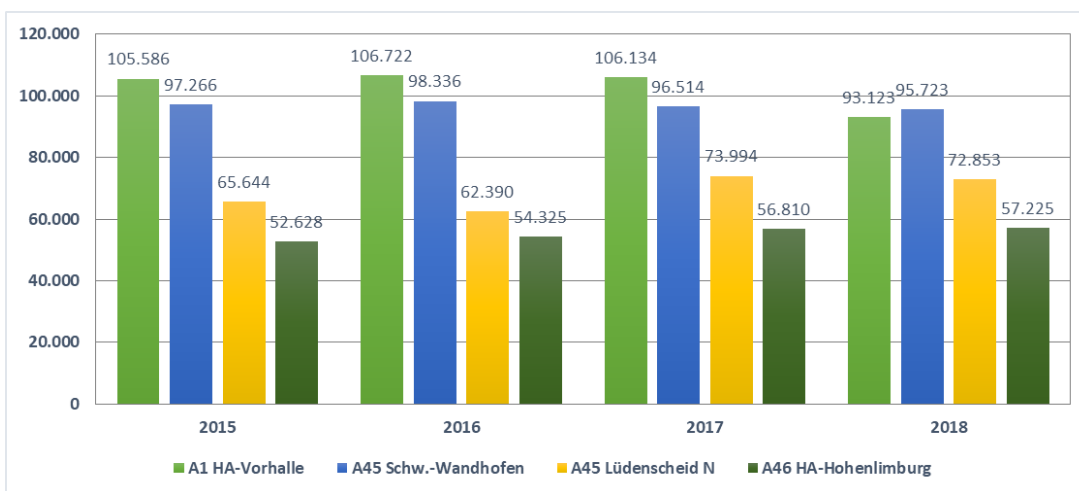


Abb. 46: DTV-Jahreswerte Kfz-Verkehr (Mo-Fr) im Vergleich für 4 Autobahnquerschnitte

Tendenziell gleichen sich die DTV-Verkehrsstärken an allen vier Vergleichsquerschnitten der Dauerzählstellen an. Stellt man diese darüber hinaus noch in das Verhältnis zu den Fahrstreifen, so kommen für 2018 folgende Ergebnisse zustande:

- ▶ A1, Hagen-Vorhalle: 15.500 Kfz/24 h je Fahrstreifen
- ▶ A45, Schwerte-Wandhofen: 19.100 Kfz/24 h je Fahrstreifen
- ▶ A45, Lüdenscheid Nord: 14.600 Kfz/24 h je Fahrstreifen
- ▶ A46, Hagen-Hohenlimburg: 14.300 Kfz/24 h je Fahrstreifen

Damit zeigt sich, dass die relative Verkehrsbelastung der Autobahnen im Osten und Südosten von Hagen hinter denen im Norden und Nordosten nicht zurücksteht. Besonders kritisch erscheinen vor diesem Hintergrund die Verkehrsbelastungen auf der A46.

Die A46 bündelt die Verkehrsströme zwischen Hagen und Iserlohn bzw. weiteren Sauerlandgemeinden östlich von Iserlohn. In der Verlängerung westlich des Hagener Kreuzes geht sie in das Hagener Hauptverkehrsstraßennetz über (Saarlandstraße) und mündet auf den vielbefahrenen Märkischen Ring. Das Verkehrsaufkommen ist hier in den letzten Jahren sichtbar gewachsen.





5.5.3. Schwerverkehr

Im Schwerverkehr ist die A45 der A1 inzwischen ebenbürtig. Auch hier zeigen sich Angleichungstendenzen auf den großräumigen Autobahnen A1 und A45 im Raum Hagen. Der Anteil des Schwerverkehrs am gesamten Kfz-Verkehr ist auf der A45 zwischen AS Hagen-Süd und AS Lüdenscheid Nord besonders hoch, obwohl aktuell in der Tendenz fallend. Ob sich dieser Trend bestätigt, bleibt abzuwarten.

Die nachfolgenden **Abbildungen 47 und 48** zeigen die Absolutwerte der Schwerverkehre an den 4 Zählstellen sowie die Anteilswerte am Gesamtverkehr (DTV).

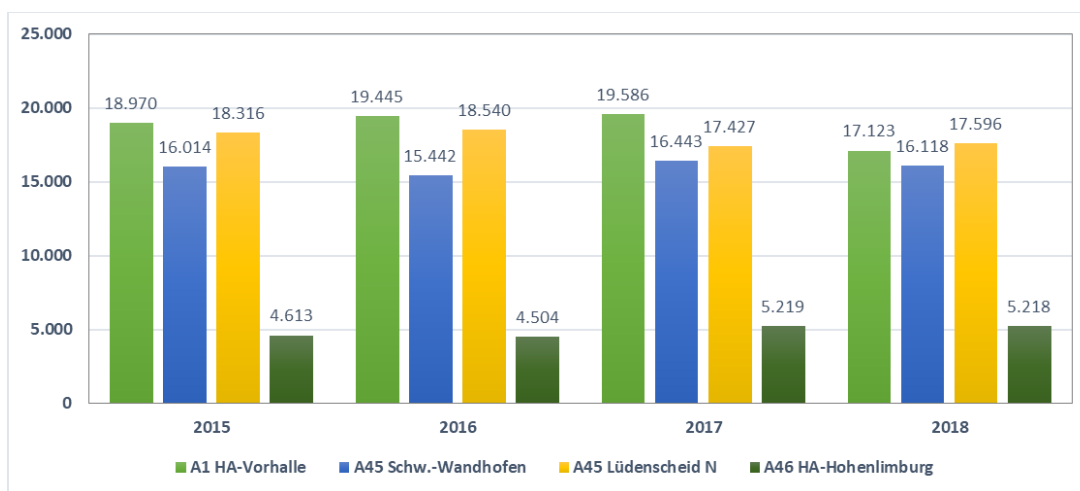


Abb. 47: DTV-Jahreswerte Schwerverkehr (Mo-Fr) für 4 Autobahnquerschnitte

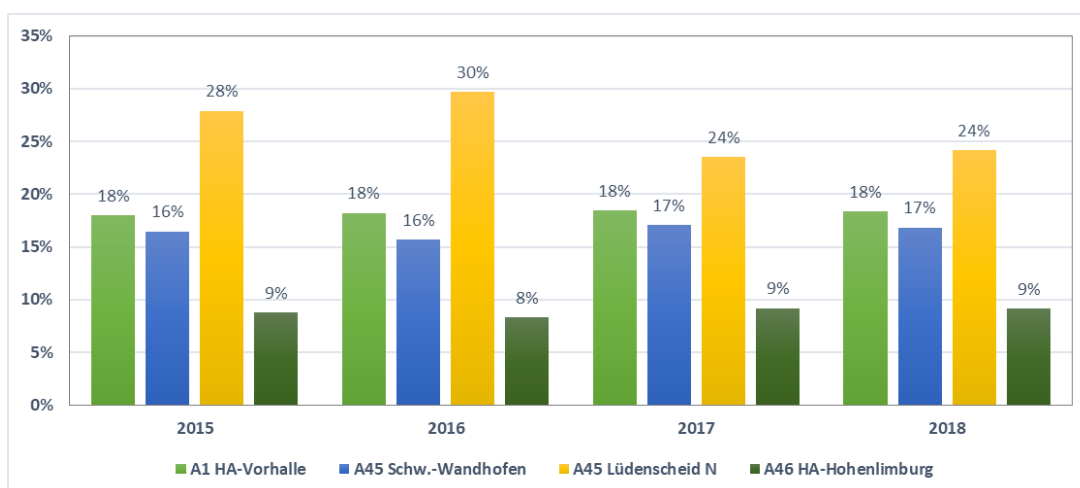


Abb. 48: DTV-Jahreswerte Anteilswerte Schwerverkehr (Mo-Fr) für 4 Autobahnquerschnitte

5.5.4. Kfz-Verkehr (DTV Mo-Fr) abzüglich Schwerverkehr

Zieht man den Schwerverkehr ab, der im Wirtschaftsverkehr im Allgemeinen anderen Routenverläufen unterliegt als der regionale Individualverkehr, dann zeigt sich die in **Abbildung 49** aufgeführte Verteilung.

Im Verhältnis zu den Fahrstreifen kommen für 2018 folgende Ergebnisse zustande:



- ▶ A1, Hagen-Vorhalle: 12.700 Kfz/24 h je Fahrstreifen
- ▶ A45, Schwerte-Wandhofen: 15.900 Kfz/24 h je Fahrstreifen
- ▶ A45, Lüdenscheid Nord: 11.100 Kfz/24 h je Fahrstreifen
- ▶ A46, Hagen-Hohenlimburg: 13.000 Kfz/24 h je Fahrstreifen

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

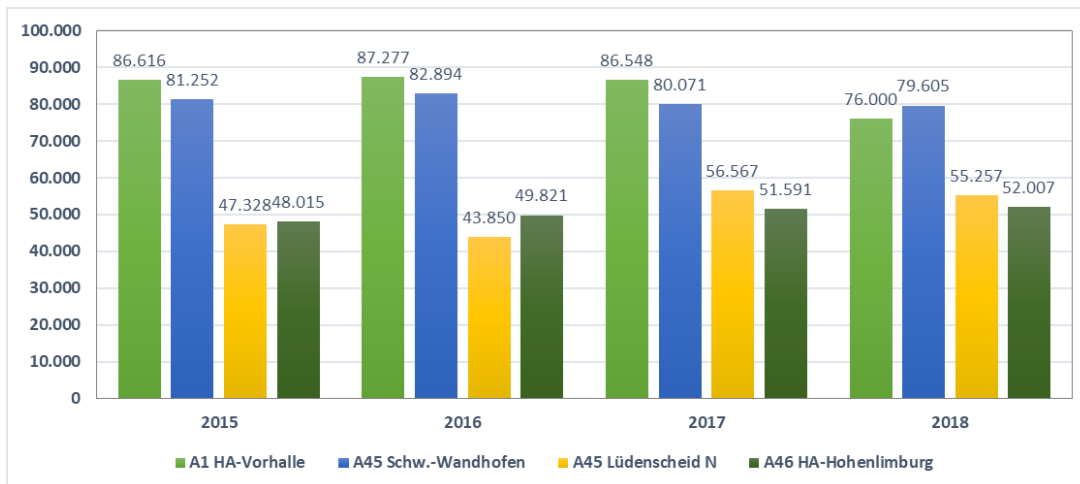


Abb. 49: DTV-Jahreswerte Kfz ohne Schwerverkehr (Mo-Fr) für 4 Autobahnquerschnitte

Folgendes kann festgehalten werden:

- ▶ Am höchsten ist die relative Verkehrsbelastung auf der A45 südlich des Westhofener Kreuzes. Hierüber laufen u. a. die Verkehrsbeziehungen zwischen Hagen und Dortmund.
- ▶ Abzüglich des Schwerverkehrs sind die Verkehrsbelastungen je Fahrspur auf der A45 mittlerweile (seit 2018) höher als auf der A1.

Ob und inwieweit sich gerade dieser letzte Befund langfristig stabilisieren wird, bleibt abzuwarten. Wesentlich an den vorgestellten Ergebnissen ist jedoch die Feststellung, dass sich erkennbar in Bezug auf alle Daten die relative Bedeutung der A1 und der A45 aus Sicht von Hagen verschoben hat. Gerade diese jüngsten Veränderungen sind folglich in der Verkehrsmodellierung von Hagen zu berücksichtigen auch, um die Wirkungen der großen Baumaßnahmen dauerhaft richtig einschätzen und bewerten zu können.

5.5.5. Entwicklung des Kfz-Verkehrs im Raum Hagen auf monatlicher Basis

Zur weiteren Untersetzung der zuvor festgestellten Entwicklung ist für 3 Dauerzählstellen auf den Autobahnen die monatliche Entwicklung von Januar 2017 bis März 2020 analysiert werden. Wiederum sind dazu die Daten von Straßen NRW betrachtet worden. Die Betrachtung erfolgte für die folgenden Querschnitte (vgl. **Anlage 1**):

- ▶ A1, Hagen-Vorhalle
- ▶ A45, Lüdenscheid Nord
- ▶ A56, Hagen-Hohenlimburg



Für 2019/2020 zeigt sich an den drei dargestellten Dauerzählstellen im Vergleich zu 2017 und 2018 eine rückläufige Entwicklung, die sich in 2020 eindeutig fortsetzt.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

5.5.6. Stundenwerte an ausgewählten Autobahnquerschnitten



Beispielhaft sind Auswertungen für 5 Werktage (Mo-Fr) einer Juniwoche in den Jahren 2015 und 2018 erstellt worden, um die Entwicklung ebendort auch hier gegenüberzustellen. Dabei war die Zeit in beiden Fällen frei von Schulferien. Die Betrachtung bezieht sich auf die Autobahn A1, Hagen-Vorhalle (vgl. **Abbildung 50 und 51**).

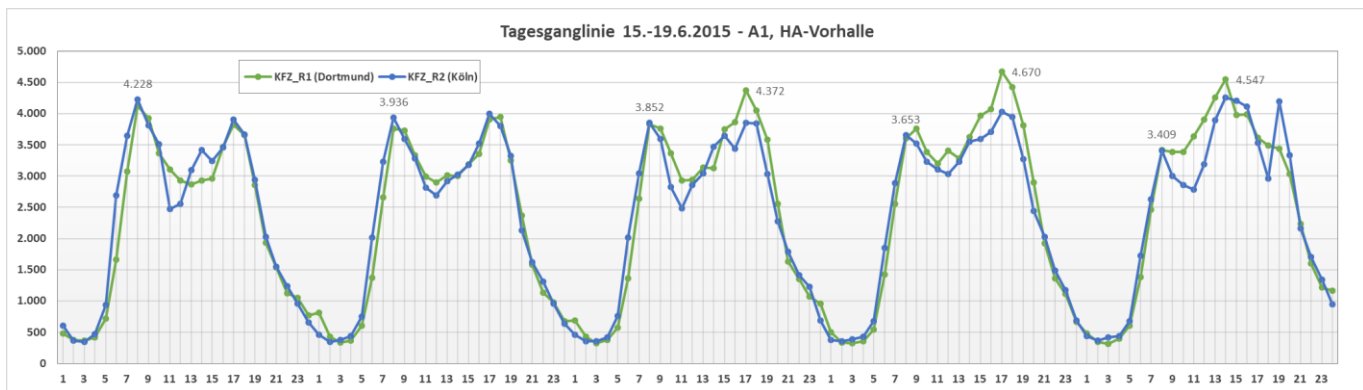


Abb. 50: Autobahn A1, HA-Vorhalle, Tagesganglinie 15.-19.06.2015 (nach Richtungen getrennt)

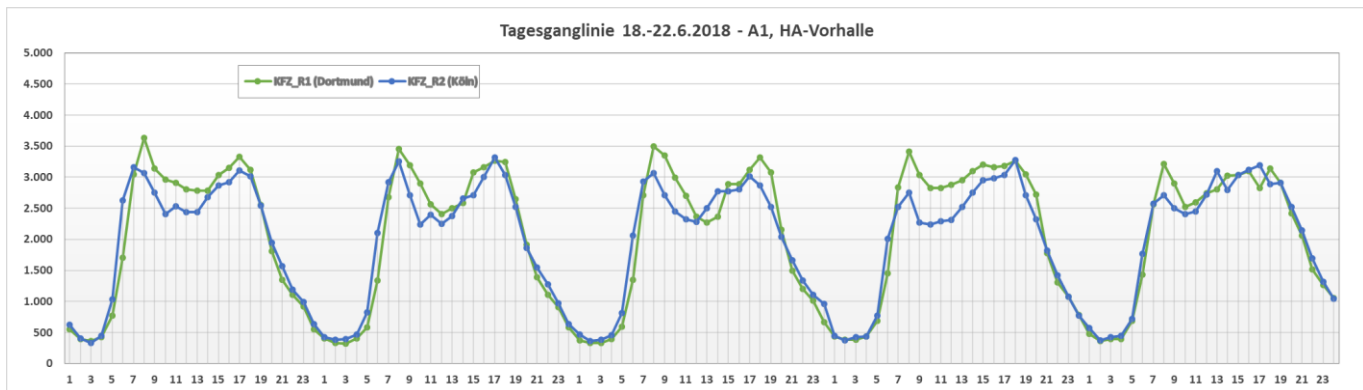


Abb. 51: Autobahn A1, HA-Vorhalle, Tagesganglinie 18.-22.06.2015 (nach Richtungen getrennt)

Ohne näher auf die Einzelheiten eingehen zu wollen, fällt auf, dass das Aufkommen durchgängig niedriger ausfällt. Zudem fallen die Verkehrsspitzen offensichtlich (deutlich) niedriger aus. Bei Betrachtung der einzelnen Stundenwerte und damit auch der absoluten Spitzen, so beträgt dort der Rückgang mehrfach über 15%, in Einzelfällen auch über 20%. Gleichzeitig beträgt der Rückgang der Tageswerte aber „nur“ zwischen -1,2% (Dienstag) und -4,2% (Donnerstag). Demnach hat sich Aufkommen tendenziell verstetigt.

Auch diese Einzelaufwertung bestätigt, dass sich das Verkehrsaufkommen im Einzugsgebiet von Hagen durchaus deutlich strukturell verändert hat.



6. Abbildung von Quelle-Ziel-Relationen mit ODM-Daten

6.1. Einführung



Lag im Kapitel 3 der Schwerpunkt der Darstellung auf ausgewählten Ergebnissen zum Verkehrsaufkommen im Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr, so geht es im Folgenden um Auswertungen der wichtigsten Quelle-Ziel-Relationen (Verkehrsverteilung). Es soll damit eine Einschätzung über die diesbezügliche Abbildungsgüte der ODM-Daten aus dem Mobilfunk gewonnen werden. Die Betrachtung betrifft auch hier die Tageswerte für jede abgebildete Relation.

Wie schon zuvor sind diese Relationen bezüglich des Stadtgebiets Hagen wie folgt zu unterscheiden:

- ▶ Durchgangsverkehr (Außenverkehr): Quelle und Ziel liegen außerhalb Hagens;
- ▶ Quellverkehr: Quelle liegt innerhalb und Ziel liegt außerhalb Hagens;
- ▶ Zielverkehr: Ziel liegt innerhalb und Quelle liegt außerhalb Hagens;
- ▶ Binnenverkehr: Quelle und Ziel liegen innerhalb Hagens.

Der Durchgangsverkehr muss nicht zwingend das Stadtgebiet tangieren. Da die konkrete Route nicht betrachtet wird, kann es sich auch um Ströme handeln, die komplett außerhalb des Stadtgebiets verlaufen. Nichtsdestotrotz wird in den Auswertungen zum Durchgangsverkehr gesondert auf Beziehungen eingegangen, für die ein Routing über das Stadtgebiet als sehr wahrscheinlich angenommen werden muss. Denn es gibt Durchgangsverkehrsrelationen, die den kürzesten bzw. zeitschnellsten Weg mit Fahrt durch das Stadtgebiet (zumindest anteilig) haben können.

Beim Quell- und Zielverkehr gibt es zwei Analyseschwerpunkte:

- ▶ Wichtigste Ströme überhaupt;
- ▶ Zentrumsbezogener Quell- und Zielverkehr.

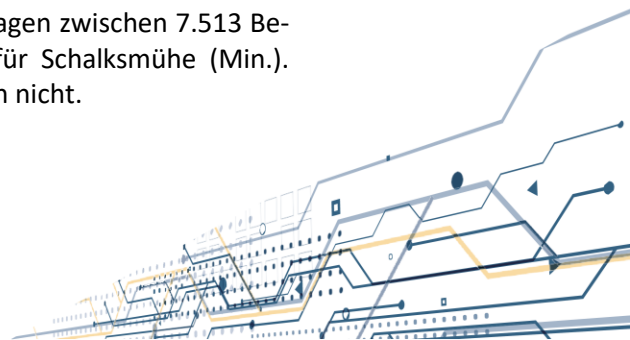
Zentrumsbezogene Ströme beinhalten im Bezugsgebiet alle Verkehrszellen innerhalb des Bergischen bzw. Märkischen Rings in der Innenstadt; d.h. es werden hierfür die Zellen 101 bis 116 zusammengefasst.

6.2. Mobilitätsströme im Durchgangsverkehr

6.2.1. Analyse der wichtigen Mobilitätsströme

Alle wichtigen Mobilitätsströme im Durchgangsverkehr (Außenverkehr) sind in **Abbildung 52** grafisch aufbereitet. Bei der näheren Betrachtung fallen die folgenden Zusammenhänge unmittelbar auf:

- ▶ Es dominieren ortsbezogene Binnenverkehre in den Nachbarstädten im Städtekranz rings um Hagen (farbig hellgelb unterlegte Kreise). Sie betragen zwischen 7.513 Bewegungen für Schwerte (Max.) und 1.439 Bewegungen für Schalksmühle (Min.). Diese Verkehrsströme tangieren Hagen dem Grundsatz nach nicht.





- ▶ Es bestehen im Umkreis von Hagen maßgebliche Verflechtungen benachbarter Städte untereinander. **Auch diese Verkehrsströme tangieren Hagen im Regelfall nicht.** Aufgrund einer Straßensperrung wurde in der ODM-Datenerfassung jedoch der zeitlich befristete Ausnahmefall Wetter – Herdecke erfasst.
- ▶ **Entscheidend ist, dass entgegen anderslautender Erwartungen (vgl. Kap. 1.1) keine signifikanten Ströme von Durchgangsverkehren nachweisbar sind, die Hagen durchqueren, etwa zwischen Nord und Süd oder zwischen West und Ost. Dies zeigt Abbildung 52 deutlich sichtbar.**

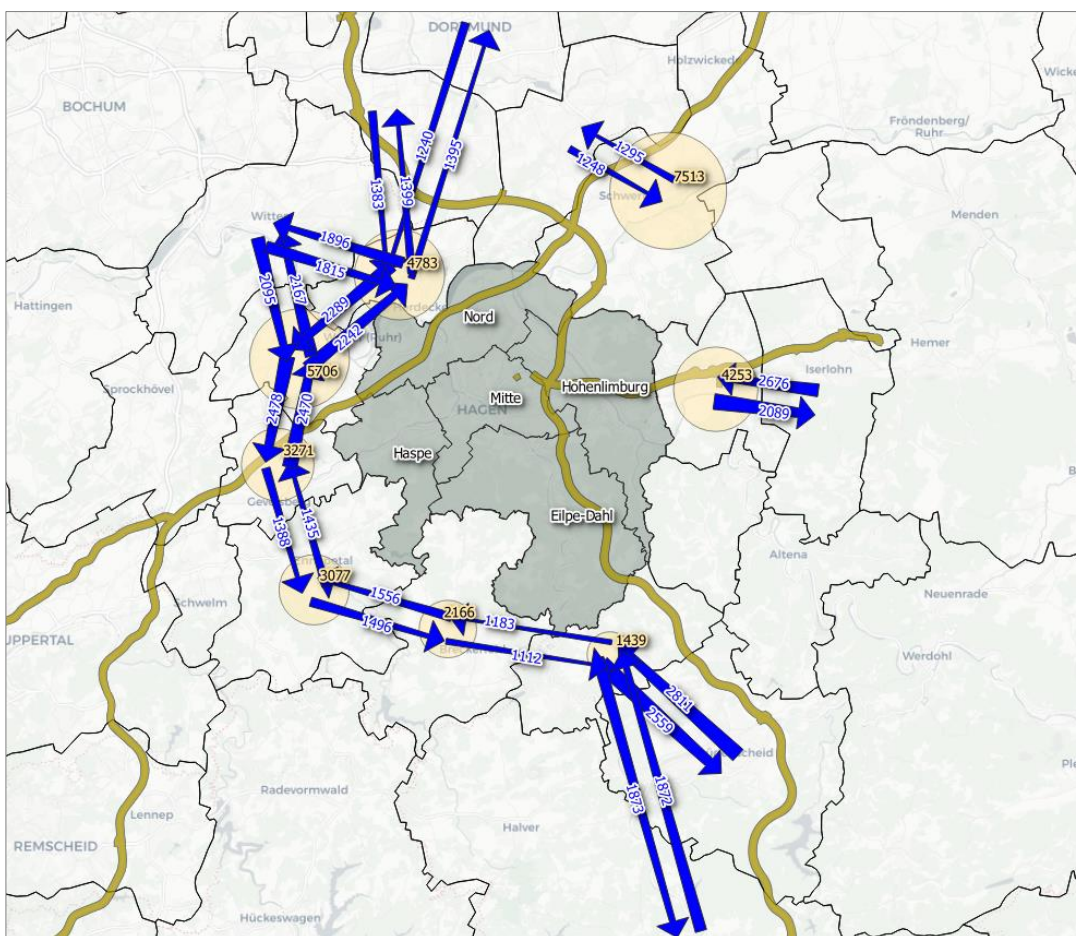


Abb. 52: Wesentliche Mobilitätsströme im Durchgangsverkehr (Außenverkehr)

Diese Relationen können hinsichtlich ihrer Größenordnung und ihrer Struktur in 5 Klassen wie folgt aufgeteilt werden:

- Relationen 1 bis 6: > 3.000 Bewegungen
- Relationen 7 bis 17: 2.000 – 3.000 Bewegungen
- Relationen 18 bis 21: 1.500 – 2.000 Bewegungen
- Relationen 22 bis 33: 1.000 – 1.500 Bewegungen



Alle anderen Relationen liegen demnach außerhalb von Hagen und haben weniger als 1.000 Bewegungen pro Tag. Die nachfolgende Erörterung folgt dieser Reihung und stellt sich wie folgt dar.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



a) Relationen 1 bis 6 (> 3.000 Bewegungen)

wday	o_NC	d_NC	count	BV	DV	QV	ZV	Städte
Di	606	606	7512,982512		DV			Schwerte
Di	608	608	4252,764626		DV			Isln.-Letmathe
Di	613	613	3077,137238		DV			Ennepetal
Di	614	614	3271,332844		DV			Gevelsberg
Di	615	615	5705,701955		DV			Wetter
Di	616	616	4782,840973		DV			Herdecke

Tab. 5: Eckdaten Durchgangsverkehr mit > 3.000 Bewegungen/Tag

Die 6 größten Verkehrsströme betreffen Binnenverkehre innerhalb der genannten Städte (vgl. Tabelle 5). Dies ist durch die Größe dieser Verkehrszellen bedingt, die im Regelfall das gesamte Stadtgebiet umfassen und nicht weiter unterteilt sind (Ausnahmen: Dortmund und Iserlohn). **Abbildung 53** zeigt diese 6 Relationen.

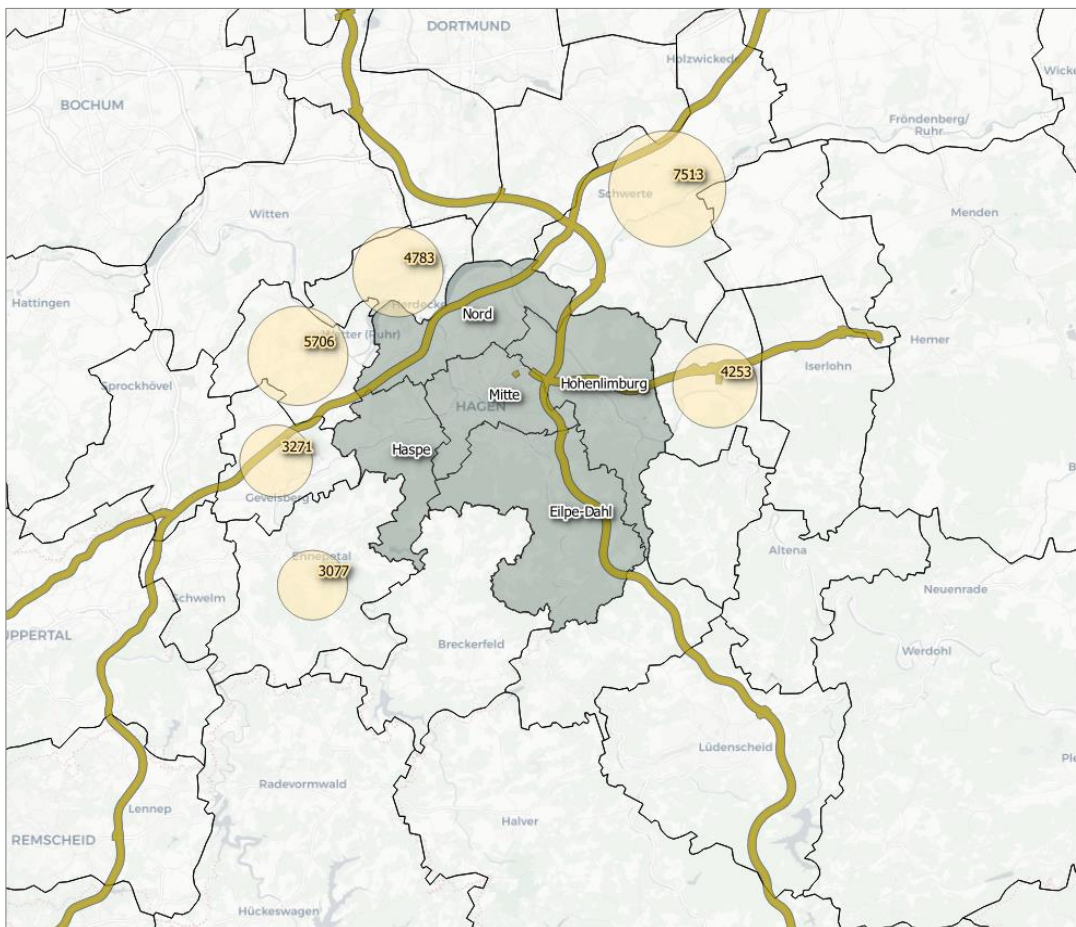


Abb. 53: Durchgangsverkehr (Außenverkehr) mit > 3.000 Bewegungen/Tag



b) Relationen 7 bis 17 (2.000 bis 3.000 Bewegungen)

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



wday	o_NC	d_NC	count	BV	DV	QV	ZV	Relationen
Di	608	609	2675,529623		DV			Iserlohn => Isl. Letmathe
Di	609	608	2088,628448		DV			Isl. Letmathe => Iserlohn
Di	611	625	2810,911801		DV			Schalksmühle => Lüdenscheid
Di	612	612	2165,747895		DV			Breckerfeld
Di	614	615	2478,19378		DV			Gevelsberg => Wetter
Di	615	614	2470,208828		DV			Wetter => Gevelsberg
Di	615	616	2289,384303		DV			Wetter => Herdecke
Di	615	617	2095,497326		DV			Wetter => Witten
Di	616	615	2242,212082		DV			Herdecke => Wetter
Di	617	615	2166,909378		DV			Witten => Wetter
Di	625	611	2559,232809		DV			Lüdenscheid => Schalksmühle

Tab. 6: Eckdaten Durchgangsverkehr mit 2.000 – 3.000 Bewegungen/Tag

Diese 11 Verkehrsströme (vgl. **Tabelle 6**) lassen sich 6 Klassifizierungen zuordnen:

- ▶ Iserlohn – Iserlohn-Letmathe (Zellen 608, 609 in beiden Richtungen)
- ▶ Schalksmühle – Lüdenscheid (Zellen 611, 625 in beiden Richtungen)
- ▶ Gevelsberg – Wetter (Zellen 614, 615 in beiden Richtungen)
- ▶ Wetter – Herdecke (Zellen 614, 615 in beiden Richtungen)
- ▶ Wetter – Witten (Zellen 615, 617 in beiden Richtungen)
- ▶ Breckerfeld (Binnenverkehr in Zelle 612)

Auch diese Verkehrsströme spielen sich außerhalb Hagens ab bzw. tangieren Hagen nur peripher (Gevelsberg – Wetter über B 234) mit Ausnahme der Relation Wetter – Herdecke. Die nachfolgende **Abbildung 54** zeigt die Relationen in der Karte.



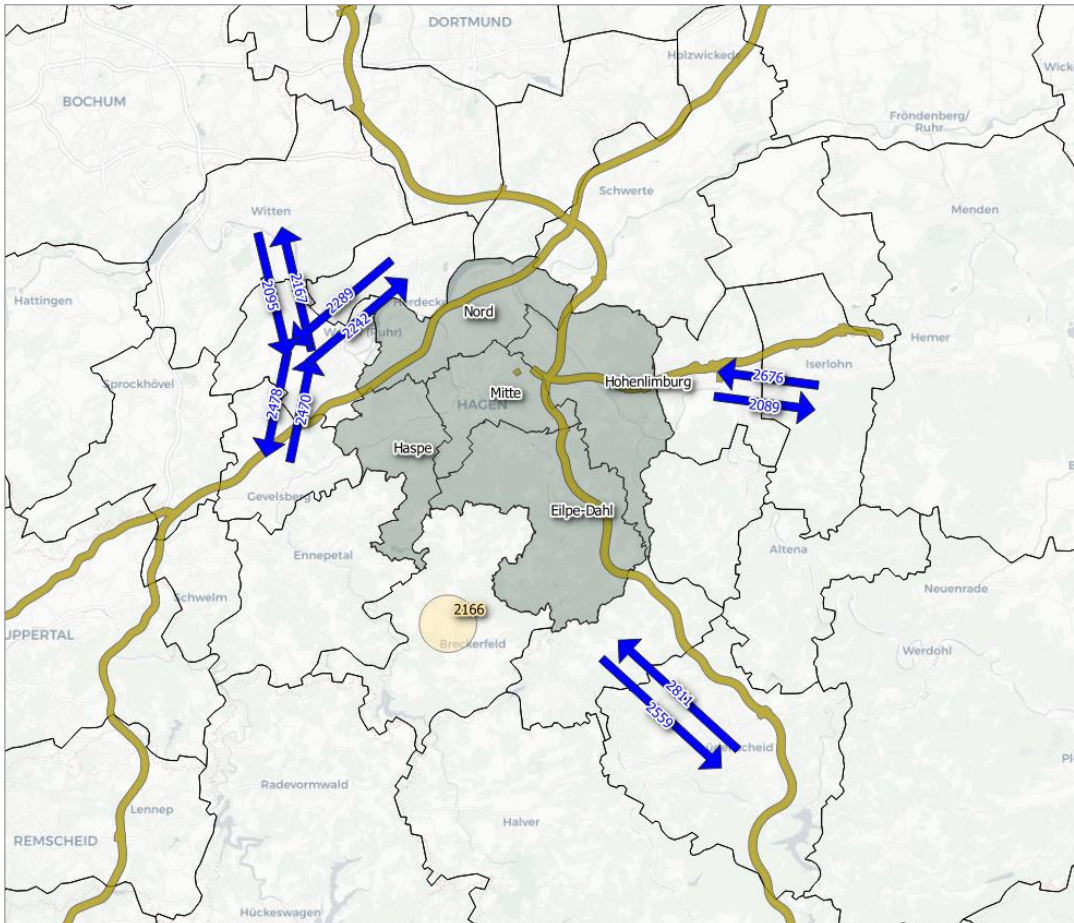


Abb. 54: Durchgangsverkehr (Außenverkehr) mit 2.000 – 3.000 Bewegungen/Tag

c) **Relationen 18 bis 21 (1.500 bis 2.000 Bewegungen)**

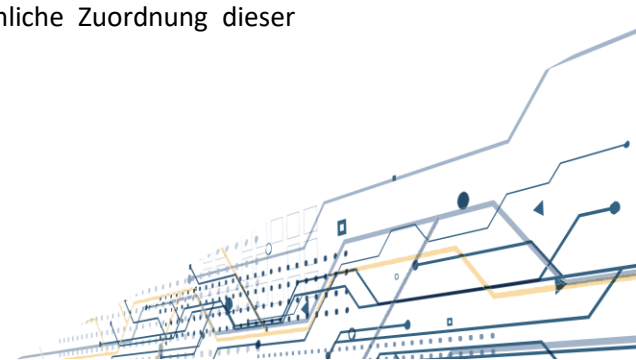
wday	o_NO	d_NO	count	BV	DV	QV	ZV	Relationen
Di	611	627	1872,075091		DV			Schalksmühle => Meinerzhagen
Di	616	617	1815,37536		DV			Herdecke => Witten
Di	617	616	1896,009724		DV			Witten => Herdecke
Di	627	611	1872,847064		DV			Meinerzhagen => Schalksmühle

Tab. 7: Eckdaten Durchgangsverkehr mit 1.500 – 2.000 Bewegungen/Tag

Diese Durchgangsverkehrsströme beziehen sich auf die beiden Relationen (vgl. **Tabelle 7**):

- ▶ Herdecke – Witten (Zellen 616, 617 in beiden Richtungen)
- ▶ Schalksmühle – Meinerzhagen (Zellen 611, 627 in beiden Richtungen)

Es bedarf keiner näheren Erörterung dieser Relationen, denn diese Relationen verlaufen offensichtlich außerhalb von Hagen. **Abbildung 55** zeigt die räumliche Zuordnung dieser Ströme.



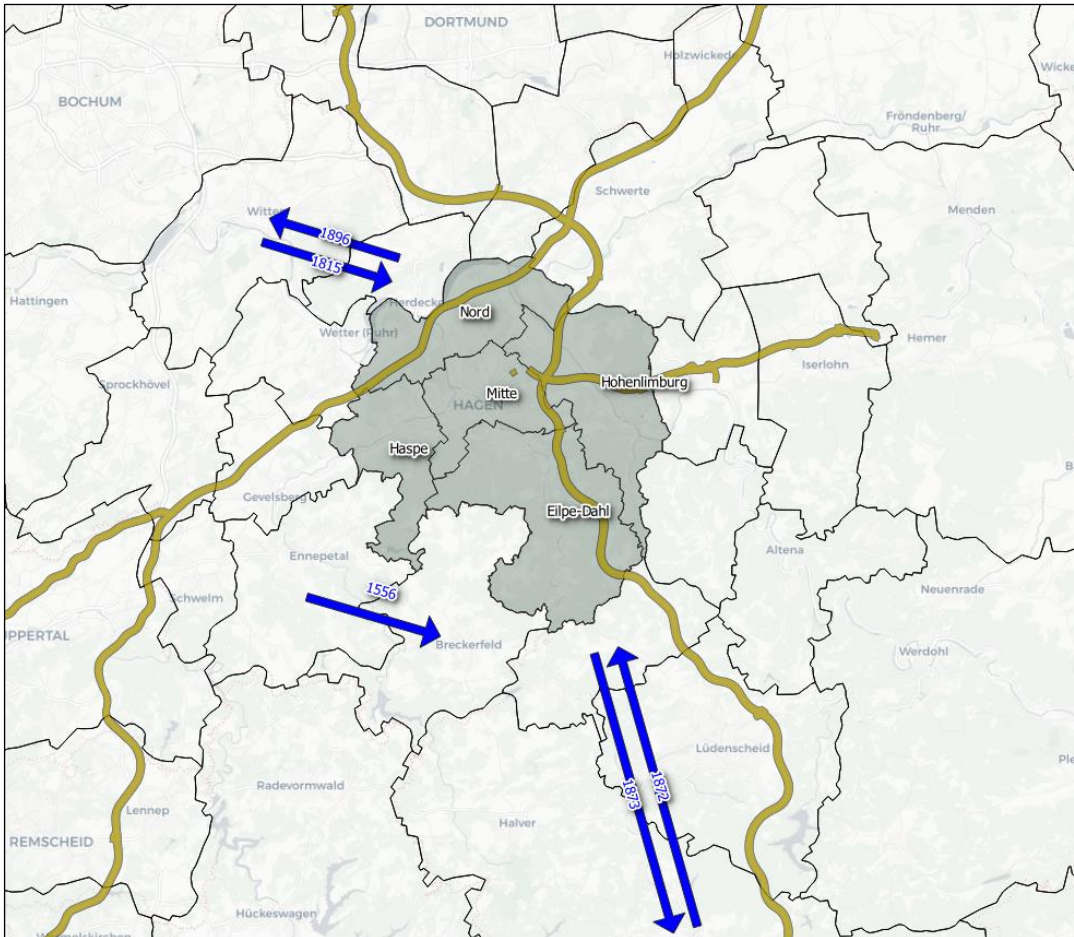


Abb. 55: Durchgangsverkehr (Außenverkehr) mit 1.500 – 2.000 Bewegungen/Tag

d) Relationen 22 bis 33 (1.000 bis 1.500 Bewegungen)

wday	o_NC	d_NC	count	BV	DV	QV	ZV	Relationen
Di	601	616	1395,085799		DV			Dortmund Mitte => Herdecke
Di	604	616	1399,107815		DV			Dortmund SW => Herdecke
Di	605	606	1295,22874		DV			Dortmund SO => Schwerte
Di	606	605	1247,571558		DV			Schwerte => Dortmund SO
Di	611	611	1439,132101		DV			Schalksmühle
Di	611	612	1111,611364		DV			Schalksmühle => Breckerfeld
Di	612	611	1183,299105		DV			Breckerfeld => Schalksmühle
Di	612	613	1496,159703		DV			Breckerfeld => Ennepetal
Di	613	614	1387,56767		DV			Ennepetal => Gevelsberg
Di	614	613	1435,302868		DV			Gevelsberg => Ennepetal
Di	616	601	1239,745705		DV			Herdecke => Dortmund Mitte
Di	616	604	1383,307474		DV			Herdecke => Dortmund SW

Tab. 8: Eckdaten Durchgangsverkehr mit 1.000 – 1.500 Bewegungen/Tag

Alle diese Durchgangsverkehrsströme laufen im Allgemeinen nicht über das Stadtgebiet. Bezüglich Hagen handelt es sich eindeutig um Außenverkehre (vgl. **Tabelle 8**). Dies zeigt die nachfolgende **Abbildung 56**.



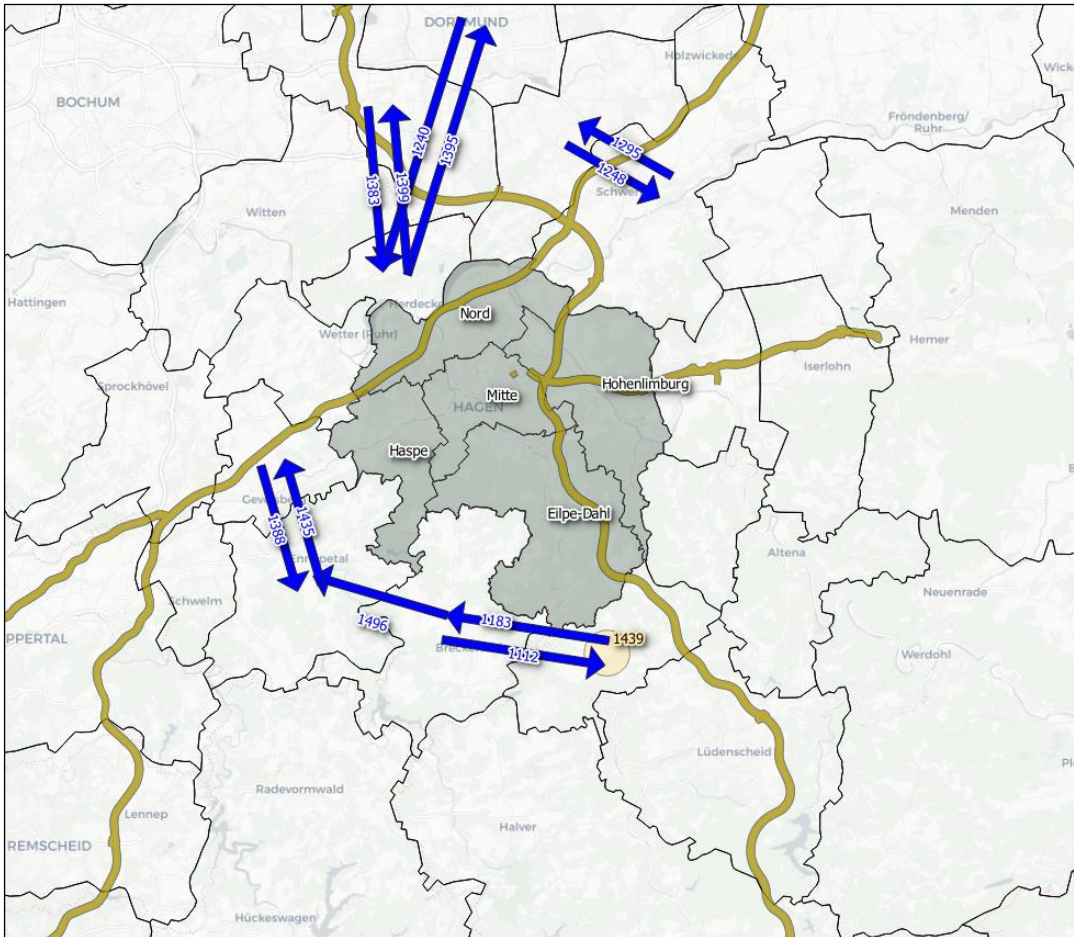


Abb. 56: Durchgangsverkehr (Außenverkehr) mit 1.000 – 1.500 Bewegungen/Tag

6.2.2. Hagen tangierende Mobilitätsströme im Durchgangsverkehr

Die zuvor benannten Mobilitätsströme waren Ströme, die die Stadt Hagen zunächst nach ihrer Definition, dann aber auch ganz real wegen der räumlichen Verflechtung, nicht berühren. Ihre Kenntnis ist wichtig, um das Verkehrsgeschehen im Stadt-Umland-Verkehr in Gänze korrekt abzubilden, weil diese Ströme mit den Strömen des Quell- und Zielverkehrs von und nach Hagen zusammen die Gesamtbelastung im Netzmodell ergeben.

Für die Aufgaben der Verkehrsplanung im Stadtgebiet sind aber die Hagen-tangierenden Mobilitätsströme im Durchgangsverkehr zwar eine Ausnahme, dann aber gleichwohl bedeutsam, weil sie planerisch auf Seiten der Stadt entsprechend zu berücksichtigen sind. Sie sind insofern sogar von besonderem Interesse, als dass in der Diskussion um die Verkehrsbelastung auf dem Innenstadtring die Frage zu berücksichtigen war, ob diese Verkehrsbelastung nicht auch von Durchgangsverkehren getragen sein könnte.

Aufgrund der in Kap. 6.2.1 gewonnenen Ergebnisse kann jedoch festgestellt werden, dass es solche Belastungen aus Durchgangsverkehren, die im Innenstadtkreislauf von spürbarer Wirkung sind, nach den ODM-Daten nicht gibt. Tatsächlich gibt es auch keinen Zweifel, dass aus den diskutierten Grenzen der Abbildungsqualität der ODM-Daten, insbesondere aus der 15-Minuten-Grenze, hier eine Fehleinschätzung gegeben sein könnte. Dies ist nicht der Fall;



vielmehr kann der Innenstadtverkehr als frei von Einflüssen des Durchgangsverkehrs eingeschätzt werden.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

Demnach gibt es nur 2 Hagen tangierende Mobilitätsströme des Durchgangsverkehrs von Bedeutung:



- ▶ Relation Wetter – Herdecke
- ▶ Relation Witten – Herdecke

Festzuhalten ist dabei jedoch, dass die Relation Wetter – Herdecke nur zeitlich befristet wegen einer Baustelle auf der L675 (Kaiserstraße bzw. Wetterstraße) gesperrt ist bzw. war.

Zu diesen Mobilitätsströmen können die folgenden Einschätzungen mittels der ODM-Daten abgeleitet werden. Der Vollständigkeit halber wurde beispielhaft in beiden Fällen die jeweilige Relation von Zentrum zu Zentrum mittels Routenplaner abgefragt, um die ausgewiesenen Verkehrsempfehlungen einschätzen zu können. Zudem wurden die Angebote im ÖPNV, sowohl im Busverkehr als auch im Schienenpersonennahverkehr kurz betrachtet.

Relation Wetter – Herdecke

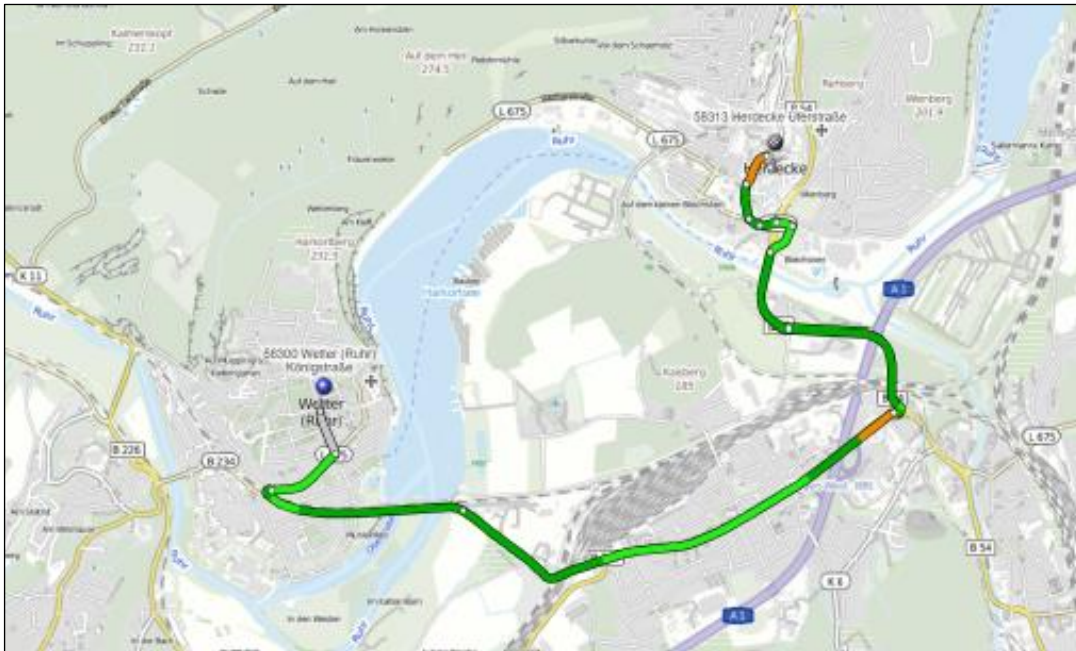
Individualverkehr

Für die Relation zwischen Wetter und Herdecke über die L675 gab es laut Routenplaner Google Maps (verkehr.nrw) im Erfassungszeitraum der ODM-Daten folgende Bestweg-Option (Abfrage/Verkehrslage: 23.06.2020 gegen 16:40 Uhr):

- ▶ Über Hagen (Hagen-Vorhalle), konkret über B226 (Weststraße) bzw. B54 (Herdecker Str.) (16 min. bzw. 7,3 km) (vgl. **Abbildung 57**);
- ▶ Eine nutzerfreundliche Alternative dazu gibt es faktisch nicht.

Die beiden Bundesstraßen B226 (Weststraße) und B54 (Herdecker Str.) stellen zwei der am meisten belasteten Straßen in Nähe zur A1 (Anschlussstelle Hagen West) dar. Beide Straßen sind über einen Kreisverkehr (mit Bypässen) verknüpft, der ebenfalls zu den meistbefahrenen Knotenpunkten in Hagen gehört. Wie schon dargestellt wurde, ist bzw. war der entsprechend negative Effekt nur zeitlich befristet durch die Baustelle auf der L675 gegeben.





Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



Abb. 57: Routenwahl im Individualverkehr von Wetter nach Herdecke (Quelle: Google Maps bzw. Verkehr NRW)

Öffentlicher Verkehr

Die Direktverbindung zwischen Wetter und Herdecke wird über die Buslinie 553/555 hergestellt. Im SPNV erfolgt der Umstieg über Hagen Hbf, was ein deutlicher Umweg ist. Da die Sperrung der Direktverbindung über die Kaiserstraße und die Wetterstraße (entlang des Nordufers des Harkortsees) nur zeitlich befristet zu beachten ist, sind keine weitergehenden Schlussfolgerungen erforderlich.

Relation Witten – Herdecke

Individualverkehr

Der Verkehr zwischen Witten und Herdecke läuft außerhalb von Hagen; im MIV gibt es also keine Belastung daraus.

Öffentlicher Verkehr

Die Verbindung zwischen Witten und Herdecke erfolgt über die S5 bzw. die Buslinie 553/555 mit Umstieg in Wetter. Reine SPNV-Verbindungen sind nur mit Umstieg über Hagen Hbf. zu realisieren, was ein deutlicher Umweg ist. Eine mögliche Verknüpfung an der Station Hagen-Vorhalle (S5) scheitert daran, dass hier an der Strecke zwischen Hagen und Herdecke kein Bahnsteig eingerichtet ist (s. o.). Auch für diesen Fall kann das als Aufgabenstellung im Nahverkehrsplan verstanden werden.





6.3. Mobilitätsströme im Quell- und Zielverkehr

6.3.1. Analyse der wichtigen Mobilitätsströme (Top 10)

Im Allgemeinen sind die Mobilitätsströme im Quell- und Zielverkehr kleiner als im Durchgangsverkehr. Wie bereits zuvor dargestellt wurde, ist dies der Größe und dem Zuschnitt der Verkehrszellen geschuldet.

a) Relationen 1 bis 10 (> 500 Bewegungen)

wday	o_NC	d_NC	count	BV1	BV2	DV	QV	ZV	Relationen
Di	201	615	509,677666				QV		Vorhalle SW => Wetter
Di	201	616	636,1149259				QV		Vorhalle SW => Herdecke
Di	204	615	613,7903181				QV		Vorhalle Nord => Wetter
Di	204	616	696,9125536				QV		Vorhalle Nord => Herdecke
Di	205	615	837,4537668				QV		Brockhausen => Wetter
Di	205	616	901,4249788				QV		Brockhausen => Herdecke
Di	219	606	725,9464579				QV		Garenfeld => Schwerte
Di	308	606	865,3367204				QV		Berchum => Schwerte
Di	501	614	576,6722171				QV		Westerbauer Nord => Gevelsberg
Di	515	613	569,9282677				QV		Kettelbach => Ennepetal

wday	o_NC	d_NC	count	BV1	BV2	DV	QV	ZV	Relationen
Di	606	219	738,5502953					ZV	Schwerte => Garenfeld
Di	606	308	906,4378438					ZV	Schwerte => Berchum
Di	613	515	623,7481306					ZV	Ennepetal => Kettelbach
Di	614	501	602,2268584					ZV	Gevelsberg => Westerbauer Nord
Di	615	201	624,2239746					ZV	Wetter => Vorhalle SW
Di	615	204	726,6351321					ZV	Wetter => Vorhalle Nord
Di	615	205	955,1906781					ZV	Wetter => Brockhausen
Di	616	201	644,6460467					ZV	Herdecke => Vorhalle SW
Di	616	204	706,3791763					ZV	Herdecke => Vorhalle Nord
Di	616	205	914,0440947					ZV	Herdecke => Brockhausen

Tab. 9: Eckdaten Quellverkehr und Zielverkehr > 500 Bewegungen/Tag

Es besteht eine Konsistenz zwischen Quell- und Zielverkehr bezüglich der zehn wichtigsten Relationen (vgl. **Tabelle 9**). Sie lassen sich im Wesentlichen auf drei räumliche Konstellationen zurückführen:

- ▶ Relationen im Stadtbezirk Hagen Nord zwischen Vorhalle/Brockhausen auf der einen Seite und Herdecke bzw. Wetter auf der anderen Seite;
- ▶ Relationen im Nordosten Hagens (östlich des Lennetals) zwischen Garenfeld/Berchum auf der einen Seite und Schwerte;
- ▶ Relationen im Westen Hagens zwischen Kettelbach/ Westerbauer Nord auf der einen Seite und Ennepetal bzw. Gevelsberg auf der anderen Seite.

Auffällig ist, dass alle diese Fälle die Randstadtteile von Hagen im Norden, Nordosten und Westen jeweils in den Relationen mit den Nachbarstädten betreffen.

Das Zentrum Hagens bzw. die innenstadtnahen Stadtgebiete sind nicht vertreten. Dafür gibt es folgende Erklärungen:

- ▶ Die Nachbarstädte Wetter, Herdecke, Schwerte, Gevelsberg, Ennepetal sind nicht weiter untergliedert und deshalb recht große Verkehrszellen.



- ▶ Im Norden und Nordosten durchziehen die Autobahnen die Stadt. Hier gibt es darüber hinaus auch Raststätten (zwei in jeder Richtung!), welche den o. g. Hagener Verkehrszellen zuzurechnen sind.
- ▶ Das Zentrum innerhalb des Bergischen bzw. des Märkischen Rings ist in 16 (!!) kleine Verkehrszellen unterteilt und deshalb in der Auswertung nicht einschlägig.



Insgesamt stellen sich diese Ström „unauffällig“ dar.

6.3.2. Analyse der zentrumsbezogenen Mobilitätsströme

Nachfolgend zeigt **Abbildung 58** zunächst die Verteilung der zentrumsbezogenen Quell- und Zielverkehrsströme im Stadt-Umland-Verkehr nach den vorliegenden ODM-Daten. Dabei sind Quell- und Zielverkehrsströme jeweils in Summe dargestellt, wobei die Unterschieden zwischen den Quell- und Zielverkehrsströmen im üblichen Rahmen liegen.

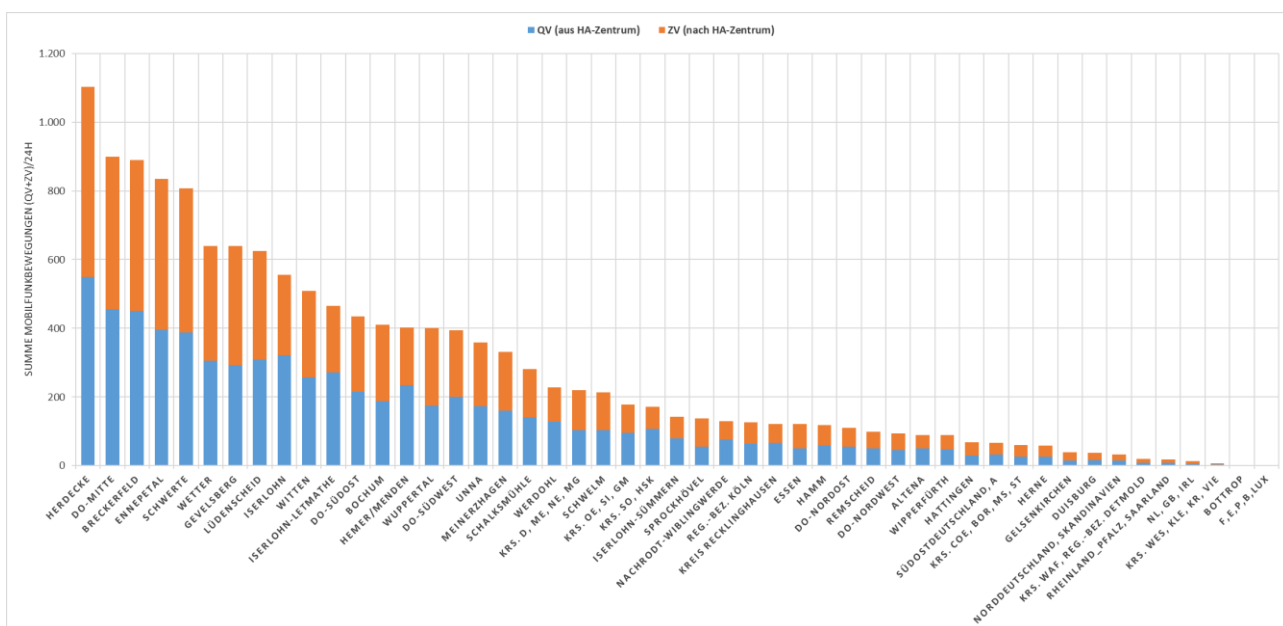


Abb. 58: Zentrumsbezogene Quell- und Zielverkehre im Stadt-Umland-Verkehr (ODM-Daten)

Bei näherer Betrachtung kann Folgendes festgestellt werden:

- ▶ Die stärkste Verflechtung besteht mit Herdecke, es folgen Dortmund-Mitte, Breckerfeld, Ennepetal und Schwerte.
- ▶ Nimmt man jedoch alle Dortmunder Zellen sowie alle Iserlohner Zellen zusammen, so bestehen die wichtigsten Verflechtungen mit Dortmund bzw. Iserlohn.
- ▶ Darüber hinaus sind die Relationen zwischen dem Hagener Zentrum sowie Wetter, Gevelsberg, Lüdenscheid und Witten von Bedeutung.
- ▶ Alle genannten Relationen weisen (bei ungestörter Verkehrslage) eine Fahrzeit unter 30 Minuten auf.



- ▶ Bochum, Hemer/Menden, Wuppertal sowie Unna oder Meinerzhagen sind ebenfalls Schwerpunkte. Hier liegt die Fahrzeit (IV) im Bereich über 30 bis unter 40 Minuten.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

Damit liegt die Mehrzahl der maßgebenden Stadt-Umland-Verbindungen in einer Isochrone von 30 Minuten bzw. im erweiterten Einzugsbereich von bis zu 40 Minuten. Jenseits dessen sind die Verflechtungen von nachgeordneter Bedeutung.



Trägt man diese Ströme grafisch über der mittleren Reisezeit als Entfernungsmaßstab auf, so ergibt sich eine Darstellung der zentrumsbezogenen Quell- und Zielverkehrsströme im Stadt-Umland-Verkehr von Hagen nach **Abbildung 59**. In die Einzelwerte ist dann regressionsanalytisch eine Trendlinie eingetragen, welche in ihrer Logik einer Reiseweitenhäufigkeitsverteilungskurve nachempfunden ist. Das Bestimmtheitsmaß fällt mit $R^2 = 0,4439$ nicht sehr hoch aus, ohne dass dies jedoch als Widerspruch zum Sachzusammenhang zu verstehen wäre. Vielmehr muss im konkreten Fall die Fallzahl als zu klein erachtet werden.

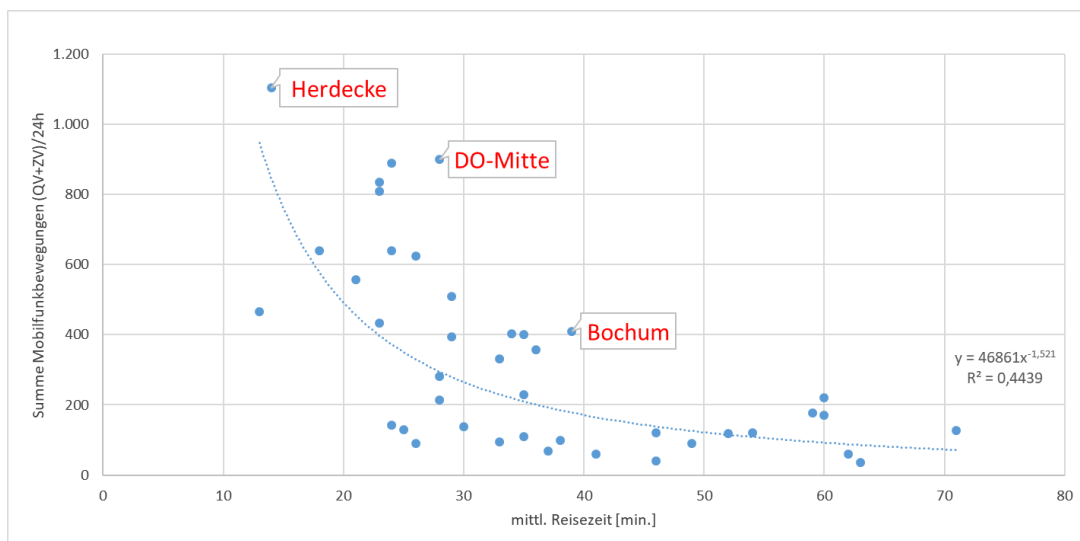


Abb. 59: Verteilung der zentrumsbez. Quell- und Zielverkehre im Stadt-Umland-Verkehr (ODM-Daten)

6.4. Binnenverkehr

6.4.1. Zentrumsbezogene Mobilitätsströme – Einzelne Verkehrszellen

In der Auswertung der Binnenverkehre richtet sich der Blick zunächst auf die zentrumsbezogenen Mobilitätsströme, wobei in allen Fällen als Zentrum die Zellen 101 bis 116, also alle Zellen im Hagener Verkehrsmodell innerhalb des Innenstadtrings, hier zusammengefasst abgebildet wurden. Da jedoch die außerhalb des Zentrums gelegenen Zellen zum Teil recht klein bzw. wenig besiedelt sind, ist das Volumen der einzelnen Relationen vergleichsweise niedrig.

Die Auswertung ergibt ein eher uneinheitliches Bild. Herausragend sind die Zellen „Boele Zentrum“ (207), „Herbeck“ (310), „Hundsdielck/Rumscheid“ (410). Während Boele Zentrum als Kern des einwohnerstärksten Stadtteils ein eigenes Gewicht hat, sind im Fall der beiden anderen Zellen die Größe (beide Zellen gehören zu den flächengrößten Verkehrszellen Hagens) sowie der Autobahneinfluss signifikant. Dahinter rangieren die Zellen „Emst West“ (135) und „Gerichtsviertel“ (128), die beide zu den dichtbebautesten Zellen außerhalb des Stadtzentrums gehören (vgl. **Abbildung 60**).



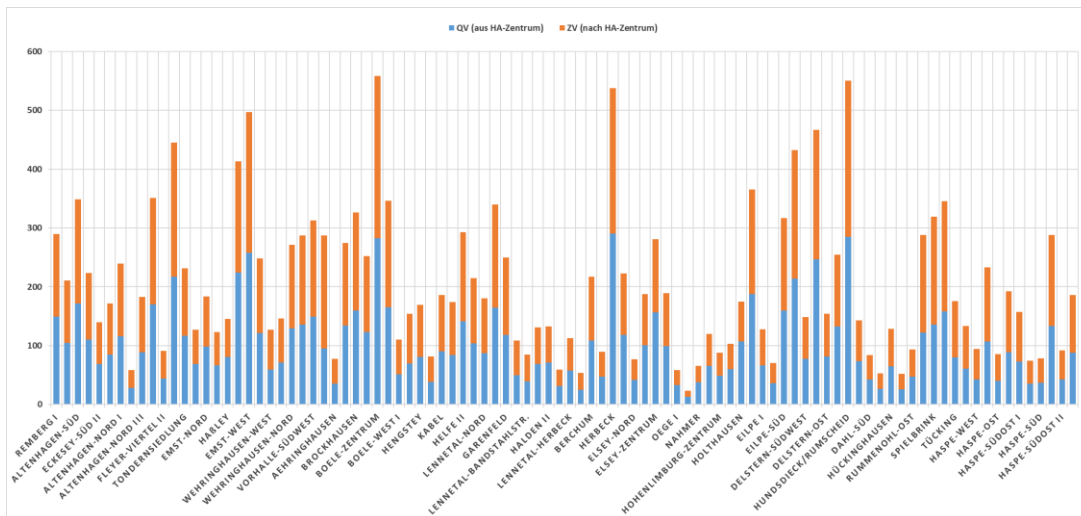


Abb. 60: Zentrumsbezogene Quell- und Zielverkehre im Binnenverkehr (ODM-Daten)

6.4.2. Zentrumsbezogenen Mobilitätsströme – Aggregierte Verkehrszellen

- Die Betrachtung für einzelne Verkehrszellen ergibt aus den genannten Gründen kein einheitliches Bild. Daher erfolgte im 2. Schritt eine Zusammenfassung nach Stadtteilen, die mehr Klarheit liefert. Um nun auch hier das Verhältnis der Verkehrsmengen nach den ODM-Daten im Vergleich zur mittleren Reisezeit abbilden zu können, wurde jeder Zentrum-Stadtteil-Relation eine mittlere Fahrzeit/Reiseweite (ungestörter Verkehrsablauf) zugrunde gelegt. Das Ergebnis zeigt **Abbildung 61**.

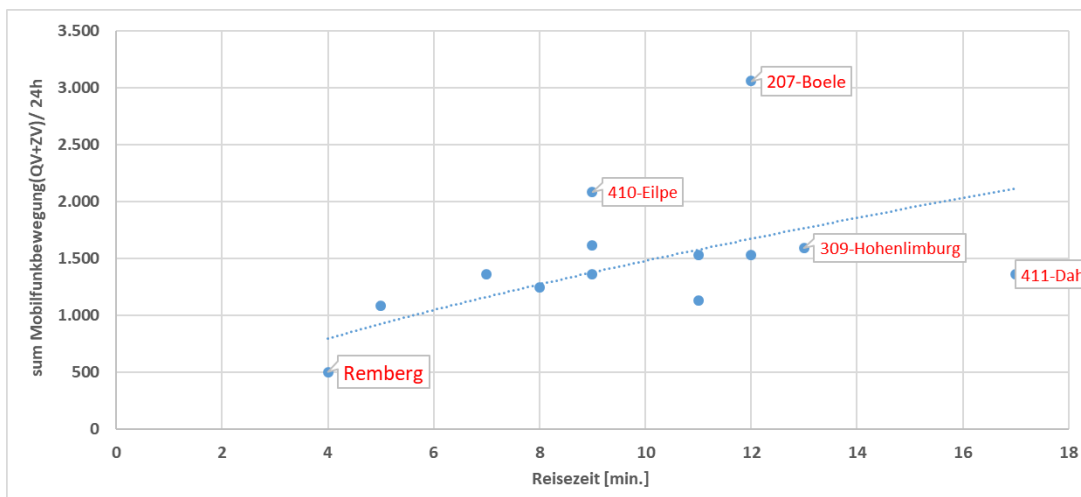
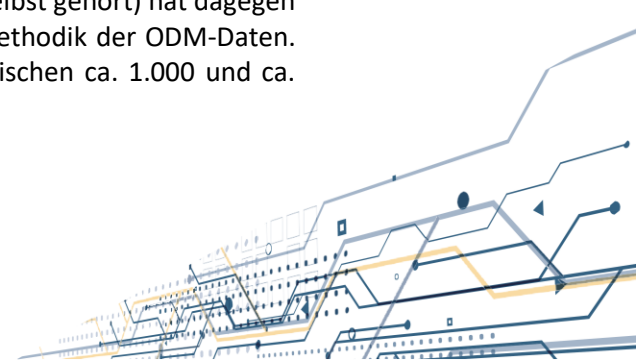


Abb. 61: Verteilung zentrumsbezogene Quell- und Zielverkehre – Aggregierte Verkehrszellen (ODM-Daten)

Boele (gesamter Stadtteil) ist hierbei herausragend; Remberg als zum Zentrum nächstgelegenes Viertel innerhalb der Mittelstadt (zu der auch das Zentrum selbst gehört) hat dagegen den niedrigsten Wert der Mobilitätsströme nach der Erfassungsmethodik der ODM-Daten. Dazwischen liegen alle anderen Stadtteile in einer Bandbreite zwischen ca. 1.000 und ca. 2.000 Mobilitätsbewegungen.



Wegen der „15-Minuten-Schranke“ (vgl. Kap. 2.2) fallen kurze, nahegelegene Wege durch das Erfassungsraster, was gerade den Befund für die genannten Volumina der Werte für Remberg begründen dürfte. Das betrifft aber auch weitere Stadtteile des Stadtbezirks Hagen-Mitte. Im Grunde müsste man diese Fälle mit entsprechenden Faktoren hochrechnen, um zumindest eine Balance zwischen allen Stadtteilen herzustellen.

Datum: 27.07.2020

Version: 1.1



7. ODM-Daten für das Mobilitätsdatenmodell HA – Ergebnisse

7.1. Strategische Planungsaufgaben mit ODM-Daten



Das zu realisierende „Mobilitätsdatenmodell Hagen“ (MDM HA) versteht sich als ganzheitlicher Ansatz, der eine Reihe von Planungserfordernissen mit neuen Datengrundlagen besser bewältigen soll. Hier abschließend findet sich eine Bewertung der ODM-Daten als Input zur Aufstellung des MDM HA.

Diese fokussiert im 1. Schritt die strategischen Planungsaufgaben. Das sind alle Planungsaufgaben, die im Gesamtkontext der Stadt mit allen Stadt-Umland-Beziehungen abgebildet werden. Derartige Planungsaufgaben werden als strategische Planungsaufgaben qualifiziert, weil damit strategische Zeiträume von mindestens 10 Jahren in die Zukunft adressiert werden. Eine typische strategische Planungsaufgabe ist beispielsweise die Aufstellung eines Verkehrsentwicklungsplans (VEP), der in der Regel (sogar) auf einen Horizont von 20 Jahren abgestellt wird.

Die Eignung der ODM-Daten kann, wie dies in Kapitel 3 herausgearbeitet wurden, für die Tageswerte eindeutig positiv beantwortet werden. Denn die ODM-Daten ermöglichen – im Vergleich zu den etablierten Daten aus manuellen Verkehrserhebungen – eine Reihe von Verbesserungen, die sich wie folgt darstellen.

1. Die ODM-Daten eignen sich bezüglich des Hagener Verkehrsmodells für die Verkehrsverteilung im **Durchgangsverkehr / (Außenverkehr** soweit im Verkehrsmodell enthalten). Da erst die Verkehrsumlegung Gewissheit bringt, ob es sich im Falle tangentialer Verkehre mit Quelle und Ziel außerhalb Hagens um Durchgangsverkehre (welche das Hagener Straßennetz belasten) oder Außenverkehre handelt, müssen die jeweiligen Verkehrsströme in den Umlegungsmatrizen enthalten sein (Beispiel: Verkehre zwischen Wetter und Herdecke, welche u. U. über B226/B54 laufen).

Zu diesem Zweck wäre es hilfreich, im VSIUM-Modell die Nachbarstädte Hagens in weitere Verkehrszellen zu splitten, wie das im Falle von Dortmund und Iserlohn bereits erfolgt ist. Dies liefert eine feinere Auflösung, welche mit den ODM-Daten gut abgebildet wird und gut in VISUM eingefügt werden kann.

2. Die ODM-Daten eignen sich bezüglich des Hagener Verkehrsmodells für die Verkehrsverteilung im **Quell- und Zielverkehr**, wobei jeweils eine Quelle/ein Ziel innerhalb und eine Quelle/ein Ziel außerhalb Hagens liegt.

Auch für diese Verkehrsanteile wäre auf vielen Relationen hilfreich, den gegebenen Zuschnitt der Zelleinteilung insbesondere im Außenbereich zu verfeinern, nicht zuletzt auch, um die jeweiligen Kommunen als Ganzes abbilden zu können. Damit können dann Strukturdaten, wie sie auf Ebene der Kommunen vorliegen, als weitere erklärende Größe in die Arbeit mit dem Verkehrsmodell VISUM mit einbezogen werden.

3. Die Grundgesamtheit des ein- und ausbrechenden Quell-, Ziel- sowie Durchgangsverkehrs kann an einem auf ca. 20 Kordonpunkte begrenzten Außenkordon rings um die Stadt Hagen weitgehend vollständig ermittelt werden. Im Allgemeinen geschieht das durch die im 5-Jahres-Turnus stattfindenden **Manuellen Straßenverkehrszählungen** der Straßenverkehrsverwaltungen.





4. Möchte man darüber hinaus laufende Zählraten am Außenkordon (ca. 20 Straßen rings um die Stadt) gewinnen und nutzen, so müsste man **automatische Straßenverkehrszählungen (Dauerzählstellen) im Bereich des Hagerer Außenkordons im Bundes-, Landes- und Kreisstraßennetz** errichten. Im Autobahnnetz gibt es im Raum Hagen vier Dauerzählstellen (A1 Hagen-Vorhalle, A45-Schwerte-Wandhofen (östlich des Westhofener Kreuzes), Lüdenscheid Nord, A46-Hagen-Hohenlimburg). An diesen vier Dauerzählstellen lassen sich in jüngster Zeit Veränderungen im Kfz-Verkehr nachweisen, die eine grundlegende Überarbeitung der im Hagerer Verkehrsmodell genutzten Verkehrsmatrizen als notwendig erscheinen lassen.
5. **ODM-Daten für den Binnenverkehr** sind eingeschränkt und eher hinsichtlich der relativen Verteilung nutzbar. Im Fall des Binnenverkehrs gibt es folgende Lösungen, die als Alternative besser geeignet erscheinen:
 - ▶ Nutzung von Daten aus der Haushaltbefragung 2017 (Beispiel: NVP-Entwurf 2020) sowohl hinsichtlich Höhe als auch Verteilung des Binnenverkehrs;
 - ▶ Nutzung von ODM-Daten zu Vergleichszwecken und zur Plausibilisierung der Daten aus der Haushaltbefragung 2017;
 - ▶ Ggf. Aufkommensermittlung auf Basis von Strukturdaten auf der Ebene der 39 Hagerer Wohnbezirke (bspw. wie im NVP-Entwurf 2020 gehandhabt).
6. Für alle diese Operationen wäre eine Überprüfung und **Überplanung der Hagerer Verkehrszelleneinteilung** hilfreich. Folgendes Vorgehen erscheint, nach aktuellem Kenntnisstand und im Ergebnis der hiesigen Arbeiten, gut machbar zu sein:
 - ▶ Außerhalb Hagens: Splittung der Nachbarstädte (in jeweils 2 oder mehr Zellen);
 - ▶ Innerhalb Hagens (mit Ausnahme Zentrum): Zelleinteilung zunächst auf Basis der 39 Wohnbezirke, da umfangreiche Strukturdaten (Einwohner- und Altersgruppen, Pkw-Dichte, Schulen/Schülerzahlen u.v.m.) vorliegen, bei Bedarf Splittung der Zellen über Splitten-Operationen der Verkehrsmodelle;
 - ▶ Innerhalb Hagens (Zentrum): zunächst Zelleinteilung als Ganzes wegen Strukturdaten, in der Arbeit mit dem Verkehrsmodell dann Differenzierung in die 4 Quartiere (Bahnhof, Mittelstadt, City-Nord, City-Süd) gemäß dem Hagerer Parkleitsystem, Kalibrierung der Verkehrsmengen über Daten des Hagerer Parkleitsystems.
7. Es sind auch **ODM-Stundenwerte (ODM-Std)** vorhanden, welche **zur Abbildung der tageszeitlichen Verteilung der Verkehrsströme** geeignet sind. Nach Sichtung und Einschätzung sind diese Daten:
 - Die Daten sind konsistent insbesondere für große Verkehrsströme und Distanzen von > 15 km.
 - Die Daten sind geeignet, um tagesbezogene Referenzganglinien für jeden Wochentag zu erstellen (mit prozentualen Anteilswerten der Stundengruppen an der Tagesmenge).



- Die Daten können dem Grunde nach vergleichsweise einfach und systematisch jederzeit aktualisiert werden.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



Diese Übersicht macht deutlich, in welcher Breite die ODM-Daten einen Beitrag zur Entwicklung des „Mobilitätsdatenmodells Hagen“ (MDM HA) liefern können. Gerade die Möglichkeit, die Daten letztlich vergleichsweise schnell und einfach in hoher Detaillierung aktualisieren zu können, auch im Zusammenspiel mit besser geeigneten Strukturdaten, die ebenfalls laufend zu aktualisieren sind, muss als sehr großer Vorteil eingeschätzt werden. Damit können dann auch maßnahmenbezogene Planungsaufgaben aus dem Gesamtmodell relativ einfach abgeleitet werden.

7.2. Nutzung von ODM-Daten für operative Teilaufgaben

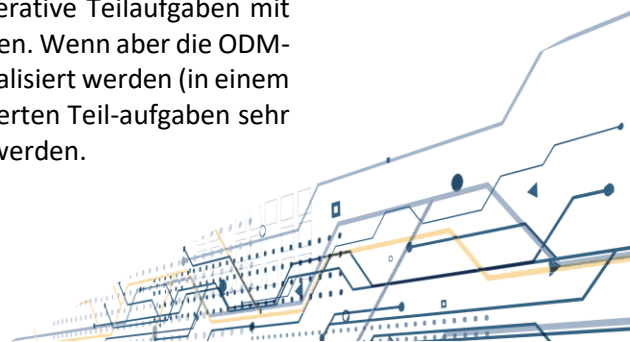
7.2.1. Motorisierter Individualverkehr

Neben den strategischen Fragestellungen der Verkehrsplanung erwachsen auf Seiten der Verwaltung laufend neue operative Teilaufgaben, die zumeist entweder auf konkrete Maßnahmen ausgerichtet sind oder spezifische Netzelemente und Teilräume meinen oder aber als Dateninput für abgeleitete Teilaufgaben dienen (z. B. Modellierung der Emissionen des MIV).

Diesbezüglich können die ODM-Daten für folgende, anteilig eher operative Teilaufgaben der Verkehrsplanung genutzt werden:

- ▶ Generierung (Aufkommen und Verteilung) im Quell- Ziel-, Durchgangsverkehr, Einfluss der Verkehrsarten auf das Hagener Verkehrsnetz;
- ▶ Unterstützung (Plausibilisierung) bei der Modellierung des Binnenverkehrs;
- ▶ Vorteil der schnellen Datenverfügbarkeit und Aktualisierung der Matrizen vor dem Hintergrund aktueller Veränderung des Verkehrsgeschehens im übergeordneten Straßenverkehr;
- ▶ Unterstützung bei Maßnahmen zu Entlastung hochfrequenzierter Abschnitte und Knotenpunkte des städtischen Hauptverkehrsstraßennetzes;
- ▶ Unterstützung bei Baumaßnahmen an der Straßeninfrastruktur, zum einen als Ersatzvorhaben, zum anderen in der Netzergänzung; dies gilt sowohl für innerstädtische Maßnahmen als auch für Maßnahmen am übergeordneten Straßennetz und dort erforderliche Teilmaßnahmen mit dem Ziel der Verhinderung von nicht gewollten Umleitungsverkehren;
- ▶ HBS-LoS-Konzepte basieren auf makroskopischen (VISUM) bzw. mikroskopischen (VISSIM) Verkehrsumlegungen, die wiederum auf den o. g. Einsatzmöglichkeiten der ODM-Daten speziell im Quell- Ziel- und Durchgangsverkehr aufbauen. Insofern ist eine indirekte Beeinflussung und positive Nutzbarmachung vorhanden.

Ob und inwieweit es sinnvoll ist oder sein kann, ausschließlich operative Teilaufgaben mit den ODM-Daten zu bearbeiten, kann nur im Einzelfall beurteilt werden. Wenn aber die ODM-Daten in VISUM als zentrale IT-Lösung der Verkehrsplanung lfd. aktualisiert werden (in einem noch zu bestimmenden Rhythmus), dann können alle zuvor adressierten Teilaufgaben sehr gut mit den ODM-Daten vereinfacht bzw. in der Qualität präzisiert werden.





7.2.2. Ruhender Verkehr, Parken in der Innenstadt / Mittelstadt

Für die Planung des Ruhenden Verkehrs bzw. des Parkens in der Innenstadt und in der Mittelstadt ergeben sich die folgenden Anknüpfungspunkte in der Planung, wiederum aufbauend auf der Annahme, dass die Daten in VISUM integriert vorliegen:

- ▶ Überprüfung der Kapazität und Auslastung des innerstädtischen Parkraums und Anpassung an wechselnde Anforderungen;
- ▶ Beeinflussung und ggf. gezielte Steuerung von Routenwahl und Wegweisung des im Rahmen des Parkleitsystems;
- ▶ Nutzung von innenstadtnahen Parkraumangeboten (jenseits des innerstädtischen Rings aber fußläufig zum Zentrum gelegen) zur Entlastung der Innenstadt (fließender und ruhender Verkehr).

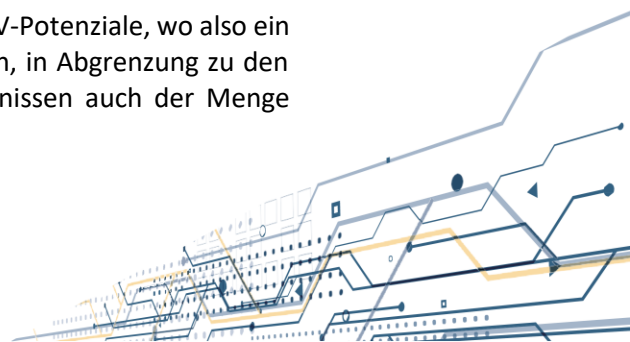
Gerade diesbezüglich wird deutlich, dass damit auch eine gezielte und integrative Parkraumbewirtschaftung im Zusammenspiel mit anderen verkehrslenkenden Maßnahmen gut ausgestaltet werden kann.

7.3. ODM-Daten für die Nahverkehrsplanung

In der Bearbeitungszeit zur hiesigen Aufgabenstellung wurde im Rahmen der Planungen im ÖPNV der (neue) Nahverkehrsplan 2020 (Entwurf, Stand: Juni 2020) veröffentlicht. Dieser ist mit Blick auf entsprechende Möglichkeiten der Unterstützung des dort stattfindenden Planungsprozesses ebenfalls geprüft worden. Folgende Anwendungen der ODM-Daten können in diesem Kontext gesehen werden:

- ▶ Nutzung der stundenbasierten Tagesganglinien für die Dimensionierung (Bedienungshäufigkeit, Takte) im Hagener Stadtbusverkehr im Rahmen des aktuellen Nahverkehrsplanung. Das bestehende Konzept kann anhand der Ganglinien validiert werden (vgl. NVP-Entwurf, Kap. 9.3.6).
- ▶ Nutzung von Erkenntnissen aus der Verteilung im Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr auf Stadt-Umland-Relationen. Im Entwurf des aktuellen Nahverkehrsplans liegt der Fokus auf dem Stadtbusverkehr (Binnenverkehrsrelationen!). Stadt-Umland-Verbindungen im ÖPNV und hier insbesondere im SPNV erscheinen demgegenüber in der Betrachtung etwas zu kurz gekommen zu sein; mit den hiesigen Daten sind wesentliche, neue Schlussfolgerungen möglich.
- ▶ Unterstützung der Planung der langfristigen ÖPNV-Entwicklung im Rahmen des Maßnahmenkonzepts Hagen 2035+, Entwicklung und strategische Ausrichtung höherwertiger ÖPNV-Systeme (vgl. NVP-Entwurf, Kap. 11) u. a. was die Auswahl und Entwicklung geeigneter Korridore anbelangt.

Gerade in Bezug auf die langfristig angelegten Erfordernisse der Angebotsplanung und -entwicklung im SPNV lassen die ODM-Daten erstmalig neue, differenzierte Schlüsse zu. So können mit diesen Daten vergleichsweise einfach die „attraktiven“ SPNV-Potenziale, wo also ein SPNV-Angebot gute Reisezeiten im Verhältnis zum MIV haben kann, in Abgrenzung zu den weniger attraktiven Potenzialen mit ungünstigen Reisezeitverhältnissen auch der Menge nach identifiziert werden.



Der SPNV ist betrieblich auf die SPNV-Stationen konzentriert und die starken Stationen liegen zumeist in den Innenstädten. Dort gibt es aber auch hoch aufgelöste ODM-Daten, so dass das Potenzial in der Innenstadt in Bahnhofsnähe damit sehr gut direkt datentechnisch abgebildet vorliegt. Für diese Analysefälle müsste man dann nur die Daten beim Übertragen aus dem ODM-Datensatz entsprechend differenziert übernehmen.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



Ein weiterer Vorteil der ODM-Daten ist die Vergleichsmöglichkeit der (wie dargestellt) ermittelten Nachfragepotenziale mit der SPNV-Nutzung, wie sie in AFZS-Daten o. ä. abgebildet sind. Damit lässt sich effektiv eine relationsbezogene Ausschöpfung der Marktpotenziale des SPNV entwickeln.

7.4. Planung von Fahrrad- und Fußgängerverkehr mit ODM-Daten

Die Möglichkeiten des Einsatzes von ODM-Daten für die Planung des Fahrrad- und Fußgängerverkehrs sind eher gering. Dies begründet sich im Wesentlichen aus dem niedrigen Anteil der damit erfassbaren Verkehre, was wiederum aus der 15-Minuten-Schranke resultiert.

7.5. Einsatz von ODM-Daten zur Umsetzung des Masterplans

7.5.1. Einführung

Der Masterplan „Nachhaltige Mobilität“ beinhaltet Strategien zur Mobilitätswende mit den zentralen Bausteinen:

- ▶ „Hagen digitalisiert“
- ▶ „Hagen transportiert neu“
- ▶ „Hagen lenkt um“
- ▶ „Hagen bewegt“
- ▶ „Hagen radelt“
- ▶ „Hagen elektrisiert“

Das Mobilitätsdatenmodell zählt zum Baustein 1 „Hagen digitalisiert“, Maßnahme 1.17.

Wie bereits betont, liegt der zentrale Beitrag des Mobilitätsdatenmodells in der Bereitstellung von neuen Daten zur Bewertung des Quell- Ziel- und Durchgangsverkehrs, also der Verkehrsverflechtungen zwischen Hagen und seinem Umland. Deshalb kann das Mobilitätsdatenmodell insbesondere für diejenigen Maßnahmen des Masterplans eine wertvolle Datengrundlage bilden, die auf eine Verbesserung des Stadt-Umland-Verkehrs abzielen.

Das sind in erster Linie die Maßnahmenpakete:

- ▶ „Hagen lenkt um“
- ▶ „Hagen bewegt“



7.5.2. Maßnahmenpaket „Hagen lenkt um“ (Reihenfolge gem. Masterplan)

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

Maßnahme 5.9 „Vermeidung von Lkw-Abkürzungsverkehr“



Wie in Kap. 6.2 ausführlich dargestellt wurde, sind aus den ODM-Daten heraus signifikante großflächige Durchgangsverkehre (Erhebungszeitraum: zweite Novemberhälfte 2019) nicht festgestellt worden. Auch sind für 2019 und 2020 sinkende Kfz-Verkehrsbelastungen im Vergleich zu 2017 oder 2018 identifiziert worden. In Bezug auf die Problemstellung können die ODM-Daten sowie die Daten der automatischen Straßenverkehrszählungen gezielt nach den folgenden Kriterien sondiert werden:

- ▶ ODM-Daten: Auswertung von Stundendaten in Tagesrandlagen (Nachtstunden) nach Durchgangsverkehrsströmen;
- ▶ Daten aus Dauerzählstellen: Auswertung aktueller Monatsdaten gezielt nach Schwerverkehren bzw. Schwerverkehrsanteilen.

Da sich gerade mit LKW-Abkürzungsverkehren im Zweifel vergleichsweise hohe negative Belastungen ergeben (können), erscheint die Nutzung der genannten Daten und Lösungsansätze in jedem Fall geboten. Es sei darauf hingewiesen, dass mit Vorliegen dieser Daten dann auch entsprechend qualifizierte Nachweise möglich sind.

Maßnahme 1.13 „Schlaufenerschließung Innenstadttring – Einbahnstraßenlösung“

Zur Beurteilung der Maßnahme erfolgen aus dem Verkehrsmodell heraus Verkehrsumlegungen für verschiedene denkbare Planfälle. Die Grundlagen der Verkehrsmatrix können aus ODM-Daten heraus mit geschaffen werden.

Maßnahme 1.8 „Integration Fernlinienbusse hinter dem Hauptbahnhof“

Die Verteilungen im Quell- und Zielverkehr geben Hinweise auf wichtige Relationen. Dies sollte dann sinnvoller Weise auf Basis der Motionlogic-Zellraster erfolgen.

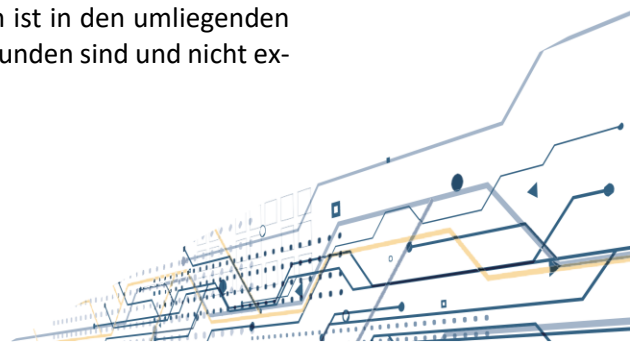
Maßnahme 5.5 „Ausweitung P+R-Angebot“

Hagen besitzt ein vergleichsweise geringes P+R-Angebot. Nachfolgend findet sich ein Auszug aus dem korrespondierenden VRR-Register (Stand 31.12.2017; vgl. **Tab. 10**).

Ort	Haltestellenname	TYP	STELLPLAETZE
Hagen	Vorhalle Bf.	B+R	5
Hagen	Heubing Bf.	B+R	13
Hagen	Vorhalle Bf.	P+R	25
Hagen	Heubing Bf.	P+R	72
Hagen	Dahl Bf.	P+R	12
Hagen	Rummenohl Bf.	P+R	10

Tab. 10: P+R-Angebot in Hagen (Quelle: VRR)

Hagen Hauptbahnhof ist darin nicht genannt; der dortige Parkraum ist in den umliegenden Parkhäusern vorhanden, die an das städtische Parkleitsystem angebunden sind und nicht explizit als P+R-Stationen verstanden werden.



Die Station Hagen-Hohenlimburg ist erst in jüngster Zeit umgebaut worden. Nur die S-Bahn-Station Hagen-Heubing besitzt ein nennenswertes P+R-Angebot. Das vorhandene P+R-Angebot (wie auch das B+R-Angebot) in Hagen ist also generell (sehr) ausbaufähig.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

Da potentielle P+R-Nutzer vorrangig auf Stadt-Umland-Relationen unterwegs sind, können ODM-Daten einen Beitrag zur Bedarfsermittlung der P+ R-Nachfrage leisten. Zudem sollte dann überlegt werden, diese Potenziale an entsprechend dezentral gelegene Stationen zu leiten (z. B. nach Haben Vorhalle Bf.).



7.5.3. Maßnahmenpaket „Hagen bewegt“ (Reihenfolge gem. Masterplan)

Maßnahme 1.16 „Ausbau des ÖPNV-Angebot – Angebot- und Attraktivitätssteigerung“

ODM-Daten können hier u. a. zur Analyse folgender Aspekte herangezogen werden:

- ▶ Anpassung des ÖPNV-Angebots an die Tagesganglinie (ODM-Stundenbasis) sowohl für Werktage (Schultage) als auch für Angebote an Samstagen sowie Sonn- und Feiertagen als Beitrag für ein Nachfrage-angepasstes und wirtschaftliches ÖPNV-Angebot;
- ▶ Ausbau des ÖPNV-Angebots im Stadt-Umland-Verkehr (Bahn und Bus).

Im Übrigen ist die Maßnahme des Ausbaus des ÖPNV-Angebots in engem Zusammenhang mit der Ausweitung des P+R-Angebots (siehe vorheriges Kapitel) zu sehen. In der Maßnahmenbeschreibung (Steckbrief) zu 1.16 wird ausdrücklich darauf Bezug genommen. Auch über mögliche neue Haltepunkte mit starkem Pendlerbezug könnte das P+R / B+R-Angebot entsprechend ausgebaut werden.

8. Schlussbetrachtung

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1

Anpassungsbedarf am bestehenden Verkehrsmodell

Nach dem Beschluss des Stadtrats von Hagen am 12.07.2018 über die Umsetzung des Masterplans „Nachhaltige Mobilität“ ist nunmehr ein umfassendes Mobilitätsdatenmodell für Hagen aufzustellen. Wie die dargestellten Ergebnisse gezeigt haben, ist das bestehende Verkehrsmodell auf Basis von VISUM nicht (mehr) geeignet, die neuerlichen, zukunftsweisenden Planungsaufgaben nach dem Masterplan „Nachhaltige Mobilität“ zu bewältigen:



- ▶ Das Modell ist zu alt; alle Daten müssen demnach aktualisiert werden.
- ▶ Der Zuschnitt der Verkehrszellen ist sowohl innerstädtisch als auch für den äußeren Modellraum nicht mehr geeignet.
- ▶ Wesentliche neue Verkehrsrelationen (z. B. nach Köln oder Düsseldorf) werden dadurch nicht korrekt abgebildet.
- ▶ Auch der Gesamtverkehr von Hagen wird nicht mehr sachgerecht abgebildet.

Methodisch gut begründete, ganzheitliche Planungen nach dem Anforderungsprofil des Masterplans „Nachhaltige Mobilität“ können insofern mit dem bestehenden Modell nicht mehr abgeleitet werden. Es erscheint lediglich (noch) geeignet, bereits begonnene Planungsaufgaben nach den etablierten Standards weiterzuverfolgen und abzuschließen.

Zielvorgabe „Mobilitätsdatenmodell Hagen“ (MDM HA)

Das „Mobilitätsdatenmodell Hagen“ (MDM HA) stellt gezielte Anforderungen an die Verkehrsplanung insbesondere bei den folgenden Maßnahmen:

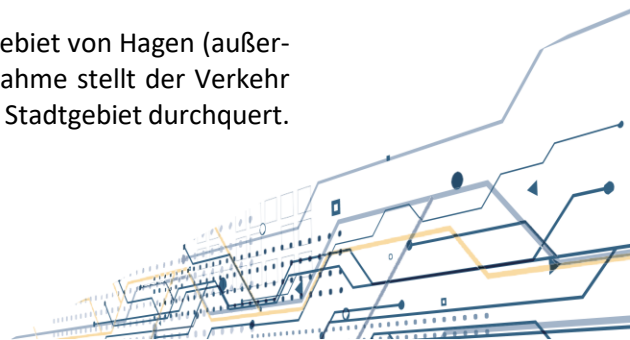
- ▶ Maßnahme 5.9: Vermeidung von Lkw-Abkürzungsverkehr
- ▶ Maßnahme 1.13: Schlaufenerschließung Innenstadtring - Einbahnstraßenlösung
- ▶ Maßnahme 1.8: Integration Fernlinienbusse hinter dem Hauptbahnhof
- ▶ Maßnahme 5.5: Ausweitung P+R-Angebot
- ▶ Maßnahme 1.16: Ausbau des ÖPNV-Angebots durch Angebots- und Attraktivitätssteigerung.

Alle genannten Maßnahmen sind ohne ein neues bzw. „runderneutes“ Verkehrsmodell nicht umsetzbar. Mit Umsetzung der nachfolgenden Empfehlungen wird dies jedoch möglich.

Eignung der ODM-Daten

Die ODM-Daten sind insbesondere für Stadt-Umland-Verkehrsbeziehungen im Durchgangsverkehr sowie für die Abbildung der Quell- und Zielverkehre besonders gut geeignet:

- ▶ Durchgangsverkehr von nennenswerter Stärke ist im Stadtgebiet von Hagen (außerhalb des Autobahnnetzes) nicht nachweisbar. Einzige Ausnahme stellt der Verkehr zwischen Wetter und Herdecke dar, der (nur) im Norden das Stadtgebiet durchquert.



- ▶ Das Verkehrsgeschehen in Hagen wird jedoch insbesondere von zentrumsbezogenen Quell- und Zielverkehren geprägt. Die Verkehrsstromverteilungen können über ODM-Daten gut abgebildet werden. Es sind dabei typische Muster der Reiseweitenverteilung zwischen dem Hagener Zentrum und Umlandstädten nachweisbar.

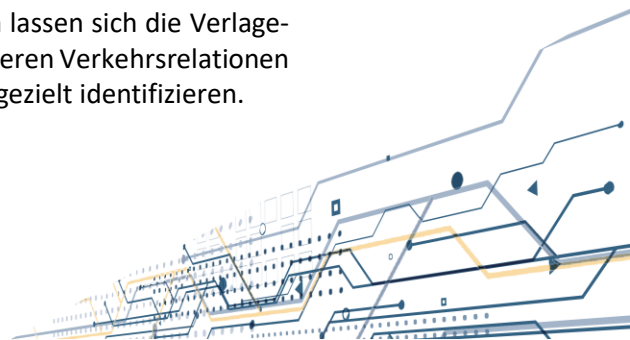
Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



Folgen für das Mobilitätsdatenmodell Hagen (MDM HA)

Für den Umbau des bestehenden Datenmodells zum MDM HA mögen folgende Hinweise beachtet werden:

- ▶ Hagen hat aktuelle und auch kleinräumig verfügbare Strukturdaten (Einwohner, Kfz/Pkw-Besatz usw.), die besser genutzt werden sollten.
- ▶ ODM-Daten als Verkehrsgrößen lassen sich mit Strukturdaten der Kfz-Verkehrsverteilung in den Bezirken am besten koppeln. Einwohner und privater Pkw-Besitz eignet sich hingegen weniger.
- ▶ Über den NRW-Pendleratlas liegen für alle Erwerbstätigen (nicht nur für SV-pflichtig Beschäftigte!) aktuelle und gemeindegrenzscharfe Pendlerdaten vor. Dies gilt gerade auch für die wesentlichen Pendlerverflechtungen Hagens.
- ▶ Es besteht eine gute Korrelation zwischen ODM-Daten (Kordon-übergreifende Quell- und Zielverkehrsströme, als Verkehrsplanungsgröße) und den zugehörigen Pendlerverflechtungen (als erklärende Größe) auf den maßgebenden Relationen.
- ▶ Der aktuelle Zuschnitt der Verkehrszellen ist in den äußeren Bereichen des Modells zu grob. Durch einen feineren Zuschnitt kann eine viel präzisere Abbildung der realen Verkehrsrelationen, gerade auf den großen Pendlerdistanzen, erzeugt werden.
- ▶ Unter Nutzung der manuellen Straßenverkehrszählung an den Kordonstellen in Nähe der Stadtgrenze können die Verkehrsbelastungen der jeweiligen Straßen im Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr von Hagen korrekt erfasst werden.
- ▶ Inwieweit sich der in den Daten des Landesbetriebs Straßenbau Nordrhein-Westfalen zu beobachtende Rückgang der Kfz-Verkehrsmengen dauerhaft manifestieren wird, bleibt abzuwarten; das neue Verkehrsmodell muss dies berücksichtigen.
- ▶ Stundenwerte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) an den Hagener Dauerzählstellen liefern Referenz-Tagesganglinien für die Kalibrierung des neuen Modells. Auch die A46-Zählstelle vor der AS Hohenlimburg liefert eine typische Ganglinie. Ergänzend können Ganglinien städtischer Dauerzählstellen genutzt werden.
- ▶ Die wechselnden Bauphasen auf der A45 werden in den kommenden Jahren immer wieder Auswirkungen auf die Kfz-Verkehrsströme in der Region haben. Die Folgewirkungen für den Hagener Stadtverkehr lassen sich mit den ODM-Daten gut planen.
- ▶ Bei Nutzung der ODM-Daten i. V. m. den Pendlerstatistiken lassen sich die Verlagerungspotenziale des MIV auf den SPNV, gerade auch auf längeren Verkehrsrelationen (z. B. bis Essen/Düsseldorf, Köln oder Dortmund/Münster), gezielt identifizieren.



- ▶ Die jüngste Haushaltsbefragung bietet nicht nur für die Weiterentwicklung des ÖPNV-Angebots wertvolle Informationen; auch die Abschätzung der sonstigen Verlagerungspotenziale bspw. im Fuß- und Radverkehr ist damit qualifiziert möglich.

Datum: 27.07.2020
Version: 1.1



Mit den genannten konzeptionellen Ansätzen und auf Basis der gegebenen Daten kann das „Mobilitätsdatenmodell Hagen“ (MDM HA) zielführend umgesetzt werden.

Empfehlungen für das weitere Vorgehen

Der Beschluss des Stadtrats von Hagen vom 12.07.2018 über die Umsetzung des Masterplans „Nachhaltige Mobilität“ kann auf der Basis der hier hergeleiteten Analysen und Empfehlungen nunmehr gezielt angegangen werden:

- ▶ Das Mobilitätsdatenmodell Hagen (MDM HA) kann mit den gegebenen Daten und den planerischen Hinweisen gezielt umgesetzt werden.
- ▶ Dabei werden sowohl die ODM-Daten des Mobilfunks als auch die Haushaltsbefragung unmittelbar genutzt werden können.
- ▶ Damit kann das MDM HA aus dem bestehenden Verkehrsmodell (VISUM) heraus entwickelt werden.
- ▶ Ob dies als Fortentwicklung des VISUM-Modells geschieht oder auf einer anderen Software-Basis (z. B. PSV, entsprechend dem ÖPNV-Modell) ist dabei sekundär.
- ▶ In jedem Fall kann damit eine zukunftsfähige Basis nicht nur zur Planung der Maßnahmen des MDM HA erlangt werden.
- ▶ Auch die lfd. sonstigen Planungen, nicht zuletzt mit dem sukzessiven Fortschreiten der Baumaßnahmen auf der Autobahn A45, werden damit zeitgemäß möglich.

Im Ergebnis stellen dabei die ODM-Daten einen zentralen und wertvollen Baustein für die Entwicklung des „Mobilitätsdatenmodells Hagen“ (MDM HA) dar.

Für den vorliegenden Bericht

Koblenz, den 27.07.2020

BPV Consult GmbH



Dr. Christoph Zimmer

Beratender Ingenieur

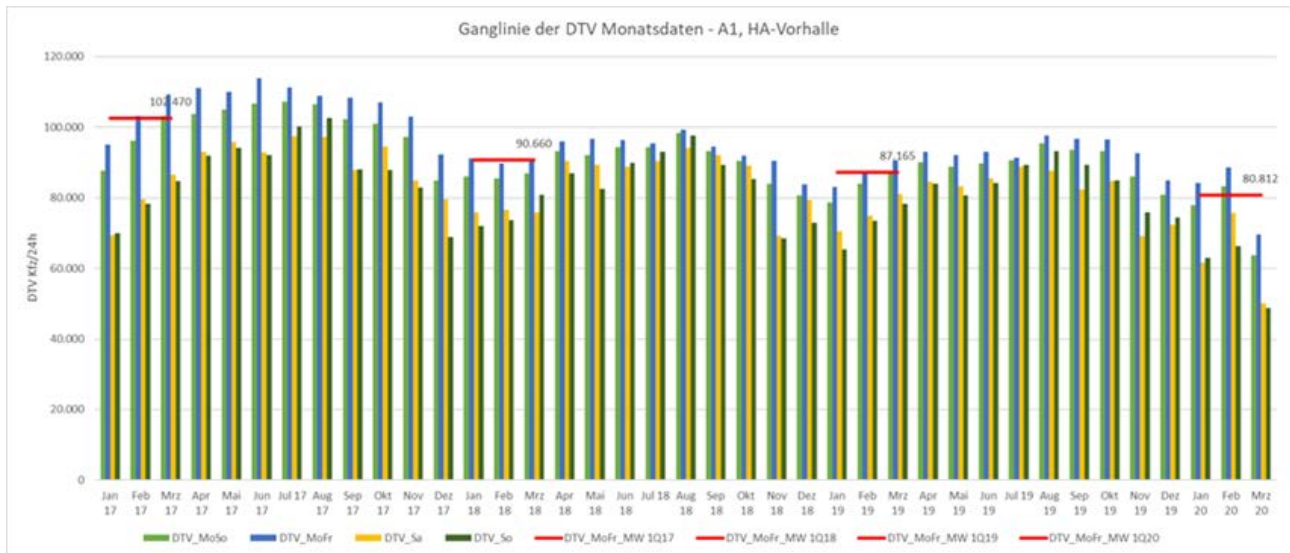
Anlage



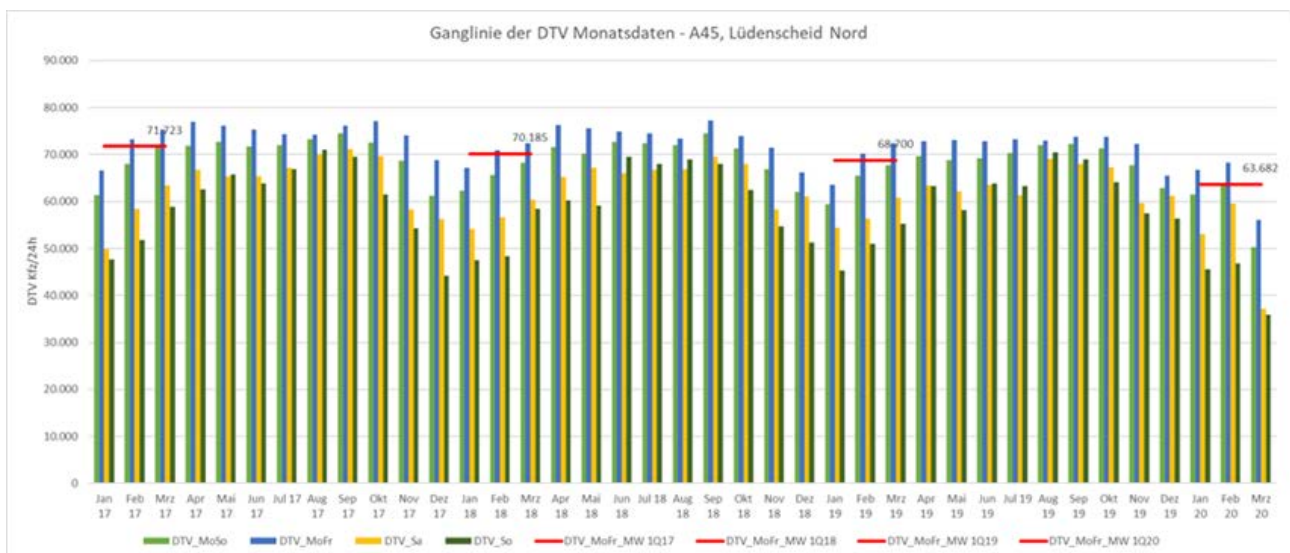
Anlage 1:

DTV-Monatswerte ausgewählter Autobahnquerschnitte im Raum Hagen

A1: Hagen Vorhalle



A45: Lüdenscheid Nord



A46: Hagen-Hohenlimburg

