

ÖFFENTLICHE BERICHTSVORLAGE

Amt/Eigenbetrieb:

61 Fachbereich Stadtentwicklung, -planung und Bauordnung

Beteiligt:**Betreff:**

Machbarkeitsstudie für einen Einbahnstraßenring in Hagen

Beratungsfolge:

09.06.2021 Bezirksvertretung Hagen-Mitte

16.06.2021 Ausschuss für Umwelt-, Klimaschutz und Mobilität

Beschlussfassung:

Ausschuss für Umwelt-, Klimaschutz und Mobilität

Beschlussvorschlag:

Der Ausschuss für Umwelt-, Klimaschutz und Mobilität nimmt den Bericht zur Kenntnis. Die Ergebnisse der Studie sollen als optionale Grundlage für einen möglichen ÖPNV-Systemwechsel genutzt werden.

Kurzfassung

Im Zuge des Masterplan "Nachhaltige Mobilität" wurde eine Machbarkeitsstudie zur Untersuchung eines Einbahnstraßenrings vergeben (Maßnahme 1.13.). Im nun vorgelegten Endbericht werden die Ergebnisse dargestellt. Untersucht wurden für verschiedene Ausführungsvarianten die verkehrlichen Aspekte (Verkehrsbelastung, Reisezeiten etc.), Umweltaspekte (Emissionswirkung) sowie die überschläglichen geschätzten Kosten. Der Endbericht sowie eine Kurzfassung sind der Anlage zu entnehmen.

Aus rein verkehrlicher Sicht ist die Umsetzung eines Einbahnstraßenrings für den motorisierten Individualverkehr (MIV) als negativ zu bewerten. Es wurde ermittelt, dass sich die durchschnittlichen Reiseweiten um ca. 1,7 Kilometer verlängern, während die Reisezeit sich nahezu verdoppelt (von 9,4 Minuten im Analysefall auf über 17 Minuten in den Szenarien). Es ist mit einer höheren Auslastung einzelner Streckenabschnitte zu rechnen. Für 8 bis 10 Knotenpunkte (von insgesamt 36 Knotenpunkten) ist die Leistungsfähigkeit außerdem als kritisch zu bewerten.

Aus Umweltsicht wird festgehalten, dass sich ein Einbahnstraßenring positiv auf die lokalen NOx- und CO2-Emissionen auf dem Innenstadtring auswirkt. Insgesamt führt die Maßnahme durch Verlagerungseffekte des Kfz-Verkehrs jedoch auch zu höheren Emissionen und damit einer Verschlechterung der Luftqualität im restlichen Stadtgebiet. Insbesondere die Auswirkungen auf die global zu betrachtenden CO2-Emissionen sind daher als negativ zu bewerten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine Einbahnstraßenlösung dazu dienen kann den Verkehrsraum auf dem Innenstadtring neu zu ordnen und mehr Raum für andere Verkehrsarten (ÖPNV, Radverkehr) zur Verfügung gestellt werden kann. Für den MIV ist die Maßnahme jedoch mit deutlich negativen Auswirkungen zu rechnen. Eine mögliche Realisierung sollte in jedem Fall auch direkt mit einem verbesserten Angebot im Bereich ÖPNV und Radverkehr einhergehen

Begründung

Vor dem Hintergrund stetig steigender Verkehrsmengen im Kraftfahrzeugverkehr sowie den damit verbundenen Luftschadstoff- und Lärmelastungen in Hagen, sollte die Machbarkeit eines Einbahnstraßenringes erneut untersucht werden. In einem ersten Schritt erfolgte daher die Auswahl verschiedener Ausführungsvarianten einer Einbahnstraßenlösung zur Senkung der Verkehrs- und Umweltbelastungen. Unter Berücksichtigung unterschiedlicher Randbedingungen im Kfz-, ÖPNV- und Radverkehr fiel die Auswahl auf folgende vier Varianten, welche im Verkehrsmodell detailliert untersucht wurden:

- Minimalvariante im Uhrzeigersinn (Variante 1)
- Maximalvariante im Uhrzeigersinn (Variante 2)
- Erweiterter Einbahnstraßenring gegen den Uhrzeigersinn (Variante 3)
- Erweiterter Einbahnstraßenring im Uhrzeigersinn (Variante 4.3)

In jeder Variante entfallen Fahrstreifen für den Kfz-Verkehr für Belange anderer Verkehrsteilnehmer sowie zur Senkung der Luftschatdstoff- und Lärmelastungen. Inwiefern die frei zur Verfügung stehende Verkehrsfläche infolge einer Umsetzung des Innenstadtrings als Einbahnstraßensystem genutzt werden kann, ist unter Berücksichtigung der Belange des ÖPNV, MIV und Radverkehrs, Flächen für den ruhenden Verkehr sowie der Umfeldnutzungen in einem separaten Verfahren abzuwegen.

Zur Auswahl der geeignetsten Variante wurden unter anderem die Ergebnisse der Verkehrsmodellierung zur Evaluierung der verkehrlichen Wirkung und Umweltauswirkungen sowie der zu erwartende Umsetzungsaufwand herangezogen. Aus verkehrlicher Sicht wurde die Variante eines erweiterten Einbahnstraßenrings entgegen dem Uhrzeigersinn als Vorzugsvariante identifiziert. Daher wurden für diese Variante und ihr gegenläufiges Pendant (erweiterter Ring im Uhrzeigersinn) die Auswirkungen auf die NOx- und CO2-Emissionen sowie die Umsetzungskosten abgeschätzt.

Insgesamt lässt sich aus Umweltsicht festhalten, dass sich der Einbahnstraßenring positiv auf die lokalen NOx- und CO2-Emissionen und damit auf die lokale Luftqualität auf dem Innenstadtring auswirkt. Dies ist besonders wichtig vor dem Hintergrund der bisherigen beiden Hotspots Märkischer Ring und Graf-von-Galen-Ring, an denen Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität notwendig sind, um zukünftig die Luftschatdstoffgrenzwerte einzuhalten. Insgesamt führt die Maßnahme durch Verlagerungseffekte des Kfz-Verkehrs jedoch auch zu höheren Emissionen und damit einer Verschlechterung der Luftqualität im restlichen Stadtgebiet. Allerdings übersteigt die Emissionsreduktion auf den Ringen den Anstieg im Innenstadtbereich. Insbesondere in der Variante des erweiterten Einbahnstraßenrings im Uhrzeigersinn (Variante 4.3) wird in Summe eine deutliche Emissionsreduktion erzielt und bietet somit das größere Emissionsreduktionspotential. Zudem ist die Streckenauslastung mit Ausnahme der Süd-Nord-Richtung auf dem Graf-von-Galen-Ring bei Variante 4.3 geringer als bei Variante 3, was sich positiv auf den Verkehrsfluss und damit auch auf die Emissionen auswirken sollte.

Die Kostenschätzung für Variante 3 liegen bei ca. 5,1 Millionen Euro und bei Variante 4.3. bei ca. 6,5 Millionen Euro. Es handelt sich jedoch um eine grobe Kostenschätzung. In der Umsetzung ist mit deutlich höheren Kosten zu rechnen (insbesondere bei einem möglichen Neubau der Arbeitsamtsrampe).

Inklusion von Menschen mit Behinderung

Belange von Menschen mit Behinderung

sind nicht betroffen

Auswirkungen auf den Klimaschutz und die Klimafolgenanpassung

positive Auswirkungen (+)

Kurzerläuterung und ggf. Optimierungsmöglichkeiten:

Die Abschätzung der Emissionswirkung ist Bestandteil der Studie.

Finanzielle Auswirkungen

Es entstehen weder finanzielle noch personelle Auswirkungen.

Es entstehen keine finanziellen Auswirkungen, da es sich zunächst um die Vorstellung der Ergebnisse der Machbarkeitsstudie handelt. Eine Umsetzung wird zeitnah nicht angestrebt. Die genauen finanziellen Auswirkungen (im Falle einer Umsetzung) müssten nochmal gesondert ermittelt werden.

gez. Henning Keune
Technischer Beigeordneter

Verfügung / Unterschriften

Veröffentlichung

Ja

Nein, gesperrt bis einschließlich _____

Oberbürgermeister

Gesehen:

**Erster Beigeordneter
und Stadtkämmerer**

Amt/Eigenbetrieb:

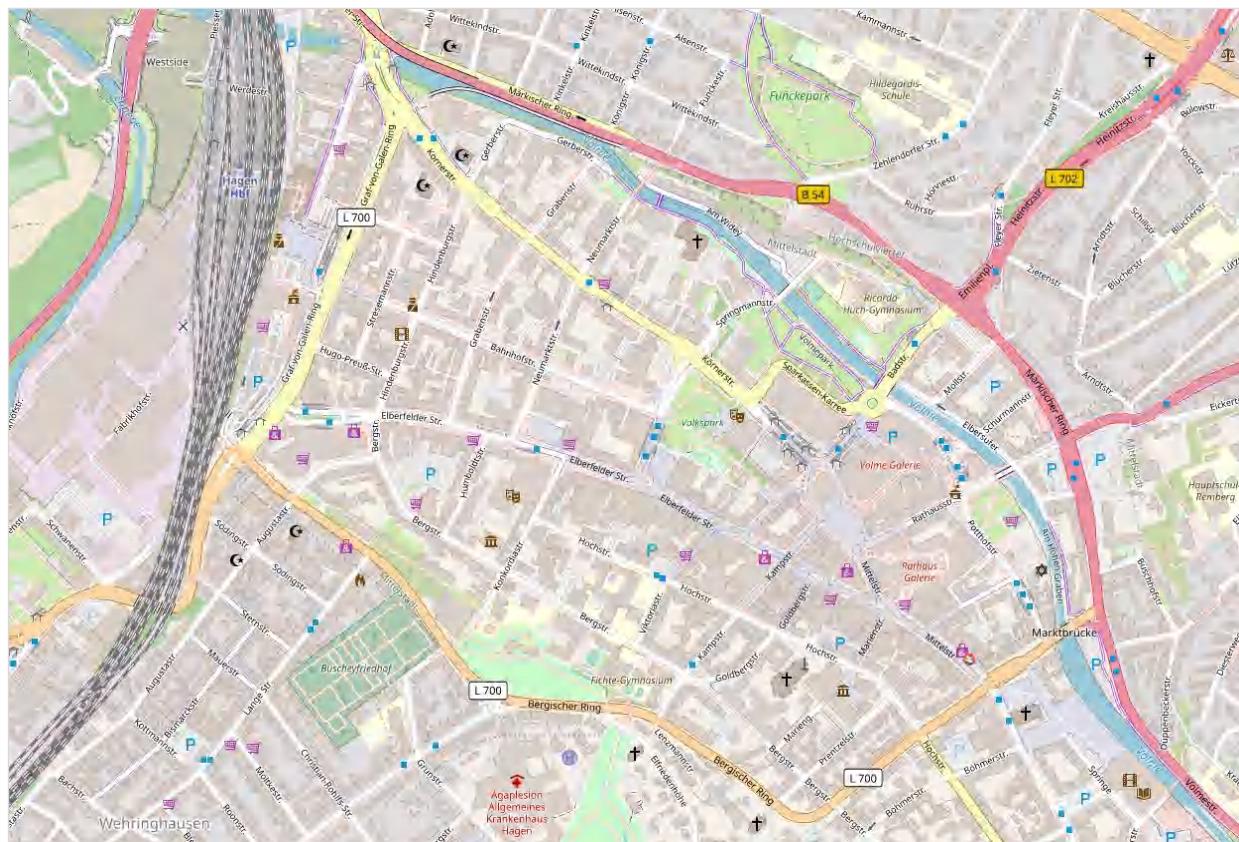
Stadtsyndikus

**Beigeordnete/r
Die Betriebsleitung
Gegenzeichen:**

Beschlussausfertigungen sind zu übersenden an:

Amt/Eigenbetrieb: _____ **Anzahl:** _____

Machbarkeitsstudie für einen Einbahnstraßenring in Hagen



(Quelle: openstreetmap.de)

Auftraggeber:
 Stadtverwaltung Hagen

Bearbeitung:

Dr.-Ing. Hartmut Ziegler
 Aleksandra Pušica, M.Sc.
 Emanuel von Heel, M.Sc.

DTV-Verkehrsconsult GmbH, Aachen

in Zusammenarbeit mit

Dipl.-Wirt.-Ing. Maximilian Rohs
 Dipl.-Kff. Eva Maria Klarenbach
 Gabriel Flore, M.Sc. M.Sc.

PricewaterhouseCoopers GmbH WPG, Düsseldorf

Projektnummer 65-0090

Stand: 19. April 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	2
2	Vorgehensweise	3
3	Randbedingungen und Auswirkungen	4
3.1	Radverkehr	4
3.2	Busverkehr	7
3.3	MIV	8
3.4	Verfügbarer Straßenraum	10
4	Ausführungsvarianten	12
4.1	Minimalvariante im Uhrzeigersinn, Variante 1	21
4.2	Maximalvariante im Uhrzeigersinn, Variante 2	24
4.3	Variante mit erweitertem Ring gegen den Uhrzeigersinn, Variante 3	26
4.4	Variante mit erweitertem Ring im Uhrzeigersinn, Variante 4.3	30
5	Emissionswirkung	35
6	Kostenwirkung	39
6.1	Mengenberechnung	39
6.2	Kostenberechnung	42
7	Zusammenfassung	45

1 Ausgangslage

Die aktuelle Mobilitätssituation in Hagen ist vor allem durch den motorisierten Individualverkehr (MIV) geprägt. Entsprechend ist die Nutzung umweltfreundlicher Verkehrsmittel ausbaufähig. So wird nur bei etwa jedem fünften zurückgelegten Weg das Fahrrad oder ein öffentliches Verkehrsmittel gewählt. Infolge stetig steigender Verkehrsmengen im Kraftfahrzeugverkehr sowie den damit verbundenen Luftschadstoff- und Umweltbelastungen ist allerdings ein Umdenken bezüglich des Mobilitätsverhaltens dringend erforderlich. Vor diesem Hintergrund erwägt die Stadt Hagen, den Innenstadtring als Einbahnstraßensystem umzubauen. Bereits im Jahr 2006 wurden verschiedene Varianten des Einbahnstraßensystems untersucht, um abzuschätzen, welche Verkehrs- und Verkehrsbelastungssituationen sich dabei einstellen und ob sich daraus die verkehrsbedingten Umweltprobleme verringern.

Da seit März 2020 der Bau der Bahnhofshinterfahrung abgeschlossen und somit eine Verkehrsentlastung im Graf-von-Galen-Ring erzielt wurde, ist eine erneute Machbarkeitsstudie einer Einbahnstraßenlösung für den Innenstadtring durchzuführen. In einem ersten Schritt erfolgt die Auswahl verschiedener Ausführungsvarianten des Einbahnstraßensystems. Anschließend erfolgt die Bewertung der Varianten im Hinblick auf die sich ändernden Umwelt- und Verkehrsbelastungen sowie den Aufwand der Umsetzung.

2 Vorgehensweise

Zur Ermittlung verschiedener Ausführungsmöglichkeiten eines Einbahnstraßensystems für den Märkischen-, Bergischen- und Graf-von-Galen-Ring werden die zu beachtenden Randbedingungen aus baulichem Aufwand, Verkehr, Umwelt sowie der zur Verfügung stehender Verkehrsfläche herangezogen. Vor allem die zu berücksichtigenden Anforderungen, die sich aus den verschiedenen Verkehrsmitteln MIV, öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) und Radverkehr ergeben, beeinflussen die Auswahl sowie Ausführung der Varianten. Aufgrund des knappen Zeitplans erfolgt zusätzlich eine Begrenzung auf realisierbar erscheinende Ansätze. Die Ansätze erfolgen vor allem hinsichtlich folgender Varianten:

- Richtung der Einbahnregelung,
- Anzahl durchgehender Fahrspuren,
- Busspuren.

Um die verkehrstechnisch leistungsfähigste Variante zu identifizieren wird sowohl eine Maximal- als auch Minimalvariante im Hinblick auf die Anzahl der zur Verfügung stehenden Fahrstreifen im Querschnitt gewählt, die Spielraum für Kombinationen beider Ausführungsmöglichkeiten eröffnet. Der Spielraum bildet sich hauptsächlich aus den Ergebnissen einer anschließenden Verkehrsmodellierung der beiden Varianten mit aktuellen Verkehrsbelastungsmengen im Innenstadtbereich der Stadt Hagen. Zusätzlich soll die Variante eines „erweiterten“ Einbahnstraßenrings unter Einbeziehung der Bahnhofshinterfahrung betrachtet werden. Damit stehen drei zu untersuchende Varianten eines Einbahnstraßenrings zur Verfügung.

Explizit sind im Verkehrsmodell die Auswirkungen der Ausführungsmöglichkeiten in Bezug auf die Verkehrsbelange

- Belastung auf dem Innenstadtring,
- Belastung innerhalb des Innenstadtrings,
- Belastung im Stadtgebiet,
- Durchschnittliche Reiseweite (MIV),
- Durchschnittliche Reisezeit (MIV) und
- Erreichbarkeit (Attraktivität) der Innenstadt für Pkw-Nutzer,

sowie die Umweltbelastung infolge der

- Verkehrsbelastung der Ringabschnitte und
- Stauanfälligkeit der Ringabschnitte

zu untersuchen. Anschließend wird die Variante, welche unter Berücksichtigung verschiedener Prüfkriterien am besten abschneidet, zusätzlich in entgegengesetzter Fahrtrichtung auf dem Einbahnstraßensystem modelliert. So kann die Richtung der Einbahnregelung festgelegt werden. Aus den vier zu analysierenden Varianten werden die zwei Varianten, welche hinsichtlich der Verkehrs- und Umweltbelange am besten abschneiden, noch auf ihre Kosten- und Emissionswirkungen untersucht.

3 Randbedingungen und Auswirkungen

Bevor Varianten zur Umgestaltung des Innenstadtrings ausgewählt werden, sind vorab verschiedene Randbedingungen und Auswirkungen zu ermitteln. Dabei ist auf dem Ring die Nutzungskonkurrenz zwischen MIV, Bus und Rad konzeptionell zu beachten und innerhalb der bestehenden Netze verträgliche Lösungen zu suchen. Ebenfalls sind zwei zusätzliche Maßnahmen im Zuge der Öffnung der Bahnhofshinterfahrung zu berücksichtigen. So wurde in der Körnerstraße zwischen Graf-von-Galen-Ring und Springmannstraße auf beiden Seiten jeweils eine Busspur mit Freigabe für den Radverkehr markiert. Zusätzlich wurde die sogenannte „Arbeitsamtrampe“ (Brücke, die als Verbindung zwischen Kreuzung Graf-von-Galen-Ring / Körnerstraße und Märkischer Ring dient) aufgrund von Baufälligkeit vollständig gesperrt. Da ohne diese Verbindung ein Einbahnstraßensystem im Uhrzeigersinn nicht mehr möglich ist, wird diese Verbindung für die Machbarkeitsstudie als gegeben angesehen. Zudem bestehen bereits erste Überlegungen bezüglich eines Abrisses der Hochbrücke und damit einhergehend einer neuen Verkehrsführung in diesem Teilabschnitt des Innenstadtringes. Die bestehenden Verkehrsbeziehungen sollen jedoch, nach heutigem Kenntnisstand, auch in einem Szenario ohne Hochbrücke erhalten bleiben, sodass dies keine Auswirkung auf die Realisierbarkeit eines Einbahnstraßenrings hätte. Die nachfolgenden Modellierungen und Überlegungen gehen zunächst nur vom Ist-Zustand aus. Bei einer neuen Verkehrsführung müsste die Modellierung nochmal angepasst werden.

3.1 Radverkehr

Das derzeitige Radverkehrskonzept der Stadt Hagen nutzt den Innenstadtring aufgrund der dort vorliegenden hohen Verkehrsbelastungen kaum. Einzig der Märkische Ring im Kreuzungsbereich der Zehlendorfer Straße bis hin zum Knotenpunkt der Badstraße/Heinitzstraße ist für den Freizeitverkehr vorgesehen (siehe Abbildung 1). Da allerdings der Ring als Zuführung zu der Radhauptroute, den Radrouten des regionalen Radwegenetzes, dem Nebenroutennetz sowie dem Freizeitnetz dient, erscheint die Berücksichtigung des Radverkehrs bei einem möglichen Umbau des Innenstadtrings in ein Einbahnstraßensystem zweckmäßig. In welchem Maße Ausbauten für den Radverkehr berücksichtigt werden können, hängt vor allem von der gewählten Ausführungsvariante des Einbahnstraßenrings ab. Je mehr Fahrstreifen im Innenstadtring für den Kfz-Verkehr entfallen, desto mehr Verkehrsfläche steht zur Verfügung, die beispielsweise zur Führung des Radverkehrs genutzt werden kann.

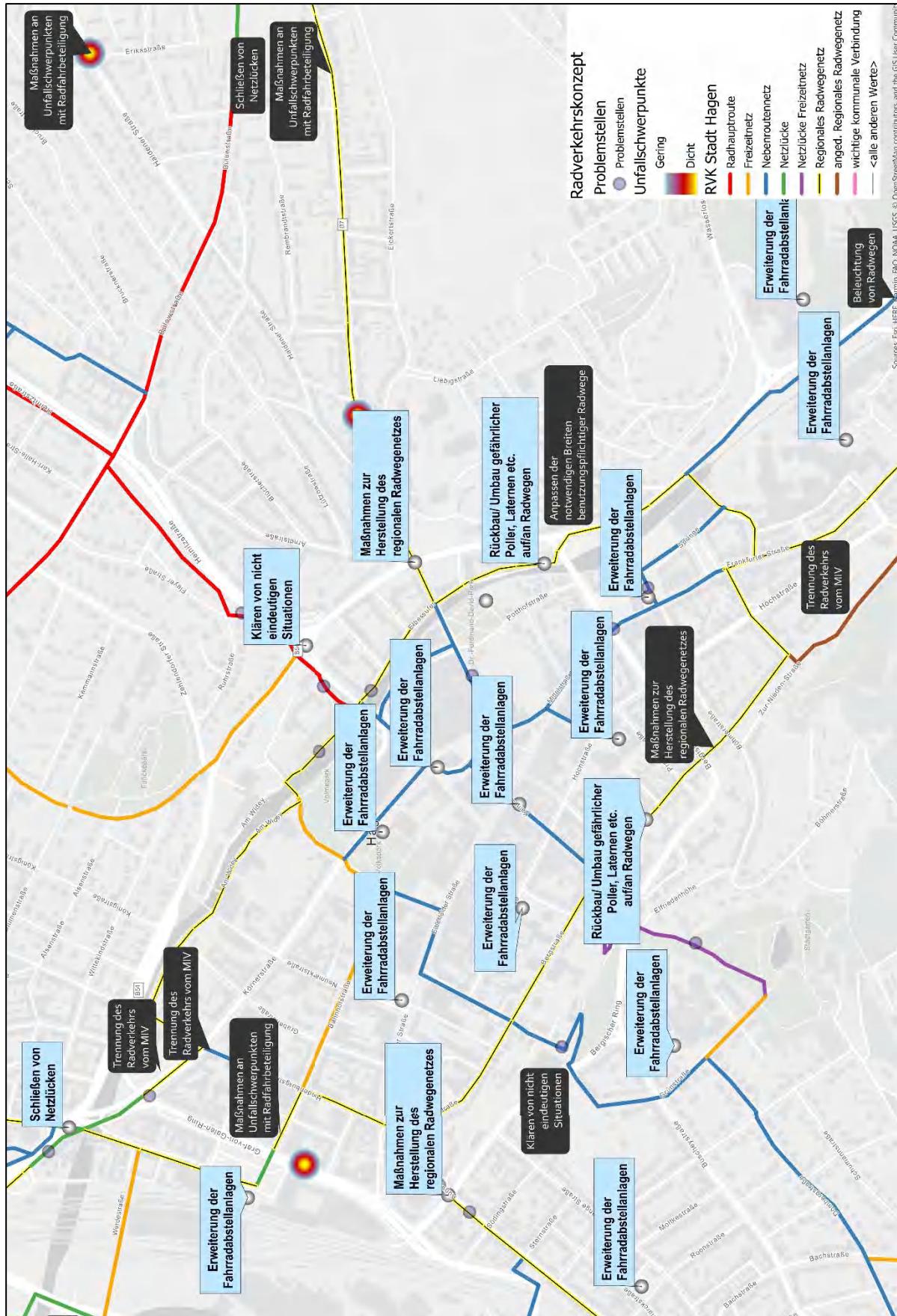


Abbildung 1: Radverkehrskonzept Hagen (Quelle: Stadt Hagen)

Ist eine vom MIV und ÖPNV getrennte Radverkehrsführung möglich, sinkt das subjektive Risikoempfinden bei Radfahrern im Straßenverkehr, wodurch mit einem erhöhten Radverkehrsaufkommen infolge gesteigerter Attraktivität zu rechnen ist. Zudem ist eine solche Maßnahme geeignet, Unfallschwerpunkte mit Radfahrbeteiligung (zum Beispiel am Graf-von-Galen-Ring in Höhe des Hauptbahnhofs) zu entschärfen.

Bei der Ausführung der zu untersuchenden Varianten werden vorab nur die derzeit geplanten Änderungen und Gefahrenstellen in der Radverkehrsinfrastruktur aus dem Radverkehrskonzept der Stadt Hagen berücksichtigt. Folglich ist bei einer Umsetzung des Einbahnstraßenrings sowohl Radinfrastruktur im Bereich des Hauptbahnhofs als auch für das geplante Freizeitnetz auf dem Märkischen Ring vorzusehen.

3.2 Busverkehr

Auch der öffentliche Verkehr trägt zu einer sozial sowie ökologisch verträglichen Mobilität bei. Dementsprechend ist der Erhalt und der Ausbau des Liniennetzes zu einem dichten Taktangebot zum Beispiel durch eigene Busspuren beziehungsweise Umweltspuren (Bus und Rad) zu Lasten von Fahrspuren des Kfz-Verkehrs zu beschleunigen. Zur weitestgehenden Erhaltung der aktuellen Reisezeiten und somit zur Förderung der ÖPNV-Attraktivität, sollte auf eine Übertragung des Ein-Richtungs-Systems auf den ÖPNV verzichtet werden. An den Teilbereichen des Innenstadtringes, die vom ÖPNV genutzt werden, sollen möglichst Busspuren in beiden Richtungen vorgesehen werden. Infolgedessen wurde auf Grundlage des Netzplans der Stadt Hagen aus dem Jahr 2020 (siehe Abbildung 2) der Übersichtsplan der IV- sowie ÖPNV-Führung (siehe Abbildung 3) des vorherigen Gutachtens¹ übernommen und überarbeitet. In den zu untersuchenden Varianten werden überall dort Busspuren vorgesehen, wo auch aktuell ÖPNV geführt wird. In der Regel soll für jede Fahrtrichtung eine Busspur im Querschnitt vorgesehen werden. Einzig dort, wo der ÖPNV auch derzeit nur in eine Richtung im Innenstadtring geführt wird oder wo die Belange anderer Verkehrsmittel keine zweite Spur ermöglichen, soll nur eine Busspur vorgesehen werden.

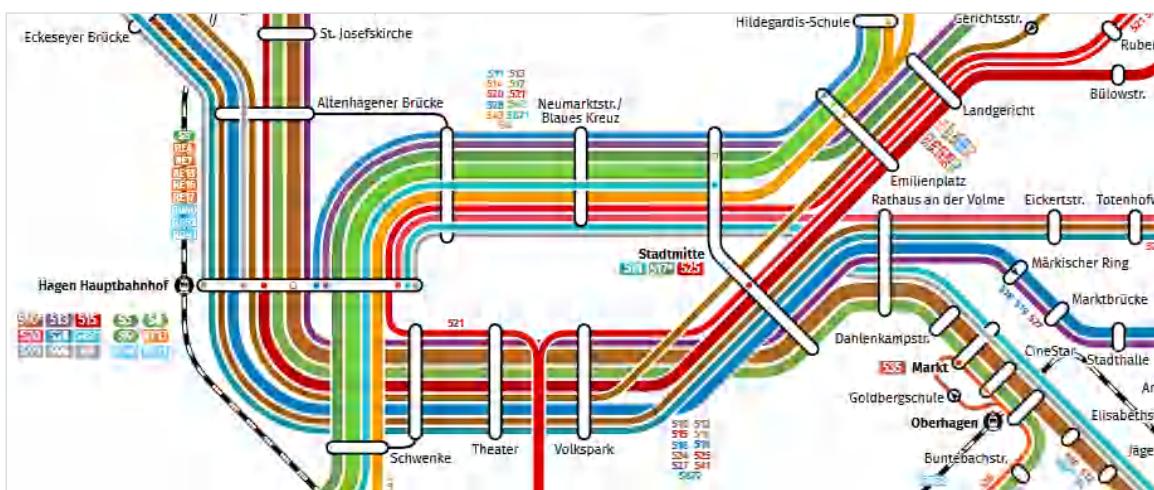


Abbildung 2: Ausschnitt Netzplan Hagen 2020 (Quelle: Straßenbahn Hagen)

¹ Innenstadtring als Einbahnstraßensystem, Stadt Hagen, Ressort Stadtplanung, Hagen 2006

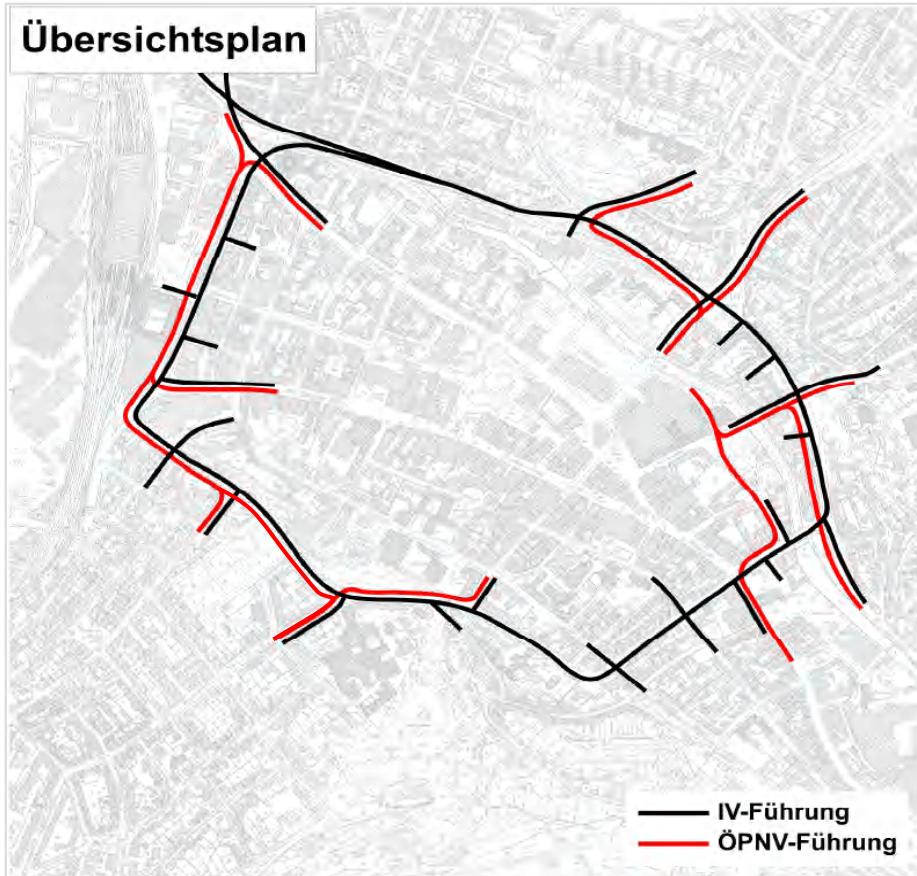


Abbildung 3: Übersichtsplan, ÖPNV-Führung i.d.R. in beiden Richtungen (Quelle: Gutachten „Innenstadtring als Einbahnstraßensystem“ aus dem Jahr 2006; angepasst für das Jahr 2020)

3.3 MIV

Zur Entwicklung der möglichen Ausführungsvarianten des Einbahnstraßenrings sind weiter die Anforderungen des Kfz-Verkehrs zu berücksichtigen. Damit die bisherige Verkehrsmenge weiterhin abgewickelt werden kann, muss das Einbahnstraßensystem leistungsfähig und zuverlässig sein. Gleichzeitig werden bei flüssigem Verkehr die mit stockendem Verkehr verbundenen Luftschaadstoff- und Umweltbelastungen vermieden.

Unter den beiden Annahmen, dass in der Spitzentunde 10 % des durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV) abgewickelt werden und je Fahrstreifen bei einem Zeitbedarfswert von zwei Sekunden je Fahrzeug maximal 1.800 Kfz/h abfließen können, werden die erforderlichen Fahrstreifen für den Kfz-Verkehr bei Umsetzung eines Einbahnstraßensystems auf Basis aktueller Verkehrsbelastungszahlen geschätzt. Die höchste Verkehrsbelastung mit über 34.000 Kfz an Werktagen ist auf dem Märkischen Ring (siehe Abbildung 4) vorhanden.

Neben der Leistungsfähigkeit der Streckenabschnitte ist vor allem die Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte bei den Fragestellungen zur Einbahnstraßenregelung maßgebend und ist daher ebenfalls im Zuge der Verkehrsmodellierung zu beachten.

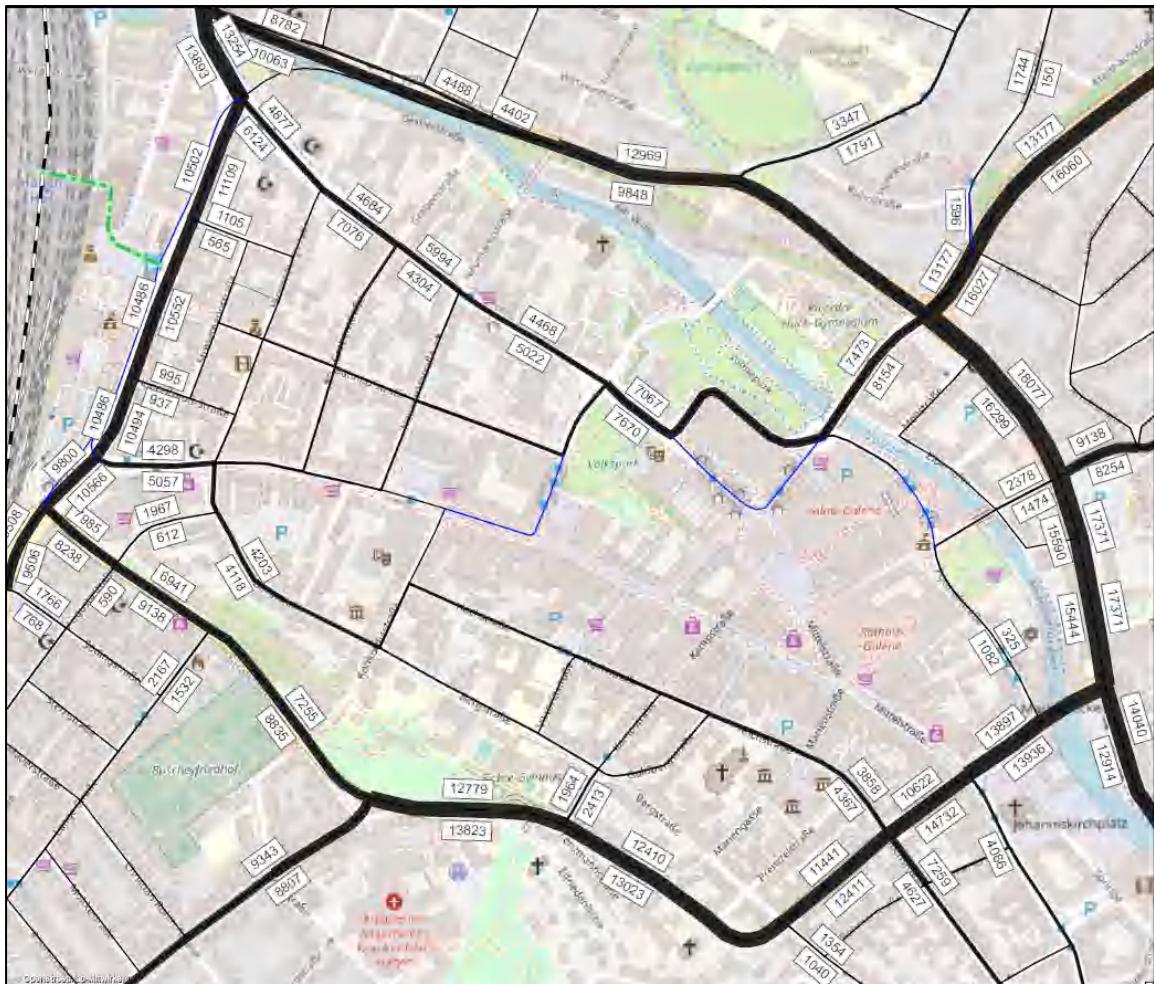


Abbildung 4: Verkehrsbelastungen (DTV_w) in der Innenstadt Hagens (2020) (Quelle: Stadt Hagen)

Bezüglich der Auslastungen der streckenbezogenen Kapazitäten lässt sich für den Analysefall feststellen, dass der komplette Ring im Analysefall Auslastungsgrade von über 70% bei den gewählten Kapazitäten der Streckenabschnitte aufweist. Besonders hohe Auslastungsgrade weist hierbei der Märkische Ring auf. Seine Auslastungsgrade liegen zwischen ca. 90% und 150% unter den gewählten Kapazitäten. Der Bergische Ring vom Märkischen Ring bis zur Buscheystraße ist mit rund 125% bis 142% nicht weniger stark ausgelastet. Der Graf-von-Galen Ring ist mit rund 78% bis 85% von allen Ringstraßen noch am geringsten ausgelastet.

Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte sind insbesondere die Knotenpunkte am Märkischen und Bergischen Ring zu nennen, bei denen die Kapazitätsgrenzen, zumindest für einige Abbieger, nahezu erreicht sind. Gemäß Modellierung sind folgende Knotenpunkte im Analysefall am Rande der Leistungsfähigkeit angekommen: KP 9, KP 13, KP 17, KP 18, KP 19, KP 21 sowie KP 23. Siehe nachfolgende Abbildung zwecks Zuordnung und Lage der genannten Knotenpunkte.

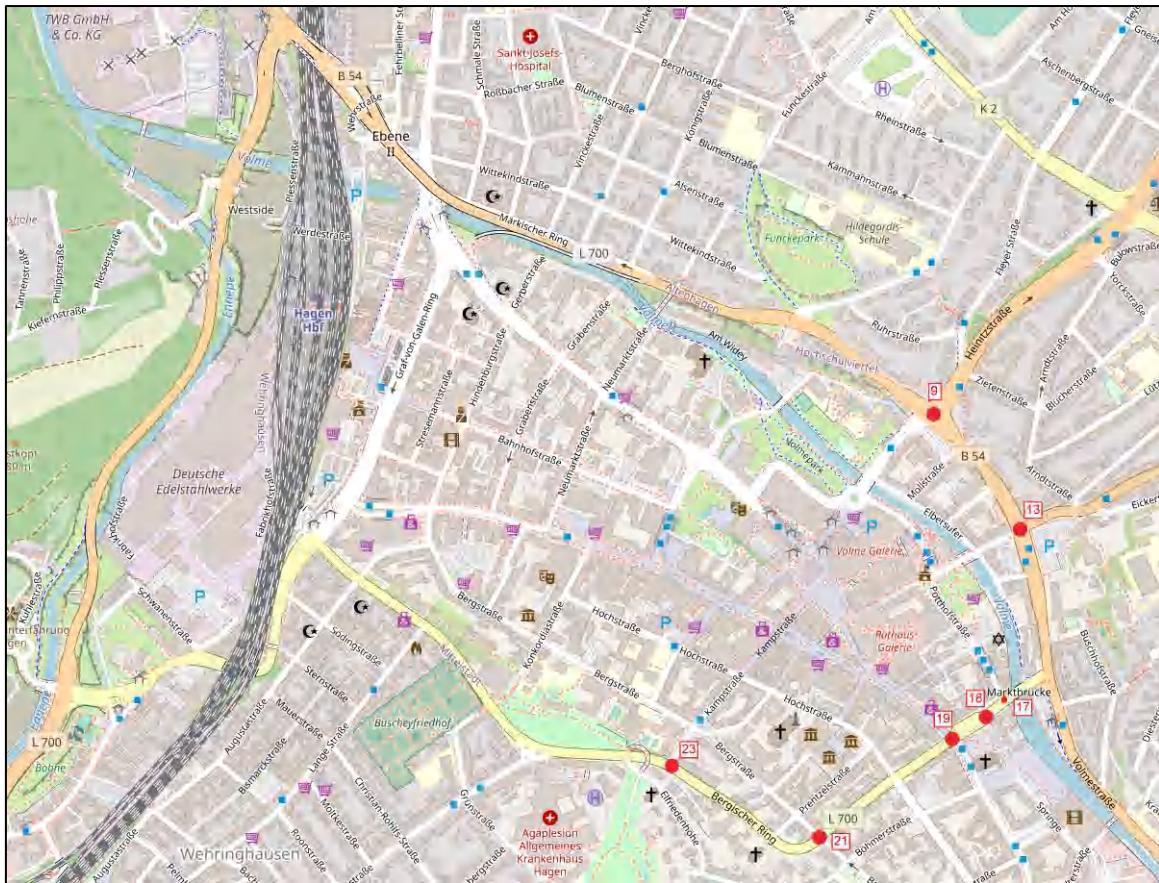


Abbildung 5: Lage der Knotenpunkte (roter Kreis) mit geringer Kapazitätsreserve auf dem Ring in Hagen (Zahlen = interne Nummerierung) (Quelle: openstreetmap.org, eigene Bearbeitung)

3.4 Verfügbarer Straßenraum

Weitere Randbedingungen ergeben sich aus der Verkehrsführung. Die vorhandenen Anbindungen an den Innenstadtring sollten auch weiterhin funktionsfähig bleiben. Infolge einer Umsetzung eines Einbahnstraßensystems sind mehr als 30 Einmündungen und Kreuzungen anzupassen. Hierbei könnten die gewünschten Maßnahmen zur Herstellung des regionalen Netzes im Radverkehr berücksichtigt sowie nichteindeutige Verkehrsführungen (siehe Abbildung 1) an Knotenpunkten verbessert werden. Weiter müssen an den Knotenpunkten die jeweils erforderlichen Abbiegeverbote eingerichtet werden. An einigen Knotenpunkten sind dagegen weitere Abbiegemöglichkeiten zu schaffen. Auch die Lichtsignal-Programme und das Parkleitsystem sind anzupassen.

Überwiegend stehen aktuell mindestens vier Fahrstreifen inklusive Busspuren im Querschnitt auf dem Innenstadtring je Abschnitt zur Verfügung (siehe Abbildung 6). Ausnahmen bilden hierbei die L 700 sowie die B 54 im Nordwesten.

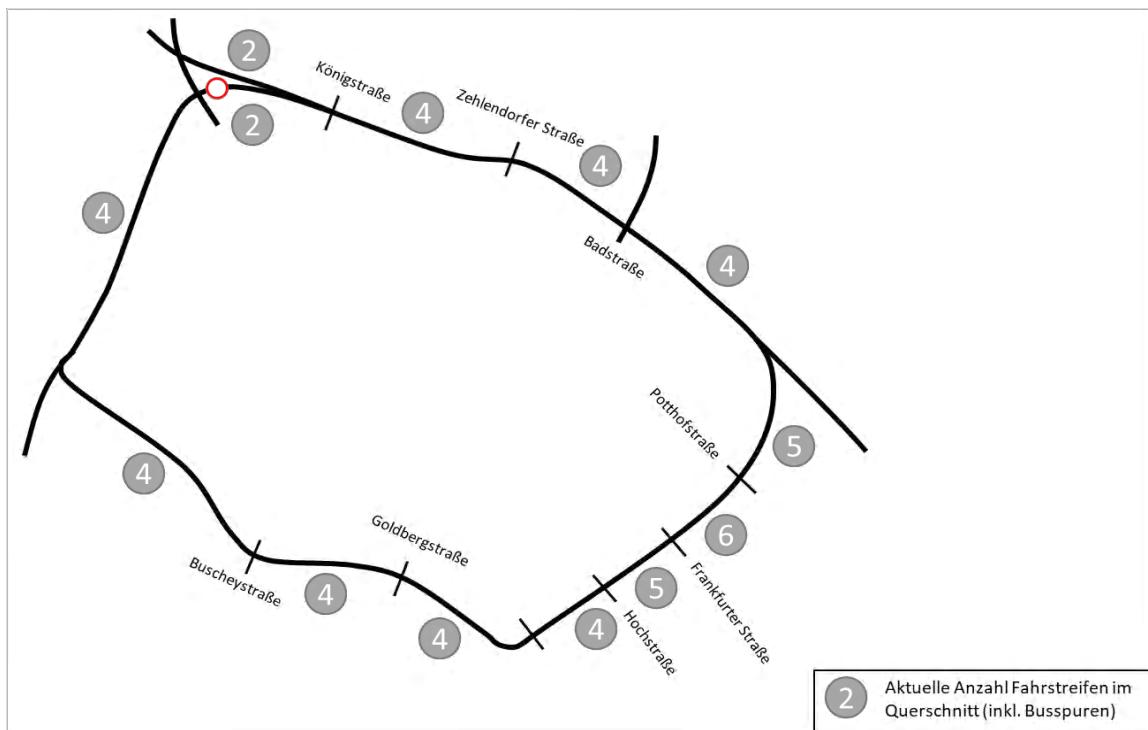


Abbildung 6: Mindestanzahl an Fahrstreifen für den MIV und ÖPNV im Querschnitt je Abschnitt

Ob der Verkehr im oder entgegen dem Uhrzeigersinn geführt wird, ist in Abhängigkeit der aktuellen Verkehrsbelastungen und -ströme beziehungsweise der Ergebnisse der Verkehrsmodellierung zu entscheiden. Hierbei ist eine Berücksichtigung weiterer Faktoren wie zum Beispiel der Reiseweiten und -zeiten im Kfz-Verkehr und gegebenenfalls des ÖPNV je Variante empfehlenswert. Bei einer Führung des Verkehrs im Uhrzeigersinn können die inneren Anbindungen einfacher abgewickelt werden („rechts rein – rechts raus“), bei einem System mit Führung gegen den Uhrzeigersinn die äußeren Anbindungen (siehe Abbildung 7). Unabhängig von der Fahrtrichtung des Einbahnstraßenrings ist mit Umbauaufwand zu rechnen. Während bei einer Fahrtrichtung im Uhrzeigersinn beispielsweise die Hochbrücke erneuert oder der Verkehr sogar anderweitig geführt werden muss, ist bei einem Einbahnstraßensystem gegen den Uhrzeigersinn vor allem der Kreuzungsbereich Märkischer Ring / Graf-von-Galen-Ring umzubauen. Für die Modellierung der Minimal- und Maximalvariante wird die Fahrtrichtung in Uhrzeigersinn gewählt, um die Anbindung der Innenstadt zu vereinfachen. Damit auch die Verteilung des Verkehrs bei Fahrtrichtung gegen den Uhrzeigersinn untersucht wird, soll dies in der Variante des erweiterten Einbahnstraßensystems modelliert werden.

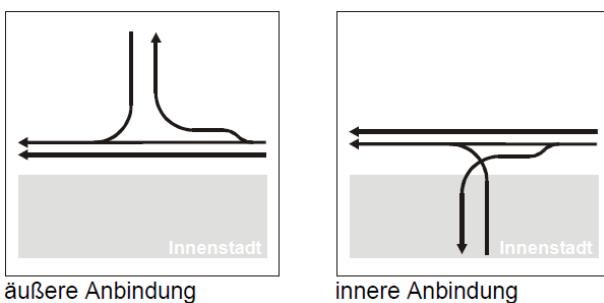


Abbildung 7: Beispiel: Führung des Verkehrs gegen den Uhrzeigersinn (Quelle: Gutachten „Innenstadtring als Einbahnstraßensystem“ aus dem Jahr 2006)

4 Ausführungsvarianten

Nachfolgend werden die Ansätze hinsichtlich folgender Varianten aufgeführt:

- Richtung der Einbahnregelung,
- Anzahl durchgehender Fahrspuren und
- Busspuren

Bei zusätzlicher Berücksichtigung von Radinfrastruktur in Teilabschnitten des Ringnetzes ergibt sich eine Vielzahl von Varianten. Unter Hinzunahme der Randbedingungen, welche auf dem MIV, ÖPNV und Radverkehr sowie auf den zu berücksichtigenden Umweltauswirkungen beruhen, werden Varianten ausgewählt, die später in einem Verkehrsmodell unter anderem auf ihre Leistungsfähigkeit hin untersucht werden.

Wie bereits erwähnt, wird neben einer Minimalvariante auch eine Maximalvariante im Hinblick auf die Anzahl der Fahrstreifen für den Kfz-Verkehr im Querschnitt erarbeitet. Dabei wird für die Verkehrsmodellierung die Fahrtrichtung im Uhrzeigersinn untersucht. Eine Kombination der Minimal- und Maximallösung als Zwischenlösung ist ebenso denkbar, falls die Ergebnisse der Verkehrsmodellierung eine solche Lösung im Hinblick auf die Anzahl der Fahrstreifen für den Kfz-Verkehr erfordern. Zusätzlich wird die Variante eines „erweiterten“ Einbahnstraßenrings unter Einbeziehung der Bahnhofshinterfahrt betrachtet. Anschließend wird die Variante, welche unter Berücksichtigung verschiedener Prüfkriterien (siehe Tabelle 1) am besten abschneidet, zusätzlich in entgegengesetzter Fahrtrichtung modelliert. Dies stellt die vierte und letzte zu untersuchende Ausführungsmöglichkeit eines Einbahnstraßensystems des Innenstadtrings in Hagen dar.

Variante 1 – Minimallösung im Uhrzeigersinn

Die Minimallösung zur Umsetzung des Einbahnstraßensystems ist die Führung des Kfz-Verkehrs auf mindestens zwei Fahrstreifen im Uhrzeigersinn (siehe Abbildung 11). Weniger Fahrstreifen werden als nicht sinnvoll erachtet, da die Verkehrsbelastungen fast auf dem gesamten Innenstadtring mehr als 1.800 Kfz/h und Fahrstreifen in der Spitzenstunde betragen und damit Staugefahr bzw. die Gefahr eines Einbruchs der Leistungsfähigkeit bestünde. Entsprechend wäre mit einer Verschlechterung der Luftqualität und einer Zunahme der Lärmelastung zu rechnen. Für den ÖPNV werden überall dort Busspuren vorgesehen, wo aktuell Busse geführt werden. Für den Radverkehr wird benötigte Infrastruktur auf Grundlage des Radverkehrskonzeptes der Stadt Hagen am Graf-von-Galen-Ring und für das geplante Freizeitnetz berücksichtigt.

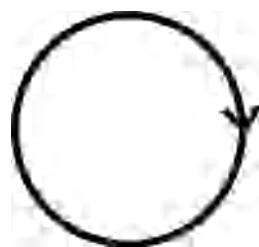


Abbildung 8: Symbol der Variante „Minimallösung im Uhrzeigersinn“

Variante 2 – Maximallösung im Uhrzeigersinn

Die Maximallösung lässt maximal vier Fahrstreifen für den Kfz-Verkehr zu (siehe Abbildung 12). Eine höhere Fahrstreifenanzahl für den Kfz-Verkehr auf dem Innenstadtring führt gleichzeitig zu einer erhöhten Attraktivität des MIV sowie zu höheren Umweltbelastungen und erscheint daher nicht zweckmäßig. Einzig auf dem Graf-von-Galen-Ring werden nur zwei Fahrstreifen für den MIV vorgesehen. Grund hierfür ist die bestehende Verkehrsentslastung infolge der Bahnhofshinterfahrung. Zudem wurden in der Vergangenheit Luftschadstoffgrenzwerte auf dem Graf-von-Galen-Ring nicht eingehalten. Damit die Belastung nicht wieder ansteigt, hat die Stadt Hagen das Bestreben langfristig die Fahrspuren für den Kfz-Verkehr auf insgesamt zwei Fahrspuren zu reduzieren.

Die bereits in der Minimallösung berücksichtigten Flächen für Radinfrastruktur sowie Busspuren werden auch für die Maximalvariante übernommen. Damit wird beispielsweise Radinfrastruktur sowohl im Graf-von-Galen-Ring als auch für das Freizeitnetz zwischen Zehlendorfer Straße und Badstraße wie in der Minimalvariante vorgesehen.



Abbildung 9: Symbol der Variante „Maximallösung im Uhrzeigersinn“

Variante 3 – „Erweiterter“ Einbahnstraßenring gegen den Uhrzeigersinn

In der dritten Variante wird ein „erweiterter“ Einbahnstraßenring unter Einbeziehung der Bahnhofshinterfahrung betrachtet (siehe Abbildung 13). Im Gegensatz zu den vorherigen Varianten wird nun die Fahrtrichtung gegen den Uhrzeigersinn gewählt. Zum einen soll damit auch die entgegengesetzte Richtung der Einbahnregelung untersucht werden, zum anderen erhöht sich die Fahrtzeit des Kfz-Verkehrs über den Graf-von-Galen-Ring, wodurch die Bahnhofshinterfahrung bei der Routenwahl an Attraktivität gewinnt. Entsprechend wird vorgeschlagen, die „Arbeitsamtrappe“ weiterhin als gesperrt zu betrachten.

Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass der Kfz-Verkehr auf der Brücke der Bundesstraße 54 oberhalb der Eckeseyer Straße bis zur Fahrstreifenaufteilung zweistreifig geführt wird. Anschließend erfolgt die Führung des Verkehrs unter Einfädelung einzig auf dem rechten Fahrstreifen. Die in jedem Fall zu ändernde Verkehrsführung ist in Abbildung 13 schwarz hinterlegt. So müssen eine Vielzahl von Knotenpunkten wie beispielsweise die Kreuzung Bergischer Ring / Graf-von-Galen-Ring / Wehringhauser Straße umgebaut werden. Die Bahnhofshinterfahrung und der Graf-von-Galen-Ring werden nicht als Einbahnstraße ausgewiesen, wodurch sich der bauliche Aufwand hauptsächlich auf die Anschlussstellen zum Ringnetz und das Ringnetz selbst begrenzt. Die Anzahl der Fahrstreifen für den Kfz-Verkehr beruht auf der Maximallösung gegen den Uhrzeigersinn (vgl. Abbildung 12). Im Gegensatz zur Maximallösung soll auf dem Graf-von-Galen-Ring ein Fahrstreifen in sowie ein Fahrstreifen gegen den Uhrzeigersinn vorgesehen werden. Durch die Fahrstreifenreduktion in der erlaubten Fahrtrichtung (gegen Uhrzeigersinn) steigt die Attraktivität der Routenwahl über die Bahnhofshinterfahrung.

Wird bei der Verkehrsmodellierung festgestellt, dass an Teilabschnitten weniger Fahrstreifen eine ebenso leistungsfähige Variante des Einbahnstraßensystems ermöglichen, kann für weitere Verkehrsteilnehmer oder andere Nutzungsansprüche (z. B. ruhenden Verkehr) ein Fahrstreifen entfallen.

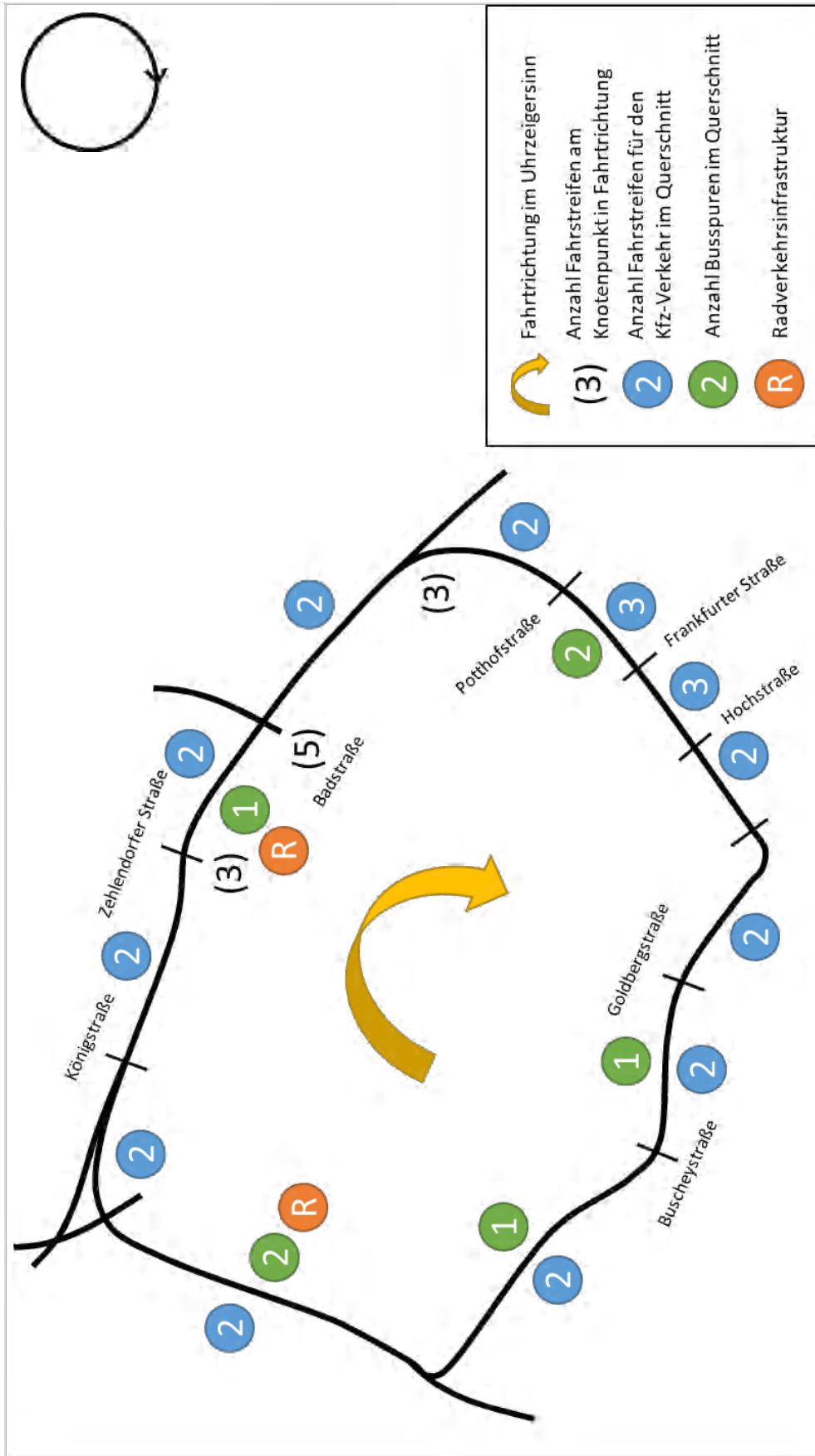
Der ÖPNV soll weiterhin nur auf dem Innenstadtring fließen. Für den Radverkehr steht an der Bahnhofshinterfahrung ein einseitiger Radweg zur Verfügung. Die vorgesehene Infrastruktur für den Radverkehr sowie den ÖPNV ist auf dem Innenstadtring zu den vorstehenden Varianten identisch. Einzig auf dem Märkischen Ring wird ab Rathausstraße eine Busspur in Fahrtrichtung vorgesehen, da dort auch aktuell Busse geführt werden.

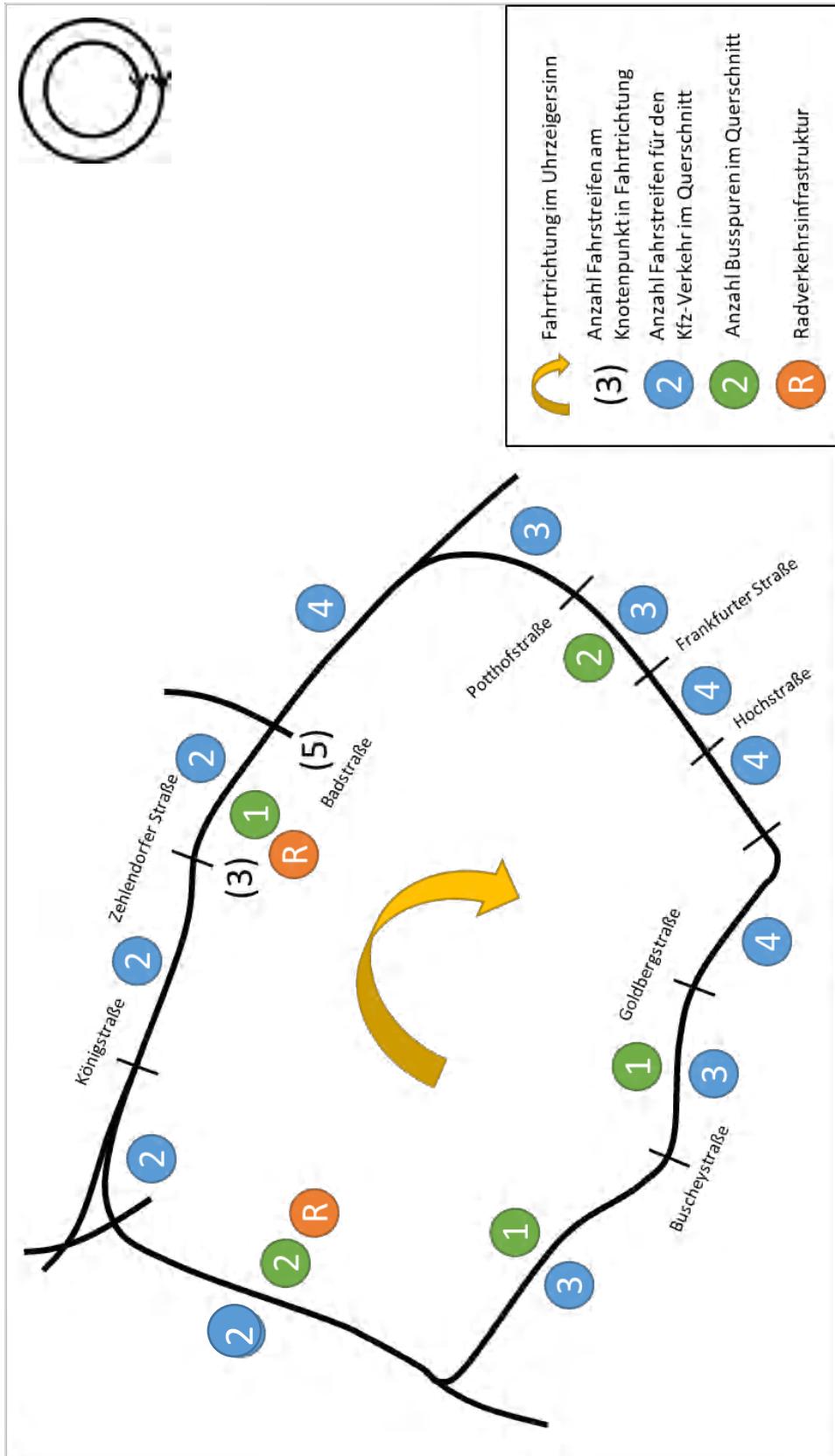


Abbildung 10: Symbol der Variante „Erweiterter Einbahnstraßenring gegen den Uhrzeigersinn“

Variante 4

Nach Modellierung der ersten drei Varianten wird diejenige ausgewählt, die unter Berücksichtigung der Prüfkriterien (siehe Tabelle 1) am besten abschneidet. Diese wird mit umgekehrter Fahrtrichtung auf dem Einbahnstraßenring untersucht (siehe Abbildungen 11-13). Falls eine detaillierte Untersuchung aller sechs aufgeführter Varianten (vgl. Abbildungen 11-16) als sinnvoll erachtet wird, wenn beide Systeme Vor- und Nachteile aufweisen, kann die Untersuchung entsprechend erweitert werden.





Ausbildung 12: Variante 2 - Maximalvariante mit Fahrrichtung im Uhrzeigersinn

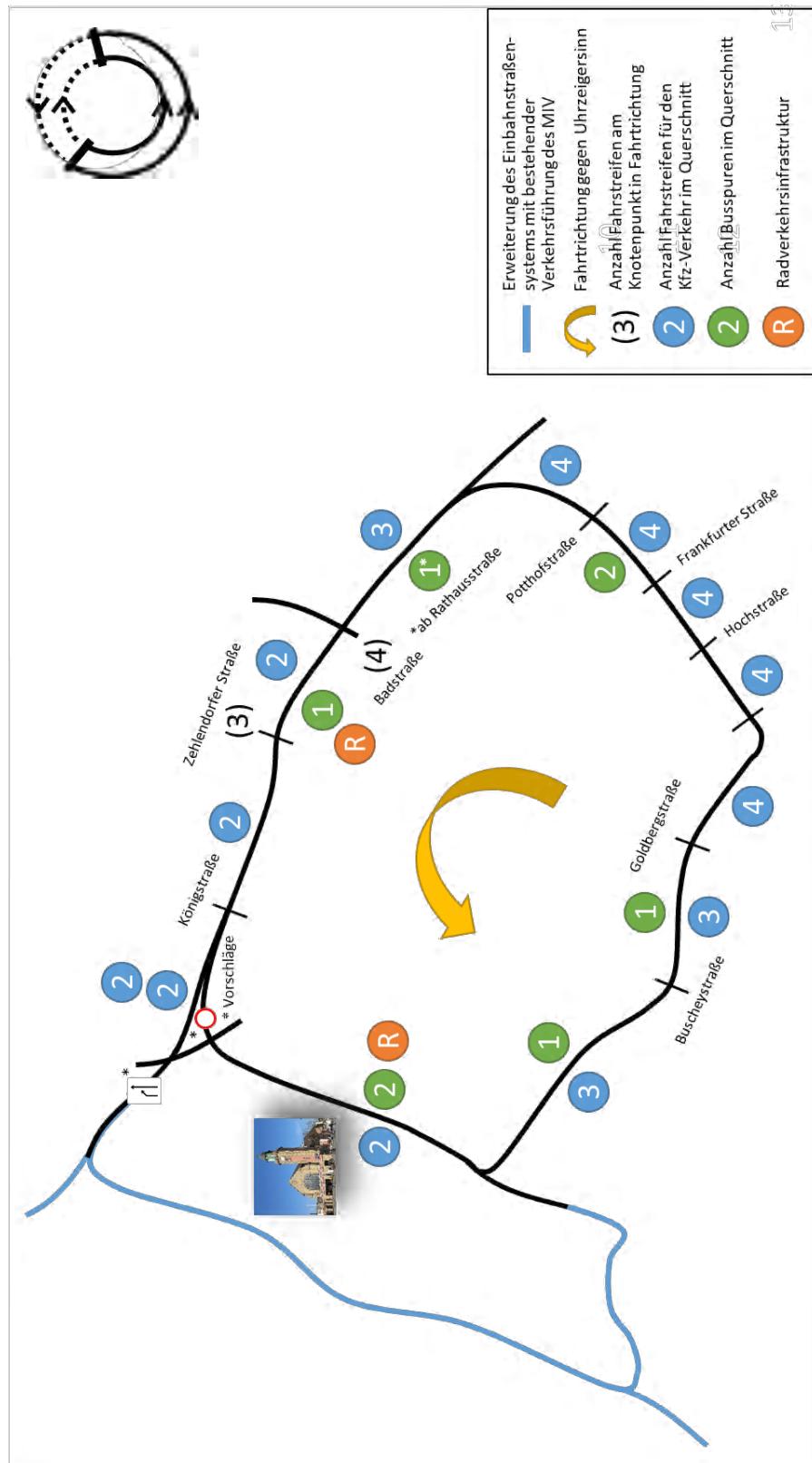


Abbildung 13: Variante 3 – Erweiterter Einbahnstraßenring gegen den Uhrzeigersinn (Quelle Bild: Wikipedia)

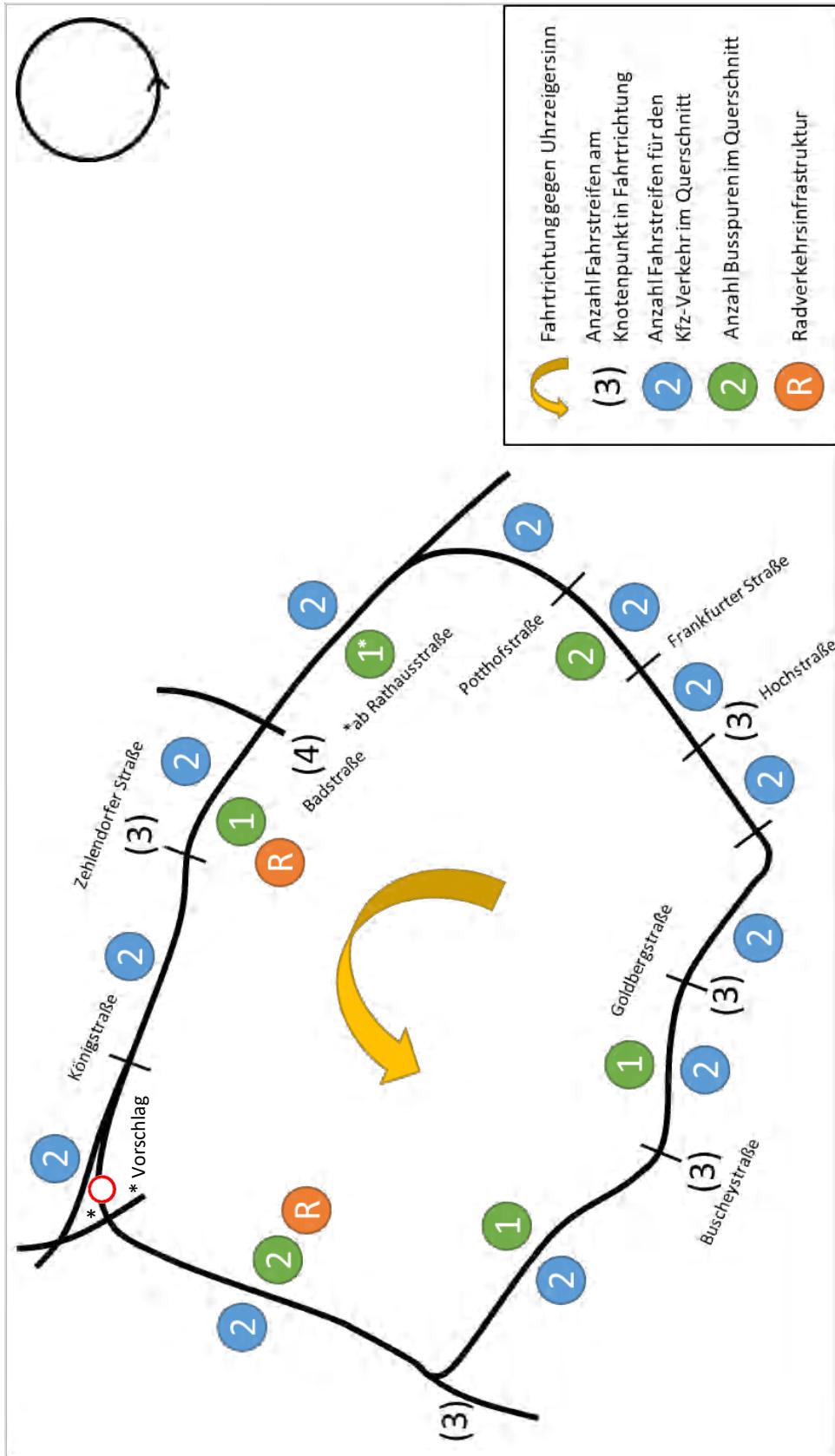


Abbildung 14: Variante 4.1 - Minimalvariante mit Fahrtrichtung gegen den Uhrzeigersinn

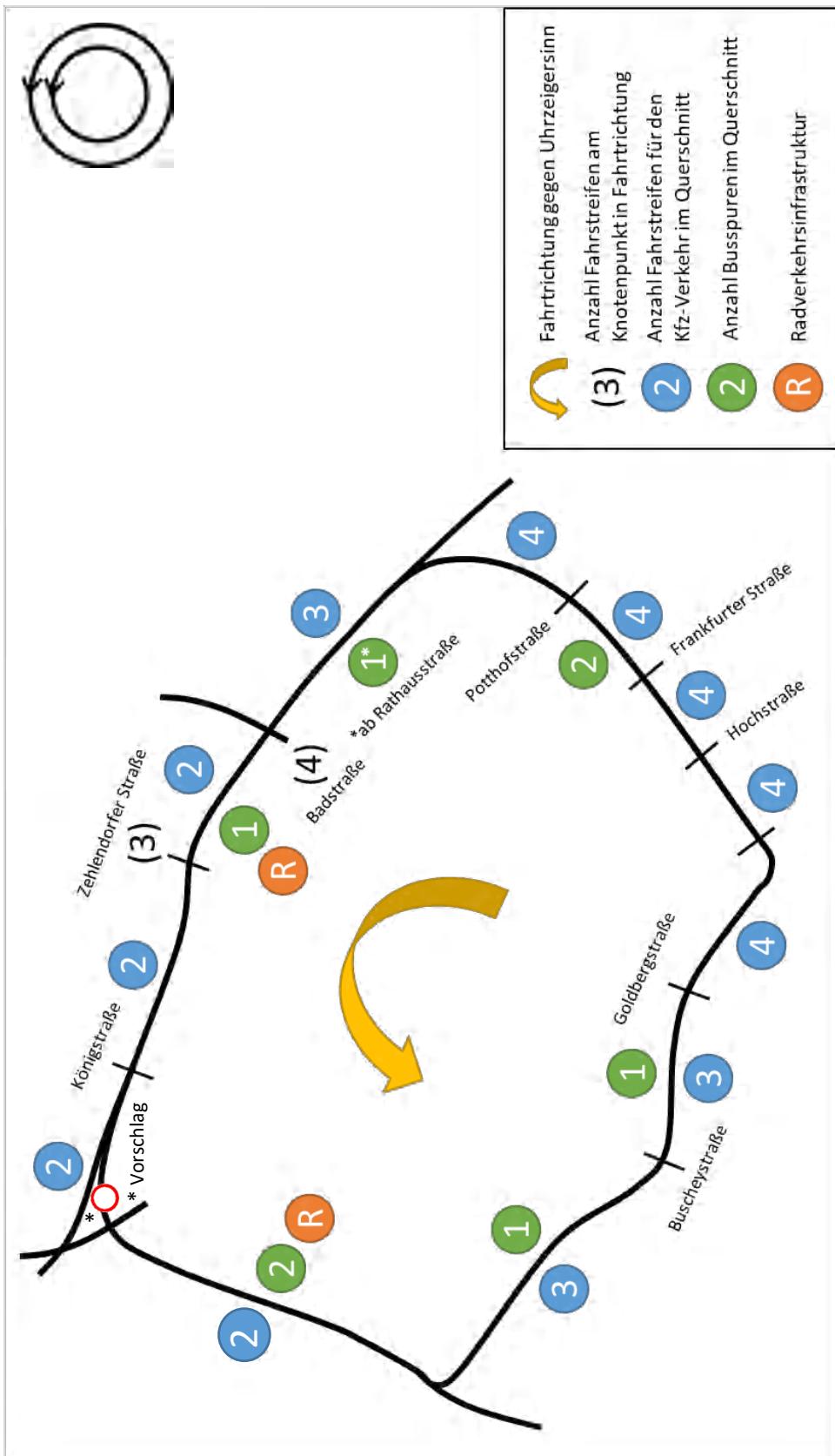
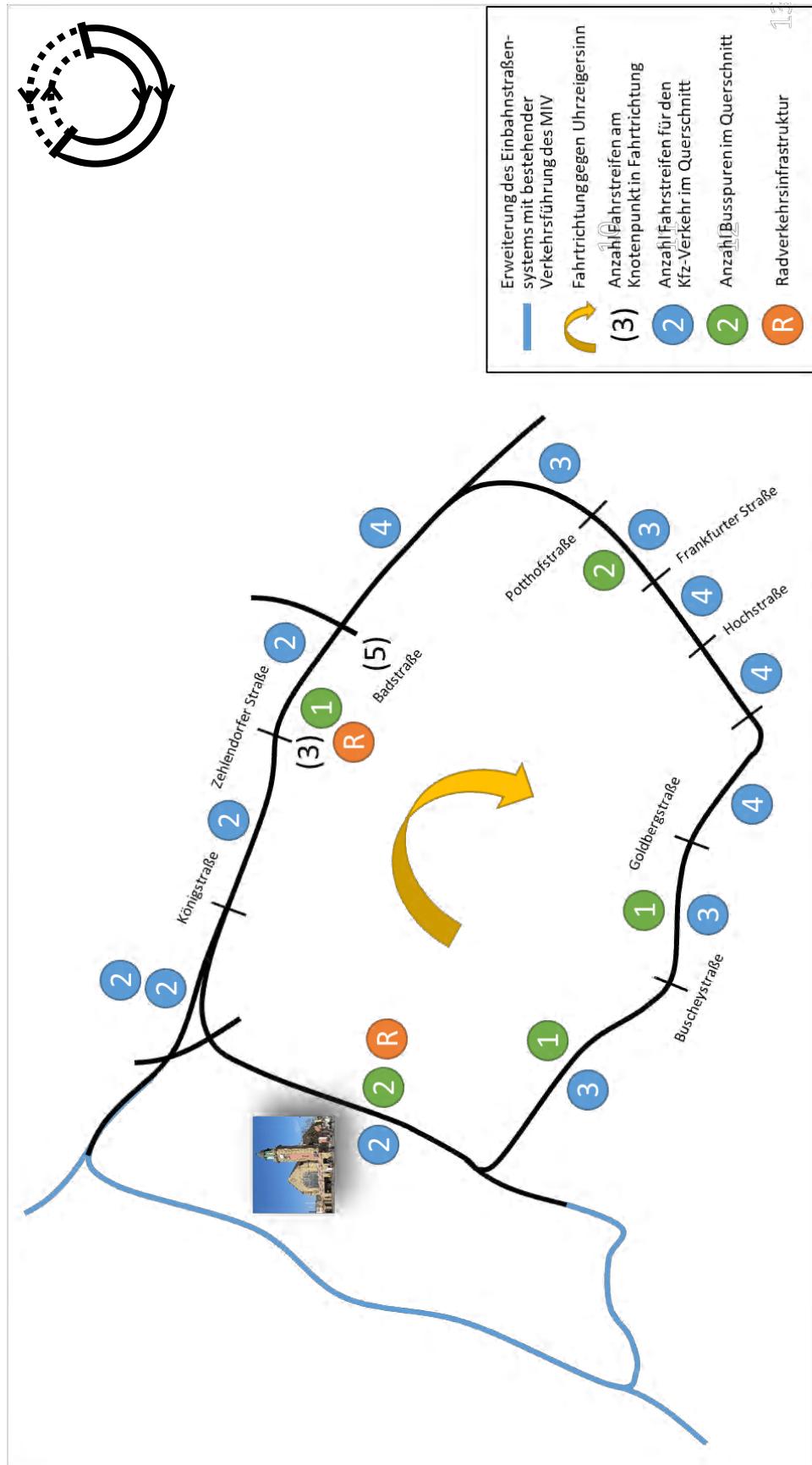


Abbildung 15: Variante 4.2 - Maximalvariante mit Fahrtrichtung gegen den Uhrzeigersinn



Aufgrund des hohen Kfz-Verkehrsaufkommens wurde mittels des Verkehrsmodells der Stadt Hagen überprüft, ob die Ausführungsvarianten eines Einbahnstraßensystems Leistungsfähigkeitsüberschreitungen verursachen. Dazu wurden vor allem die Belastungen und die Stauanfälligkeit im Märkischen Ring, Graf-von-Galen-Ring sowie Bergischen Ring untersucht.

Inwiefern die noch frei zur Verfügung stehende Verkehrsfläche je Variante infolge einer Umsetzung des Innenstadtrings als Einbahnstraßensystem genutzt wird, ist unter Berücksichtigung weiterer Belange des ÖPNV, MIV, Radverkehrs (zum Beispiel Radinfrastruktur und Stationen für e-Bikes, breitere Gehwege), Flächen für den ruhenden Verkehr sowie der Umfeldnutzungen in einem separaten Verfahren abzuwägen.

4.1 Minimalvariante im Uhrzeigersinn, Variante 1

Bei der **Minimalvariante im Uhrzeigersinn** erfolgt ein Rückgang der Verkehre auf dem Märkischen Ring, dem Graf-von-Galen-Ring und dem Bergischen Ring von rund 3.000 bis 10.000 Kfz pro Tag im Gesamtquerschnitt. Die größte Entlastung ist auf dem Bergischen Ring zu erwarten. Bezuglich der Stauanfälligkeit lässt sich am Märkischen Ring eine Auslastung von 130 % bis 140 % feststellen. Die Streckenauslastung auf dem Bergischen Ring liegt etwa in einem gleichen Auslastungsbereich, liegt abschnittsweise aber auch höher. Die Auslastung des Graf-von-Galen-Rings ergibt sich zu ca. 130 %. Die Ringbelastung insgesamt zeigt Verkehrsstärken von ca. 12.000 bis 26.000 Kfz/24h und Querschnitt. Die Straßen innerhalb des Ringes sind mit ca. 500 bis 11.000 Fahrten/24h und Richtung belasteter als vorher. Die höchste Belastung ergibt sich auf der Badstraße und auf der Körnerstraße. Die Gesamtbelastung im Stadtgebiet als Summe der Belastungen über alle modellierten Straßen ergibt sich im Analysefall zu ca. 3,7 Mio. Fahrzeugen [Σ Fahrzeuge pro Strecke über alle Strecken]. In der Minimalvariante steigt diese Belastung auf ca. 3,77 Mio. Fahrzeuge in Summe.

Die durchschnittlichen MIV-Reiseweiten im gesamten Verkehrsmodell ergeben sich im Analysefall zu ca. 6,9 km. In der Minimalvariante erhöht sich die durchschnittliche Reiseweite durch die Einbahnstraßenregelung auf ca. 8,57 km. Die durchschnittliche Reisezeit im Analysefall liegt bei ca. 9,4 Minuten, dagegen im Fall mit minimaler Einbahnstraßenregelung bei 17,3 Minuten. Durch die Umwegfahrten und den höher ausgelasteten Einbahnstraßenring erhöht sich somit die durchschnittliche Reisezeit fast auf das Doppelte. Bezuglich der Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte im betrachteten Fall ergibt sich, dass die Lichtsignalanlagen am KP 9, KP 13, KP 29 und KP 34 in der Spitzstunde keine ausreichende Verkehrsqualität mehr aufweisen werden. Hierzu erfolgte eine überschlägige Berechnung der Leistungsfähigkeit einer Lichtsignalanlage mittels AKF Verfahren nach Gleue². Hierbei werden die zueinander kritischen Ströme additiv verknüpft und anschließend untersucht, ob diese konkurrienden Verkehrsströme innerhalb gegebener signaltechnischer Randbedingungen abwickelbar sind. Zusätzliche Fahrspuren wurden im Rahmen der überschlägigen Betrachtung mitberücksichtigt. Es erfolgte keine Berechnung

² Ein Beitrag zur Vereinfachung des Berechnungsverfahrens für Signalprogramme, Dr.-Ing. Axel W. Gleue, Dissertation, Technische Hochschule Darmstadt, Darmstadt 1972

eines konkreten Signalzeitenprogramms. Überschlägig wurden ebenfalls die Einmündungen betrachtet. Am KP 11, KP 14 und KP 17 liegt der Hauptstrom des Einbahnstraßenrings (bevorrechtigte Straße) in der Spitzstunde bei rund 1.800 Fahrzeuge/h. Dies bedeutet, dass die Zeitlücken, welche zum Einfädeln in den Hauptstrom genutzt werden können, nicht mehr ausreichend groß sind. Es kommt zu längeren Wartezeiten. Die Verkehrsqualität der Einmündung nimmt ab. Die betreffenden Knotenpunkte finden sich in der folgenden Abbildung.

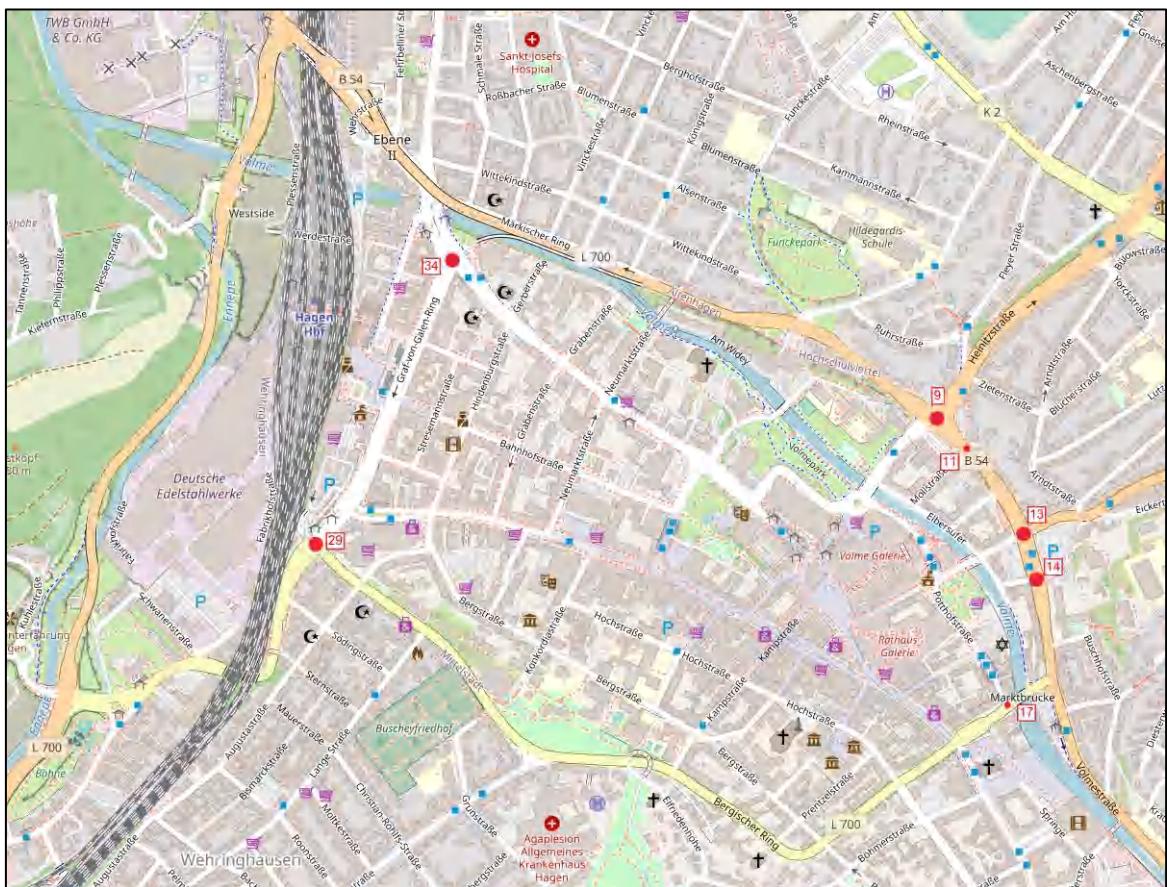


Abbildung 17: Knotenpunkte am Rande der Kapazitätsgrenze in Variante 1 (Quelle: openstreetmap.org, eigene Bearbeitung)

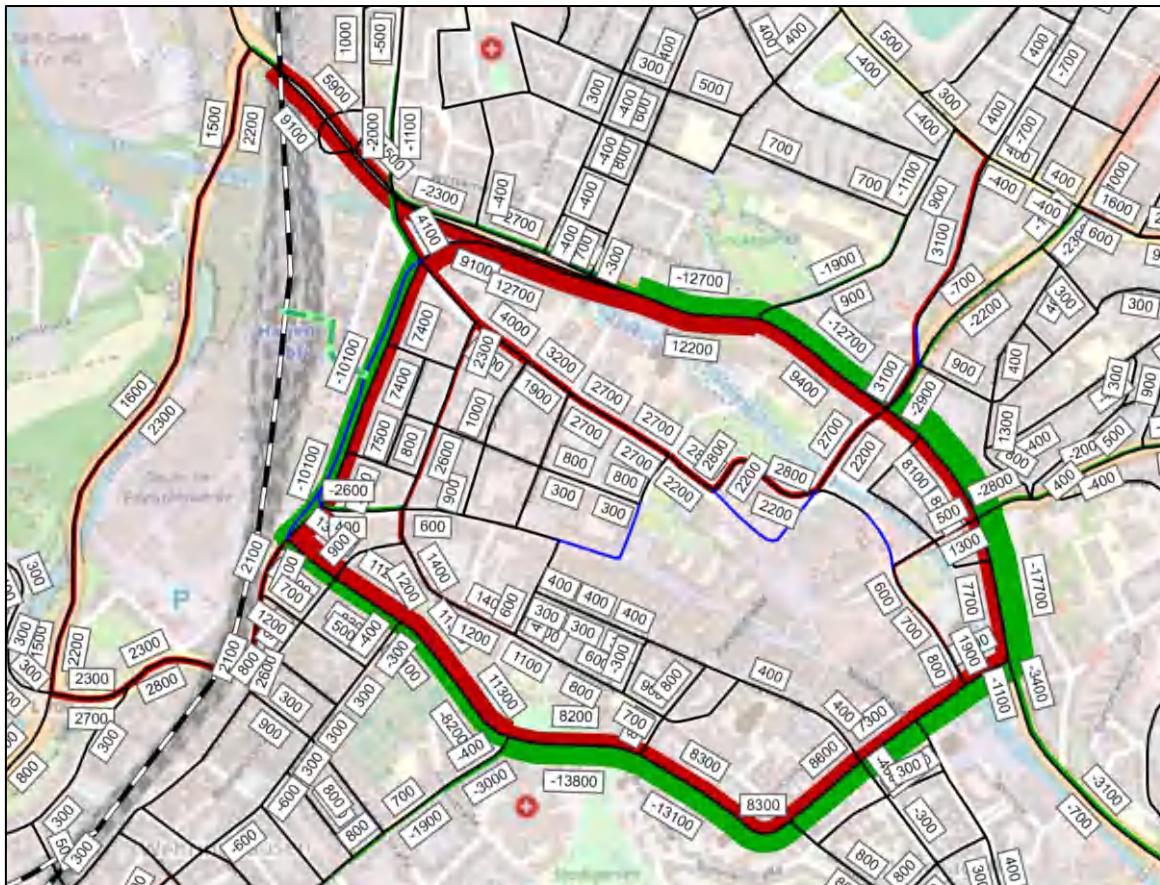


Abbildung 18: Differenzbelastungen zwischen Minimalvariante und Analysefall im Kfz (Quelle: openstreetmap.org, eigene Bearbeitung)

Die Attraktivität der Innenstadt wird aufgrund der nicht mehr direkten Erreichbarkeit negativ bewertet. Die Attraktivität des ÖPNV nimmt weder ab noch zu, da in die Linienführung des ÖPNV und damit das Angebot nicht eingegriffen wird. Die Attraktivität des Radverkehrs steigt, da das Radverkehrskonzept der Stadt Hagen berücksichtigt wird und der Radverkehr weiterhin in beide Richtungen fließen kann.

4.2 Maximalvariante im Uhrzeigersinn, Variante 2

Bei der **Maximalvariante im Uhrzeigersinn** erfolgt ein Rückgang der Verkehre auf dem Märkischen Ring, dem Graf-von-Galen-Ring und dem Bergischen Ring von rund 2.000 bis 8.000 Kfz pro Tag im Gesamtquerschnitt. Die größte Entlastung ist auf dem Märkischen Ring zu erwarten. Bezuglich der Stauanfälligkeit lässt sich am Märkischen Ring eine Auslastung von 120 % bis 130 % feststellen. Die Streckenauslastung auf dem Bergischen Ring liegt etwa in einem Bereich von 100 % bis 120 %. Die Auslastung des Graf-von-Galen-Rings ergibt sich zu ca. 130 %. Die Ringbelastung insgesamt zeigt Verkehrsstärken von ca. 13.000 bis 29.000 Kfz/24h und Querschnitt. Die Straßen innerhalb des Ringes sind mit ca. 500 bis 10.000 Fahrten/24h und Richtung belasteter als im Analysefall. Die höchste Belastung ergibt sich auf hier auf der Bad- und auf der Körnerstraße. Die Gesamtbelastung im Stadtgebiet als Summe der Kfz-Fahrten über alle modellierten Straßen ergibt sich im Analysefall zu ca. 3,7 Mio. Fahrzeugen [Σ Fahrzeuge pro Strecke über alle Strecken]. In der Maximalvariante steigt diese Belastung auf ca. 3,82 Mio. Fahrzeuge in Summe.

Die durchschnittlichen MIV Reiseweiten im gesamten Verkehrsmodell ergeben sich im Analysefall zu ca. 6,9 km. In der Maximalvariante erhöht sich die durchschnittliche Reiseweite durch die Einbahnstraßenregelung auf ca. 8,55 km. Sie unterscheidet sich folglich nicht signifikant von der Minimalvariante. Die durchschnittliche Reisezeit im Analysefall liegt bei ca. 9,4 Minuten, dagegen im Fall mit maximaler Einbahnstraßenregelung bei 17,02 Minuten. Durch die Umwegfahrten und den höher ausgelasteten Einbahnstraßenring erhöht sich somit die durchschnittliche Reisezeit fast auf das Doppelte, ist aber aufgrund der höheren Kapazitäten im Vergleich zur Minimalvariante etwas niedriger. Die Leistungsfähigkeiten der Lichtsignalanlagen KP 9, KP 13, KP 16, KP 29, KP 34 und KP 36 ist in dieser Variante sehr schlecht bzw. nicht mehr gegeben. Hier wurde das bereits erwähnte AKF-Verfahren angewendet. Bei den Einmündungen zeigen sich an den Knotenpunkten KP 8, KP 11, KP 14, KP 17, KP 21, KP 23, KP 27 und KP 28 Probleme bei der Verkehrsqualität, da der Hauptstrom der bevorrechtigten Straße hohe Belastungen aufweist. Hierbei wurde jedoch keine Verteilung auf die bis zu vier Fahrspuren berücksichtigt. Bei einer Verteilung der Verkehrsströme auf vier Fahrspuren liegt auf der in Fahrtrichtung rechten Fahrspur ggf. eine geringere Verkehrsstärke vor, was es den einfädelnden Verkehrsstärken ermöglicht, während größerer Zeitlücken in den Hauptstrom einzubiegen. Die betreffenden Knotenpunkte finden sich in der folgenden Abbildung.

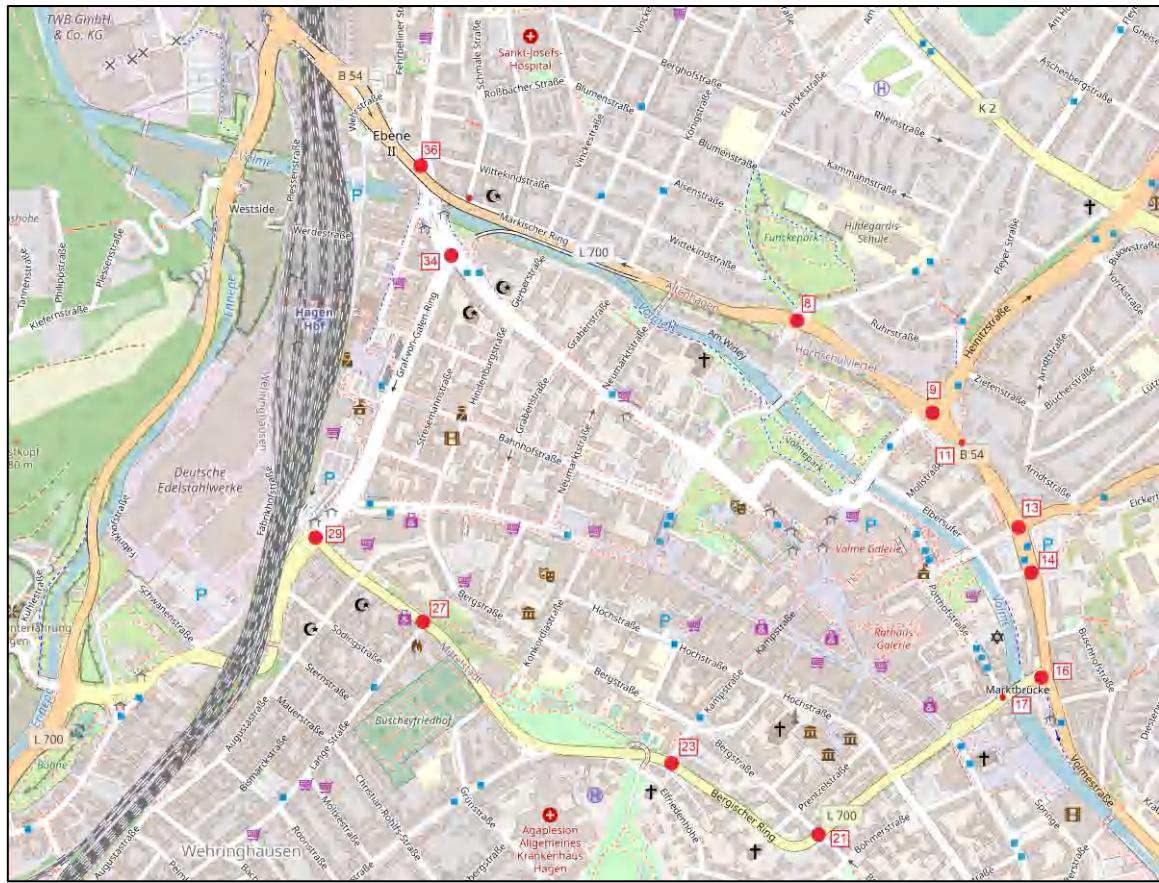


Abbildung 19: Knotenpunkte am Rande der Kapazitätsgrenze in Variante 2 (Quelle: openstreetmap.org, eigene Bearbeitung)

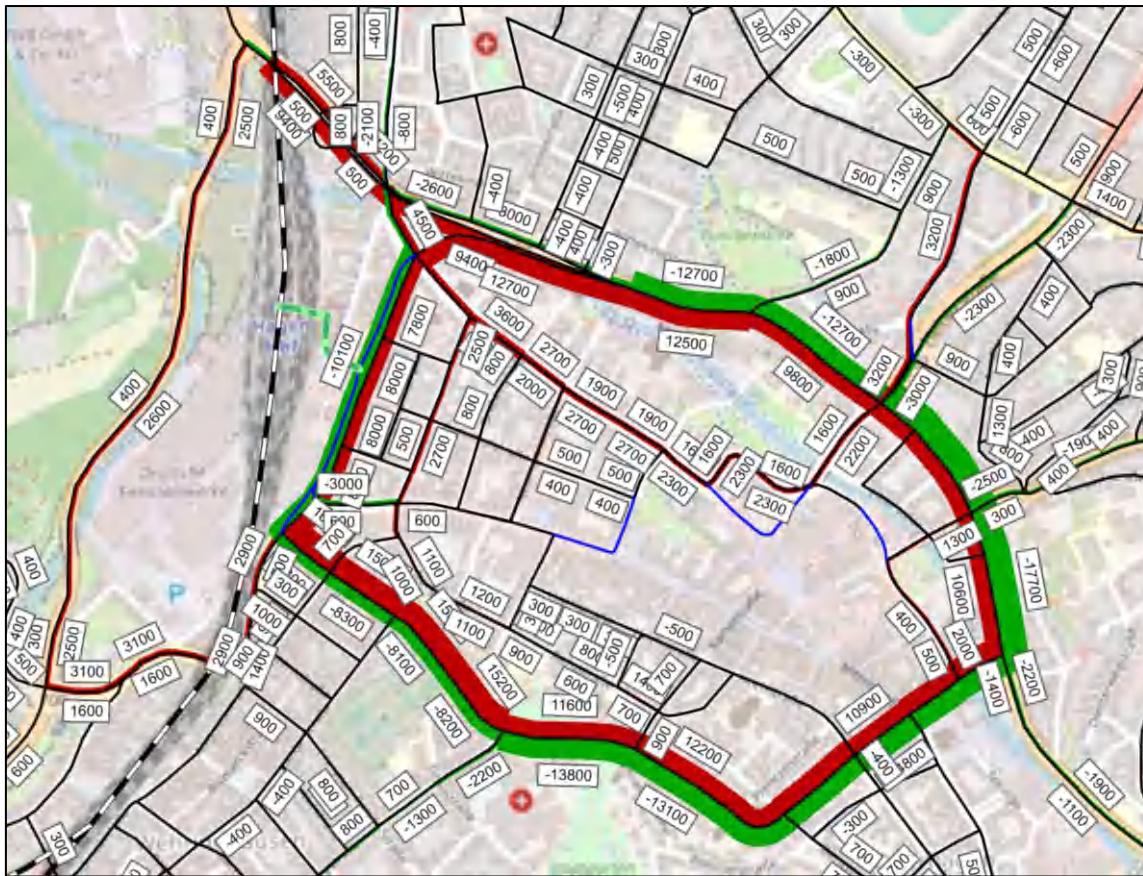


Abbildung 20: Differenzbelastungen zwischen Maximalvariante und Analysefall im Kfz (Quelle: openstreetmap.org, eigene Bearbeitung)

Die Attraktivität der Innenstadt wird aufgrund der nicht mehr direkten Erreichbarkeit hierbei ebenfalls negativ bewertet. Die Attraktivität des ÖPNV nimmt weder ab noch zu, da in die Linienführung des ÖPNV und damit das Angebot auch in dieser Variante nicht eingegriffen wird. Die Attraktivität des Radverkehrs steigt, da das Radverkehrskonzept der Stadt Hagen berücksichtigt wird und der Radverkehr weiterhin in beide Richtungen fließen kann.

4.3 Variante mit erweitertem Ring gegen den Uhrzeigersinn, Variante 3

Bei der **Variante mit erweitertem Ring gegen den Uhrzeigersinn** erfolgt ein Rückgang der Verkehre auf dem Märkischen Ring, dem Graf-von-Galen-Ring und dem Bergischen Ring von rund 3.000 bis 10.000 Kfz pro Tag im Gesamtquerschnitt. Die größte Entlastung ist auf dem Märkischen Ring zu erwarten. Bezuglich der Stauanfälligkeit lässt sich am Märkischen Ring eine Auslastung von 110 % bis 130 % feststellen. Die Streckenauslastung auf dem Bergischen Ring liegt etwa in einem Bereich von 100 % bis 120 %. Die Auslastung des Graf-von-Galen-Rings ergibt sich zu ca. 160 % bis 180 %, zumindest in Nord-Süd Richtung. Die Süd-Nord Richtung zeigt Auslastungsgrade von 60 % bis 80 %. Die Ringbelastung insgesamt zeigt Verkehrsstärken von ca. 14.000 bis 28.000 Kfz/24h und Querschnitt. Die Straßen innerhalb des Ringes sind mit ca. 500 bis 10.000 Fahrten/24h und Richtung belasteter als im Analysefall. Die höchste Belastung ergibt sich hier auf der Bad- und auf der Körnerstraße. Die Gesamtbelastung im Stadtgebiet als Summe der Kfz-Fahrten über alle modellierten Straßen ergibt sich im Analysefall zu ca. 3,7 Mio.

Fahrzeugen [Σ Fahrzeuge pro Strecke über alle Strecken]. In der erweiterten Variante gegen den Uhrzeigersinn steigt diese Belastung auf ca. 3,78 Mio. Fahrzeuge in Summe.

Die durchschnittlichen MIV Reiseweiten im gesamten Verkehrsmodell ergeben sich im Analysefall zu ca. 6,9 km. In der Variante mit erweitertem Einbahnstraßenring gegen den Uhrzeigersinn erhöht sich die durchschnittliche Reiseweite durch die Einbahnstraßenregelung auf ca. 8,58 km. Damit unterscheidet sich die Variante mit erweitertem Ring folglich nicht signifikant von der Minimal- und der Maximalvariante. Die durchschnittliche Reisezeit im Analysefall liegt bei ca. 9,4 Minuten, dagegen im Fall mit erweiterter Einbahnstraßenregelung bei 17,52 Minuten. Durch die Umwegfahrten und den höher ausgelasteten Einbahnstraßenring erhöht sich somit die durchschnittliche Reisezeit fast auf das Doppelte. Bezuglich der Leistungsfähigkeit der Lichtsignalanlagen zeigt sich in der Variante, dass die Knotenpunkte KP 9, KP 16 und KP 36 vermutlich keine leistungsfähigen Verknüpfungen mehr darstellen. Zur überschlägigen Betrachtung wurde hierbei ebenfalls das AKF-Verfahren angewendet. Bei den Einmündungen wurden die Knotenpunkte KP 11, KP 17, KP 19, KP 20 und KP 21 näher untersucht, da hierbei eine Leistungsfähigkeit aufgrund des starken Hauptstromes u.U. nicht mehr gegeben ist. Die betreffenden Knotenpunkte finden sich in der folgenden Abbildung.

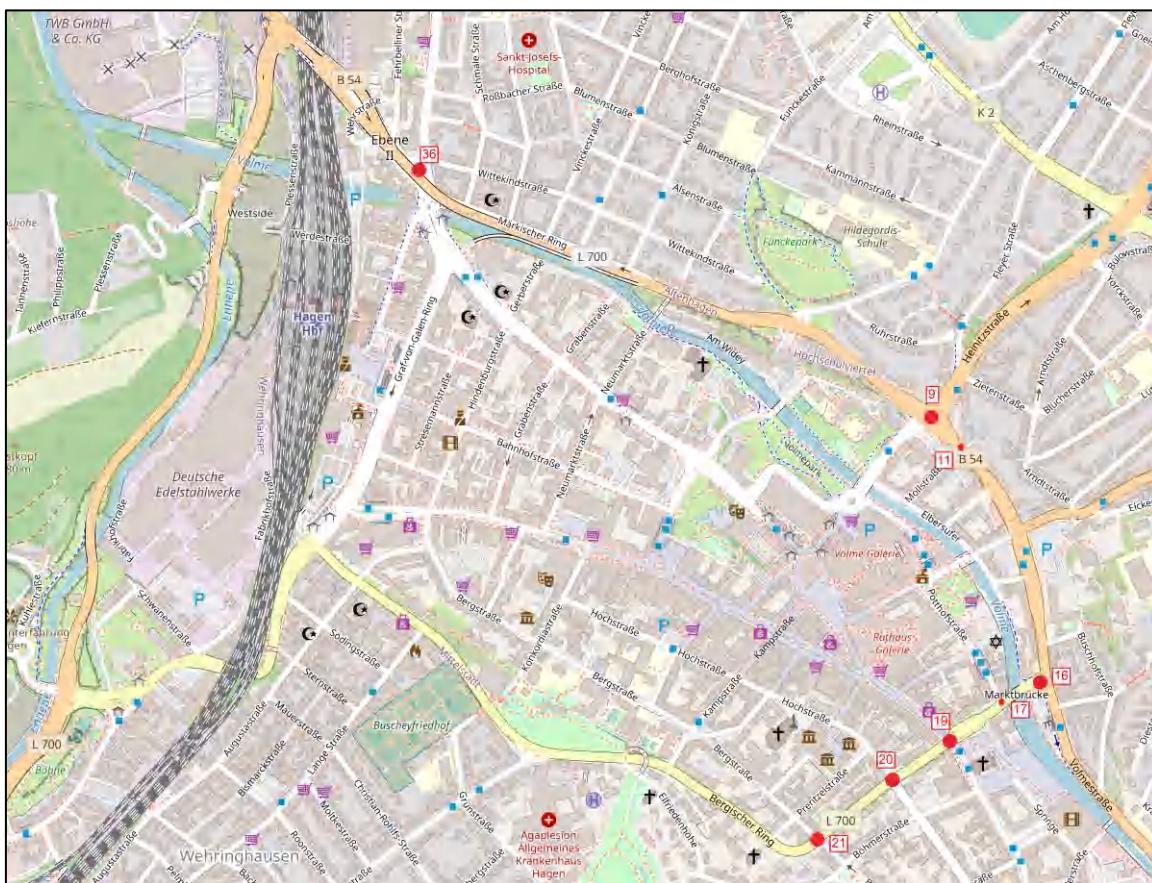


Abbildung 21: Knotenpunkte am Rande der Kapazitätsgrenze in Variante 3 (Quelle: openstreetmap.org, eigene Bearbeitung)

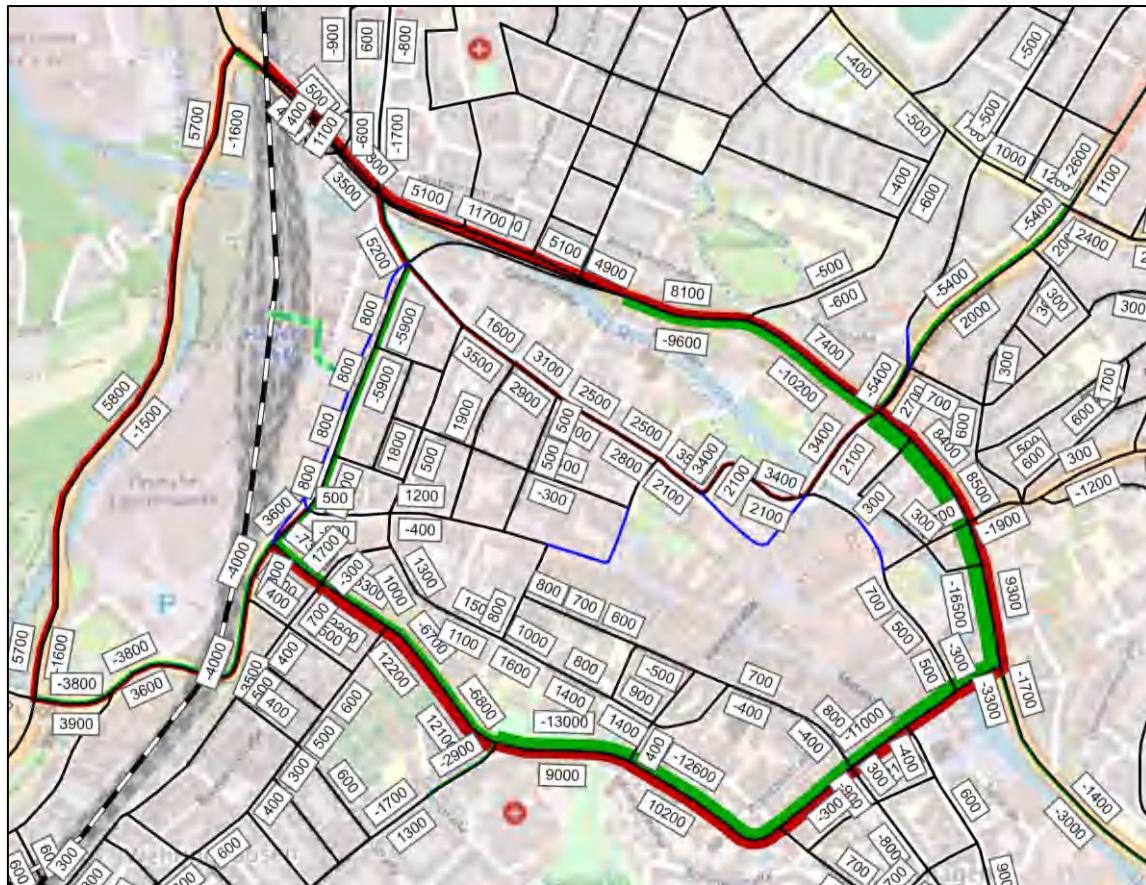


Abbildung 22: Differenzbelastungen zwischen Variante erweiterter Ring gegen UZS und Analysefall im Kfz (Quelle: openstreetmap.org, eigene Bearbeitung)

Die Attraktivität der Innenstadt wird aufgrund der nicht mehr direkten Erreichbarkeit ebenfalls negativ bewertet. Die Attraktivität des ÖPNV nimmt weder ab noch zu, da in die Linieneinführung des ÖPNV und damit das Angebot auch in dieser Variante nicht eingegriffen wird. Die Attraktivität des Radverkehrs steigt, da das Radverkehrskonzept der Stadt Hagen berücksichtigt wird und der Radverkehr weiterhin in beide Richtungen fließen kann.

Nach der Verkehrsmodellierung wurde eine Bewertung der Alternativen vorgenommen. Dazu wurde nachfolgend eine Tabelle aufgestellt, welche die Bewertungen der drei favorisierten Varianten hinsichtlich der Prüfkriterien „Umwelt“, „Verkehr“ und „Aufwand“ beinhaltet (siehe Tabelle 1), wobei der Aufwand erst in Kapitel 6 thematisiert wird. Die Bewertungstabelle umfasst aus Vergleichbarkeitsgründen die gleichen Kriterien wie im früheren Gutachten, erweitert diese allerdings um die Punkte „Attraktivität ÖPNV“ und „Attraktivität Radverkehr“ im Sinne einer modernen Verkehrsführung.



	Prüfkriterium	Minimalvariante	Maximalvariante	Erweiterter Ring
1	Verkehrsbelastung (Märkischer Ring, Graf-von-Galen-Ring, Bergischer Ring)	++	+	++
2	Stauanfälligkeit Märkischer Ring	--	--	--
3	Stauanfälligkeit Graf-von-Galen-Ring	--	--	--
4	Stauanfälligkeit Bergischer Ring	-	+	+
Umwelt				
1	Ringbelastung gesamt	-	--	-
2	Belastung Straßen innerhalb des Ringes	--	-	-
3	Belastung Stadtgebiet	-	--	-
4	Durchschnittliche Reiseweite MIV [km]	-	-	-
5	Durchschnittliche Reisezeit MIV [min]	--	--	--
6	Innenstadtattraktivität für IV-Nutzer	--	--	--
7	Attraktivität ÖPNV	o	o	o
8	Attraktivität Radverkehr	+	+	+
Verkehr				
1	Baulicher Aufwand			
2	Kosten			
3	Flächenausnutzung			
Aufwand				

Das „Kriterium „Aufwand“ wird in Kapitel 6 ergänzt.

Mit: ++ → besonders positive Wirkung, + → positive Wirkung, o → neutrale Wirkung, - → negative Wirkung, -- → besonders negative Wirkung

Tabelle 1: Bewertungstabelle

Die Bewertungen in der Bewertungstabelle wurden grundsätzlich anhand der sich im Verkehrsmodell errechneten Verkehrsmengen unter Zuhilfenahme der Differenzbilder beurteilt. Bezuglich der Stauanfälligkeit wurden die Auslastungsgrade der Strecken auf den betreffenden Teilabschnitten betrachtet. Zur Bewertung der durchschnittlichen Reisezeit sowie Reiseweite im MIV wurden die Nachfragematrizen und Matrizen der Reiseweiten herangezogen.

Nach Bewertungstabelle ist die Einbahnstraßenregelung mit erweiterter Einbahnstraßenring inklusive Zweirichtungsverkehr am Graf-von-Galen-Ring aus verkehrlichen und umweltmäßigen Gesichtspunkten als Vorzugsvariante zu bewerten. Zu beachten ist, dass in dieser Untersuchung keine Rückkopplung aus überlasteten Strecken und Knoten auf die Nachfrage berücksichtigt wurde, da dies sehr aufwändig wäre. Daher wurden immer die MIV-Verkehrsmengen der Analysematrix umgelegt.

Zur Identifikation der günstigsten Einbahnstraßenrichtung und in Absprache mit dem Auftraggeber wird als zusätzliche Ausführungsmöglichkeit die Variante 4.3 (Erweiterter Einbahnstraßenring im UZS) modelltechnisch abgebildet und berechnet. Im Kapitel 4.4 werden die Ergebnisse der Verkehrsmodellierung des erweiterten Einbahnstraßenrings im Uhrzeigersinn aufgeführt.

4.4 Variante mit erweitertem Ring im Uhrzeigersinn, Variante 4.3

Bei der **Variante mit erweitertem Ring im Uhrzeigersinn** erfolgt ein Rückgang der Verkehre auf dem Märkischen Ring, dem Graf-von-Galen-Ring und dem Bergischen Ring von rund 3.000 bis 9.000 Kfz pro Tag im Gesamtquerschnitt. Die größte Entlastung ist auf dem Märkischen Ring zu erwarten. Bezuglich der Stauanfälligkeit lässt sich am Märkischen Ring eine Auslastung von 110 % bis 125 % feststellen. Die Streckenauslastung auf dem Bergischen Ring liegt etwa in einem Bereich von 95 % bis 110 %. Die Auslastung des Graf-von-Galen-Rings ergibt sich zu ca. 30 % bis 35 %, zumindest in Nord-Süd Richtung. Die Süd-Nord Richtung zeigt Auslastungsgrade von 150 % bis 215 % bei der gewählten Kapazität. Die Ringbelastung insgesamt zeigt Verkehrsstärken von ca. 12.500 bis 26.500 Kfz/24h und Querschnitt. Die Straßen innerhalb des Ringes sind mit ca. 500 bis 11.300 Fahrten/24h und Richtung belasteter als im Analysefall. Die höchste Belastung ergibt sich hier auf der Bad- und auf der Körnerstraße. Die Gesamtbelaustung im Stadtgebiet als Summe der Kfz-Fahrten über alle modellierten Straßen ergibt sich im Analysefall zu ca. 3,7 Mio. Fahrzeugen [Σ Fahrzeuge pro Strecke über alle Strecken]. In der erweiterten Variante im Uhrzeigersinn steigt diese Belastung auf ca. 3,75 Mio. Fahrzeuge in Summe, liegt also etwas niedriger als die Variante gegen den Uhrzeigersinn.

Die durchschnittlichen MIV Reiseweiten im gesamten Verkehrsmodell ergeben sich im Analysefall zu ca. 6,9 km. In der Variante mit erweitertem Einbahnstraßenring im Uhrzeigersinn erhöht sich die durchschnittliche Reiseweite durch die Einbahnstraßenregelung auf ca. 8,65 km. Sie unterscheidet sich folglich nicht signifikant von der Minimal- und der Maximalvariante bzw. der erweiterten Einbahnstraßenregelung gegen den Uhrzeigersinn. Die durchschnittliche Reisezeit im Analysefall liegt bei ca. 9,4 Minuten, dagegen im Fall mit erweiterter Einbahnstraßenregelung im Uhrzeigersinn bei 17,95 Minuten und damit höher als in der Variante gegen den Uhrzeigersinn. Durch die Umwegfahrten und den höher ausgelasteten Einbahnstraßenring erhöht sich somit die durchschnittliche Reisezeit rund auf das Doppelte. Die Betrachtung der Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte in den Spitzentunden ergibt in der vorliegenden Variante für die Lichtsignalanlagen KP 9, KP 34 und KP 36 die Notwendigkeit einer weiteren Betrachtung. Mittels des überschlägigen AKF-Verfahrens konnte an diesen Stellen die leistungsfähige Abwicklung der Ströme nicht mehr bescheinigt werden. An den Einmündungen zeigt sich bei den Knotenpunkten KP 11, KP 13, KP 14, KP 17, KP 19, KP 20, KP 21 ein kritischer Hauptstrom, weshalb hierbei die Leistungsfähigkeit im Hinblick auf die untergeordneten Ströme kritisch zu bewerten ist. Genaue Untersuchungen mit Betrachtung räumlichen Gegebenheiten und der Verkehrsstärken in den Spitzentunden sind zu führen. Die betreffenden Knotenpunkte finden sich in der folgenden Abbildung.

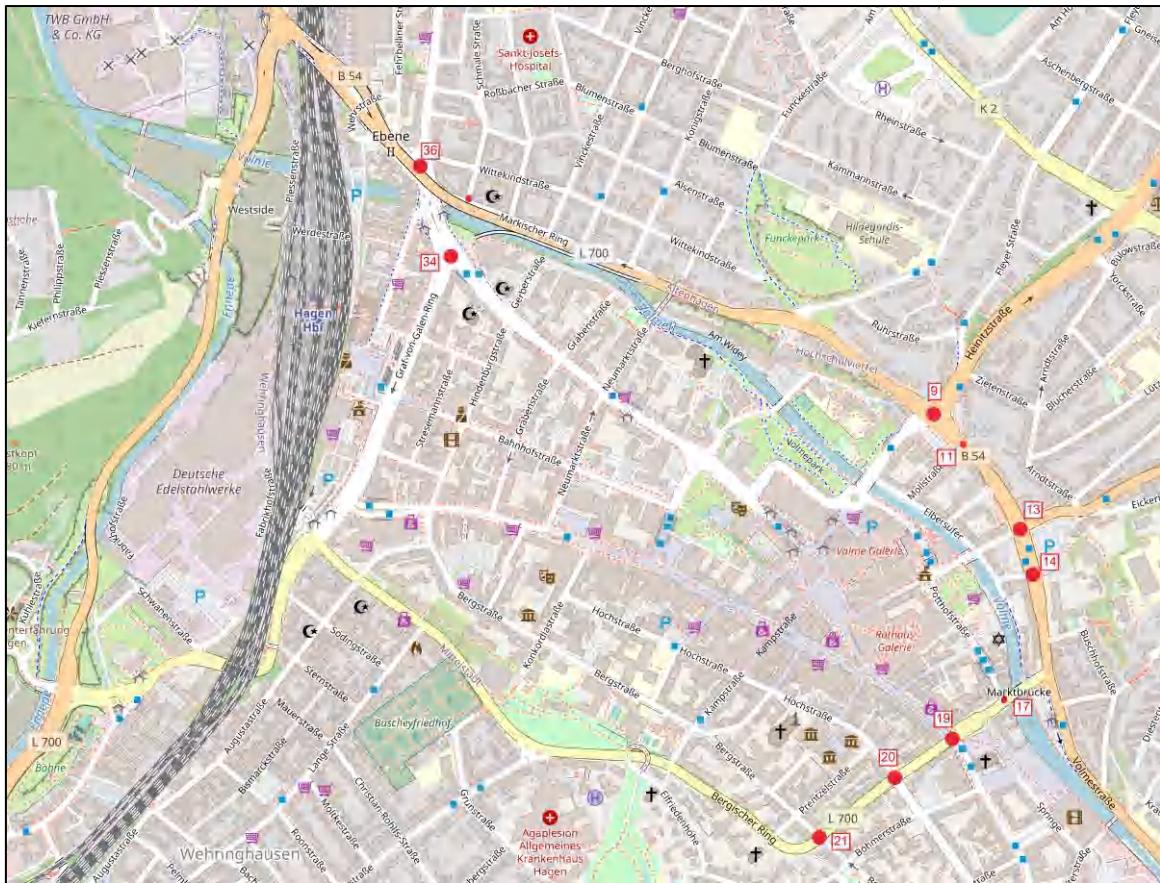


Abbildung 23: Knotenpunkte am Rande der Kapazitätsgrenze in Variante 4.3 (Quelle: openstreetmap.org, eigene Bearbeitung)

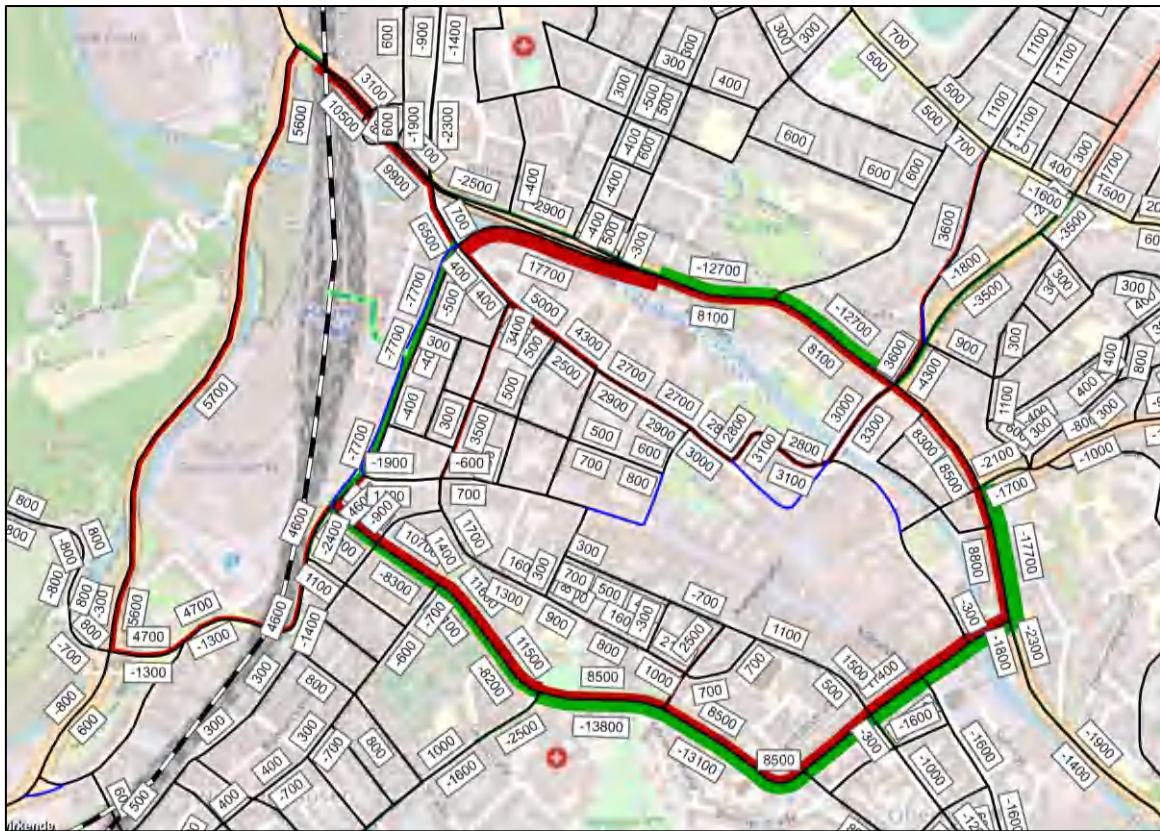


Abbildung 24: Differenzbelastungen zwischen Variante erweiterter Ring im UZS und Analysefall im Kfz (Quelle: openstreetmap.org, eigene Bearbeitung)

Die Attraktivität der Innenstadt wird auch hier aufgrund der nicht mehr direkten Erreichbarkeit negativ bewertet. Die Attraktivität des ÖPNV nimmt weder ab noch zu, da in die Linienführung des ÖPNV und damit das Angebot auch in dieser Variante nicht eingegriffen wird. Die Attraktivität des Radverkehrs steigt, da das Radverkehrskonzept der Stadt Hagen berücksichtigt wird und der Radverkehr weiterhin in beide Richtungen fließen kann.

Nachfolgend wurde die Bewertungstabelle um die Ergebnisse basierend auf der vierten Variante, dem erweiterten Einbahnstraßenring im Uhrzeigersinn (Variante 4.3), erweitert.



Prüfkriterium	Minimalvariante im UZS	Maximalvariante im UZS	Erweiterter Ring gg. UZS	Erweiterter Ring im UZS
1 Verkehrsbelastung (Märkischer Ring, Graf-von-Galen-Ring, Bergischer Ring)	++	+	++	++
2 Stauanfälligkeit Märkischer Ring	--	--	--	-
3 Stauanfälligkeit Graf-von-Galen-Ring	--	--	--	-
4 Stauanfälligkeit Bergischer Ring	-	+	+	+
Umwelt				
1 Ringbelastung gesamt	-	-	-	-
2 Belastung Straßen innerhalb des Ringes	--	-	-	-
3 Belastung Stadtgebiet	-	-	-	-
4 Durchschnittliche Reisezeit	-	-	-	-
5 Reiseweite MfV [km]	-	-	-	-
6 Innenstadtaktivität für V-/Nutzer	--	--	--	--
7 Attraktivität ÖPNV	0	0	0	0
8 Attraktivität Radverkehr	+	+	+	+
Verkehr				
1 Baulicher Aufwand				
2 Kosten				
3 Flächenausnutzung				
Aufwand				

Mit: ++ → besonders positive Wirkung, + → positive Wirkung, 0 → neutrale Wirkung, - → negative Wirkung, -- → besonders negative Wirkung.
 Das Kriterium "Aufwand" wird in Kapitel 6 ergänzt.

Tabelle 2: Ergänzte Bewertungstabelle

Im Sinne der Vergleichbarkeit und in Absprache mit der Stadt Hagen werden die beiden Varianten des erweiterten Ringes im Folgenden näher betrachtet. Aufgrund der entgegengesetzten Einbahnstraßenrichtungen in den beiden Varianten kann über den Aufwand und die Emissionswirkungen eine Vorzugsvariante ausgewählt werden. Im Folgenden sind daher die Berechnungen der Emissions- und Kostenwirkungen dargestellt.

5 Emissionswirkung

Für die verkehrlich gesehene Vorzugsvariante Variante 3 (erweiterter Ring entgegen des Uhrzeigersinnes) und ihr gegenläufiges Pendant Variante 4.3 (erweiterter Ring im Uhrzeigersinn) wurden die Auswirkungen auf die NO_x und CO₂-Emissionen abgeschätzt.

Hierzu wurden die verkehrlichen Änderungen auf den Ringen, im Innenstadtbereich sowie im gesamten modellierten Gebiet betrachtet. Aus der verkehrlichen Analyse auf Basis des Verkehrsmodells der Stadt Hagen resultieren die Fahrleistungen für die Varianten 3 und 4.3 im Vergleich zum Analysefall in Differenzierung nach Pkw- und Schwerverkehr. Die Pkw-Fahrleistung (in Fahrzeugkilometer pro Jahr) wurde anhand der Bestandsstatistik des Kraftfahrt-Bundesamtes mit Stand 1. Januar 2020 (FZ 1)³ für die Stadt Hagen weiter unterteilt nach den Kraftstoffarten Benzin (inklusive 50% der Hybrid-Fahrzeuge), Diesel, Gas und Elektro (inklusive Sonstige und 50% der Hybridfahrzeuge). Die Hybridfahrzeuge wurden somit hälftig auf die Fahrleistung mit Benzin- und Elektrofahrzeugen aufgeteilt, um den niedrigeren Kraftstoffverbrauch und damit den geringeren lokalen Emissionsausstoß näherungsweise abzubilden. Beim Schwerverkehr wurde eine Unterteilung in leichte und schwere Nutzfahrzeuge sowie Busse vorgenommen. Diese erfolgte auf Basis von Untersuchungsdaten für den Luftreinhalteplan Hagen 2017 mit Bezugsjahr „Prognose 2015“.⁴ Bei den leichten Nutzfahrzeugen erfolgte zudem eine Unterteilung in Benzin und Diesel auf Basis der Fahrleistungsanteile innerhalb der Umweltzone Hagen mit Bezugsjahr 2015⁵. Für die schweren Nutzfahrzeuge und Busse wurden ausschließlich Dieselfahrzeuge angenommen. Die Hagener Straßenbahn AG plant zwar ab dem Jahr 2021 die schrittweise Einführung von Elektrobussen. Jedoch ist der ÖPNV relativ unabhängig von der Umsetzung des Einbahnstraßenrings, da die bisherigen Spuren für den Busverkehr bestehen bleiben sollen (vgl. Kapitel 3.2), sodass Emissionsveränderungen durch die Flottenumstellung auf Elektrobusse unabhängig vom Einbahnstraßenring zu sehen sind.

Die Fahrleistungen nach den beschriebenen Fahrzeug- und Kraftstoffkategorien sowie der räumlichen Differenzierung wurde anschließend mit den Emissionsfaktoren gemäß HBEFA 4.1⁶ bewertet. Dabei handelt es sich um gewichtete Mittelwerte für Deutschland. Nachfolgend sind die Ansätze tabellarisch dargestellt.

³ https://www.kba.de/DE/Statistik/Nachrichten/2020/Statistik/fz_1_2020.html

⁴ Auszug aus: lanuv9613_ha_5.pdf (Daten des LANUV für den Masterplan); S. 27

⁵ Aus Datei "M142698_01_Kbe_1D.pdf" von Müller BBM aus dem Masterplanprojekt

⁶ <https://www.hbefa.net/d/index.html>

HBEFA 4.1, 2020, D, Warm	NO _x (g/Fzg-km)	CO ₂ (g/Fzg-km)
Pkw - Benzin	0,096	173,119
Pkw - Diesel	0,801	179,188
Pkw - CNG	0,114	144,639
LNfz - Benzin	0,126	186,875
LNfz - Diesel	1,116	252,673
SNfz - Diesel	1,427	789,505
Linienbusse - Diesel	3,366	1.223,847

Tabelle 3: HBEFA 4.1-Faktoren für das Jahr 2020 in Deutschland

Durch die Einbahnstraßenführung verlagert sich ein Teil des Individualverkehrs von den Ringen in den Innenstadtbereich. Aufgrund dessen kommt es auf den Ringen zu einer Verringerung der Verkehrs- und Emissionsbelastung, wohingegen sie im Innenstadtbereich ansteigt. Die Ausprägung der Verlagerungseffekte in den beiden Varianten ist unterschiedlich stark. In der Variante 4.3 im Uhrzeigersinn wird eine stärkere Entlastung der Ringe erzielt, verbunden jedoch auch mit einer höheren Verkehrsbelastung des Innenstadtbereichs als bei Variante 3.

Während das Potenzial zur Emissionsreduktion auf den Ringen bei Variante 4.3 deutlich höher ist als bei Variante 3, unterscheidet sich die Zunahme der Emissionsbelastung im Innenstadtbereich interessanterweise jedoch relativ wenig zwischen den beiden Varianten, da der Anteil des Schwerverkehrs im Innenstadtbereich in Variante 4.3 niedriger ist als in Variante 3.

Nachfolgend sind die verkehrlichen Eingangsgrößen sowie die resultierenden Abschätzungen der NO_x- und CO₂-Emissionswirkungen in Differenzierung nach den Ringen, dem Innenstadtbereich, der Summe über beides sowie für alle im Stadtgebiet modellierten Straßen dargestellt. Wir weisen darauf hin, dass es sich hierbei lediglich um eine grobe Abschätzung auf Basis der getroffenen Annahmen handelt, die jedoch eine qualitative Bewertung des Status quo im Vergleich mit den Auswirkungen der beiden Varianten des Einbahnstraßenrings ermöglicht.

Variante	Status quo			V3			V4.3		
	Kfz	Pkw	SV	Kfz	Pkw	SV	Kfz	Pkw	SV
jährliche Fahrleistung in tsd. Fzg.-km									
Fahrleistung auf den Ringen	34.644	30.947	3.697	31.352	28.137	3.215	28.333	25.357	2.976
Fahrleistung im Innenstadt- bereich	5.082	4.910	172	7.278	6.924	354	7.604	7.305	299
Summe Ringe und Innen- stadtbereich	39.726	35.857	3.868	38.630	35.061	3.569	35.937	32.662	3.275
Emissionen in t/a	Kfz	Pkw	SV	Kfz	Pkw	SV	Kfz	Pkw	SV
Emissionen auf den Ringen No _x	14	9	5	12	8	5	11	7	4
Emissionen auf den Ringen CO ₂	7.887	5.355	2.532	7.071	4.869	2.202	6.426	4.388	2.038
Emissionen im Innenstadt- bereich No _x	2	1	0	2	2	1	2	2	0
Emissionen im Innenstadt- bereich CO ₂	967	850	118	1.441	1.198	243	1.469	1.264	205
Summe Emissionen Ringe und Innenstadtbereich NO _x	15	10	5	15	10	5	14	9	5
Summe Emissionen Ringe und Innenstadtbereich CO ₂	8.855	6.205	2.650	8.512	6.067	2.445	7.895	5.652	2.243

Tabelle 4: Fahrleistungen und Emissionen im Vergleich

Die Emissionsreduktion auf den Ringen übersteigt den Anstieg im Innenstadtbereich. Insbesondere in der Variante 4.3 wird in Summe eine deutliche Emissionsreduktion erzielt. Variante 4.3 des erweiterten Rings im Uhrzeigersinn bietet das größere Emissionsreduktionspotential. Zudem ist die Streckenauslastung mit Ausnahme der Süd- Nord-Richtung auf dem Graf-von-Galen-Ring bei Variante 4.3 geringer als bei Variante 3, was sich positiv auf den Verkehrsfluss und damit auch auf die Emissionen auswirken sollte.

Während für die Ringe und den Innenstadtbereich aus der verkehrlichen Analyse des Einbahnstraßenrings eine Differenzierung der Fahrleistung nach Pkw und Schwerverkehr vorliegt, gibt es für die Gesamtfahrleistung im Stadtgebiet über alle modellierten Straßen nur eine Gesamtfahrzeugkilometerzahl, die sich aus der Anzahl an Fahrten und der durchschnittlichen berechneten Kantenlänge (für alle Varianten 0,3613 km) ergibt. Daher haben wir die Verteilung der Jahresfahrleistung nach Fahrzeugkategorien gemäß den Daten für den Luftreinhalteplan Hagen 2017 mit Bezugsjahr „Prognose 2015“ für die Aufteilung auf die Fahrzeugklassen zugrunde gelegt.⁷

Nachfolgend sind die Ergebnisse tabellarisch dargestellt. Wir weisen darauf hin, dass es sich hierbei lediglich um eine grobe Abschätzung auf Basis der getroffenen Annahmen handelt. Diese ermöglicht jedoch eine Abschätzung der Umweltauswirkungen für das Stadtgebiet über alle modellierten Straßen im Vergleich des Status quo mit den beiden Varianten.

⁷ Auszug aus: lanuv9613_ha_5.pdf (Daten des LANUV für den Masterplan); S. 27

Variante	Status quo			V3			V4.3		
	Kfz	Pkw	SV	Kfz	Pkw	SV	Kfz	Pkw	SV
Gesamtfahrleistung im Stadtgebiet über alle modellierten Straßen in tsd. Fzg-km/a	487.936	414.797	73.139	498.486	423.765	74.720	494.529	420.402	74.127
Emissionen im Stadtgebiet über alle modellierten Straßen, NO _x in t/a	218	114	104	223	117	106	221	116	105
Emissionen im Stadtgebiet über alle modellierten Straßen, CO ₂ in t/a	121.876	71.777	50.099	124.512	73.329	51.183	123.523	72.747	50.776

Tabelle 5: Gesamtfahrleistung und Emissionen im Vergleich

Da die Anzahl der täglichen Fahrten in beiden Varianten (V3: 3,78 Mio., V4.3: 3,75 Mio.) im Vergleich zum Analysefall (3,7 Mio.) zunimmt, steigen die gesamte Verkehrsleistung und auch die Emissionsbelastung in den Varianten an. Variante 4.3 ist jedoch unter Be- trachtung der Verkehrs- und Umweltauswirkungen der Variante 3 vorzuziehen.

Zu beachten ist, dass in den vorliegenden Berechnungen keine neuen Nachfragematrizen berechnet worden sind. Ein Verlagerungseffekt vom Pkw auf bspw. Rad oder Bus in Folge der Verlängerung der Fahrtzeit mit dem Pkw durch die Einbahnstraßenregelung und eine Attraktivitätssteigerung durch neu hinzukommende Radfahrstreifen (auch in Folge neu zur Verfügung stehender Verkehrsräume für Fuß, Rad und Bus) konnten folglich nicht abgebildet werden.

Zusammenfassend lässt sich aus Umweltsicht festhalten, dass sich der Einbahnstraßenring positiv auf die lokalen NO_x-Emissionen und damit auf die lokale Luftqualität auf den Ringen auswirkt. Dies ist besonders wichtig vor dem Hintergrund der bisherigen beiden besonders belasteten Hotspots Märkischer Ring und Graf-von-Galen-Ring, an denen Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität notwendig sind, um zukünftig die Lufts- chadstoffgrenzwerte einzuhalten. Positiv zu bewerten ist daher, dass die NO_x-Emissio- nen an den besonders belasteten Stellen sinken. In der Gesamtbetrachtung führt die Maß- nahme durch die Verlagerungseffekte im restlichen Stadtgebiet jedoch zu einem größeren Verkehrsaufkommen, verbunden mit höheren NO_x- und CO₂-Emissionen und damit einer Verschlechterung der Luftqualität. Insbesondere die Auswirkungen auf die global zu be- trachtenden CO₂-Emissionen sind daher als negativ zu bewerten.

6 Kostenwirkung

6.1 Mengenberechnung

Für die Variante 3 und die Variante 4.3 wurden die notwendigen Änderungen im Straßenraum zur Umsetzung eines Einbahnstraßenrings in Hagen betrachtet. Als kostenintensivste Maßnahmen wurden die Umbauarbeiten an den und im Umfeld der Knotenpunkte angenommen. Die Ummarkierung auf den Streckenabschnitten dazwischen soll als Kostenfaktor vernachlässigt werden.

Dazu wurden an den Knotenpunkten die nachfolgenden Merkmale je Variante untersucht:

- Fahrbahnmarkierung (in m),
- Umprogrammierung von Lichtsignalanlagen (Anzahl),
- neue Lichtsignalanlagen (Anzahl),
- Baustelleneinrichtungen (Anzahl und Dauer),
- Parkleitsystem (Anzahl angepasste bzw. neue Masten),
- Beschilderung (Anzahl angepasste bzw. zusätzliche Schilder und Masten),
- Umbauten der Knotenpunkte einschließlich neue Verkehrsinseln und Umbau von Verkehrsinseln (Anzahl),
- Rückbau Verkehrsinseln (Anzahl),
- neue Fahrbahndecke/Straßenbelag (in m²),
- zusätzliche Verkehrsfläche (in m²),
- neue Rad-Fußwege (in m²),
- Bepflanzung (in m²),
- Änderungen am LKW-Routensystem,
- neue Ver- und Entsorgungsleitungen (in m).

Zu jedem Merkmal sind die Mengen abgeschätzt worden, um basierend darauf den baulichen Aufwand sowie die Kosten abzuschätzen. Insgesamt muss an 36 Knotenpunkten eine Umgestaltung erfolgen. Davon betreffen die Umgestaltungen an 32 Knotenpunkten bauliche Änderungen, an den restlichen 4 Knotenpunkten sind lediglich, je nach Verkehrsführung, zusätzliche Verkehrsschilder notwendig.

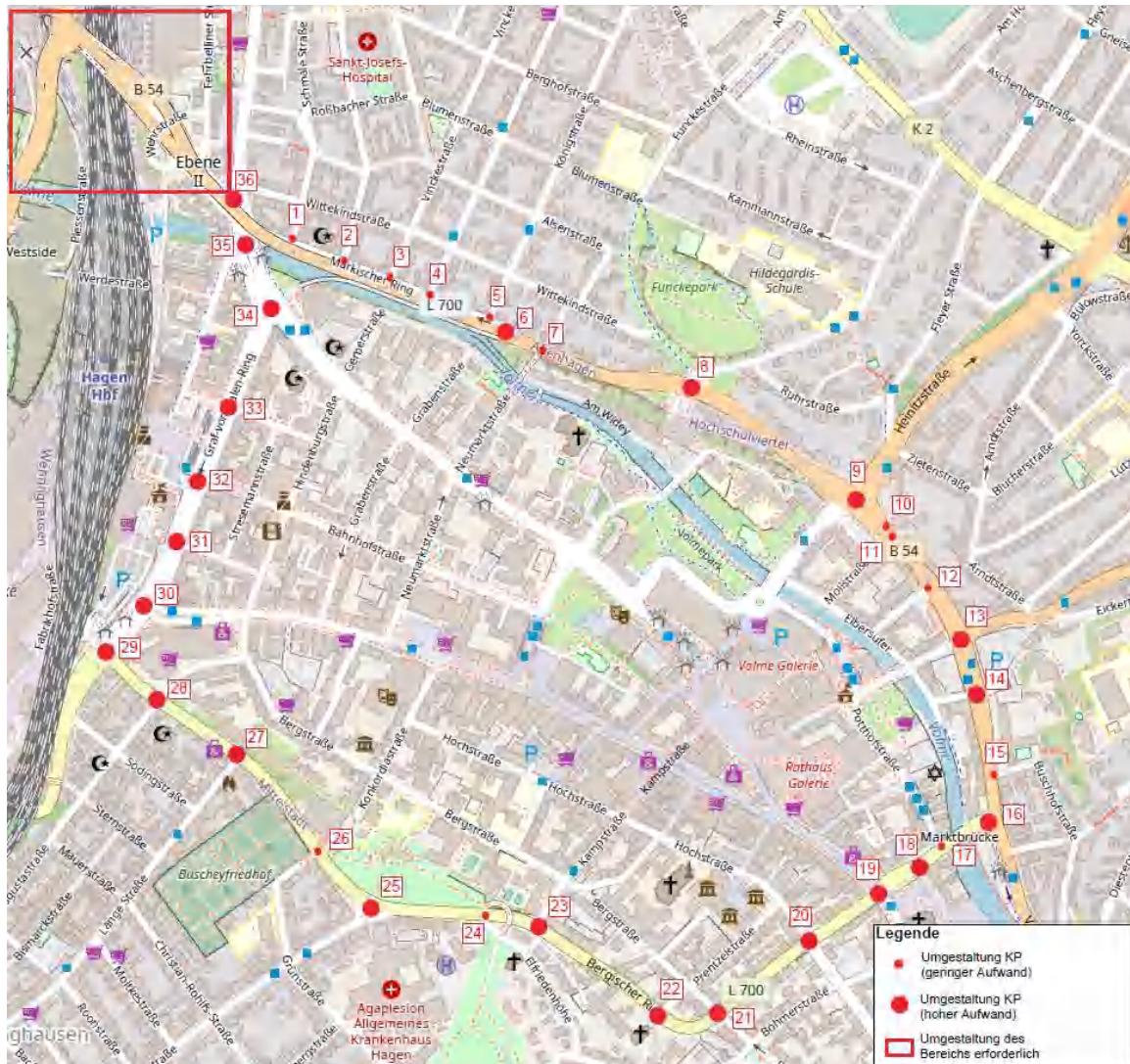


Abbildung 25: Abschätzung des Aufwands zur Umgestaltung der Knotenpunkte, Nummerierung der Knotenpunkte (Quelle: openstreetmap.org, eigene Bearbeitung)

Die **Fahrbahnmarkierung** wurde anhand der umzugestaltenden Knotenpunkte berechnet. Angenommen wird, dass die alte Fahrbahnmarkierung im Knotenpunktbereich komplett entfernt werden muss. Die neue Fahrbahnmarkierung wurde so geplant, dass diese von den Haltelinien bis zum Ende des Knotenpunktes reicht. Die Anzahl der Meter wurde mit Hilfe der Webseite Tim-Online.nrw.de ermittelt. Die Ergebnisse wurden auf eine Genauigkeit von 10 Metern aufgerundet. Der Strecke zwischen den Knotenpunkten wird in der Mengenberechnung nicht mit betrachtet, da die Kosten an den Knotenpunkten höher sind.

Bei der **Umprogrammierung von Lichtsignalanlagen** sind an jedem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlagen Änderungen vorzunehmen. Angenommen wird, dass die Anzahl von Signalgruppen an einem Knotenpunkt der Anzahl von Umprogrammierungen von Lichtsignalanlagen entspricht. Unter einer Signalgruppe werden eine oder mehrere Signalgeber verstanden, die bestimmte Verkehrsströme gemeinsam steuern und zu jeder Zeit das gleiche Signalbild zeigen. Bei dieser Betrachtungsweise werden auch die sich nicht ändernden Zufahrten von Knotenpunkten in die Umprogrammierung einbezogen, da sich die weiteren Zufahrten an dem entsprechenden Knotenpunkt ändern. Dadurch werden sich auch die Signalzeitplane ändern.

Neue Lichtsignalanlagen werden nur gebraucht, wenn

- die vorhandenen Lichtsignalanlagen im Umbau nicht verschoben werden können,
- neue Verkehrsströme dazu kommen oder
- Busspuren mit einer Lichtsignalanlage ausgerüstet werden müssen.

Baustelleneinrichtungen werden eingerichtet, wenn Änderungen am bestehenden Straßennetz vorzunehmen sind. Bereits bei einer Änderung der Fahrbahnmarkierung ist eine Baustelle einzurichten.

Das **Parkleitsystem** muss geändert werden. Dies wird berücksichtigt, wenn an einem Knotenpunkt ein Mast des Parkleitsystems mit einer statischen oder dynamischen Anzeige vorhanden ist. Die Schilder auf den Masten müssen geändert werden, wenn sich die angezeigten Richtungen ändern. Die Masten, die nicht mehr brauchbar sind, weil sich die Fahrtrichtung geändert hat, werden zurückgenommen.

Neue **Beschichtung** in Form von Vorschriftzeichen sowie Richtzeichen ist bei Umgestaltung des Innenstadtrings vorzusehen. Unter Vorschriftzeichen werden die Verkehrszeichen 267 (Verbot der Einfahrt) sowie die Verkehrszeichen 209-20 (Vorgeschriebene Fahrtrichtung rechts) und 209-10 (Vorgeschriebene Fahrtrichtung links) beschrieben. Änderungen am Vorwegweiser (Verkehrszeichen 439) gelten als neue Beschichtung.

Bei **ÖPNV-Beeinflussungsanlagen** werden überall dort Busspuren vorgesehen, wo aktuell Busse geführt werden.

Neue bzw. umzubauende Verkehrsinseln werden nur vorgesehen, wenn die Verkehrsinseln verschoben werden müssen.

Rückbau Verkehrsinseln werden vorgenommen, wenn die bestehenden Verkehrsinseln für den Einbahnstraßenring entfernt werden müssen.

Neue Fahrbahndecken sind nur erforderlich bei zurückgebauten Mittelinseln. Die Anzahl der Quadratmeter wurde mit Hilfe der Webseite Tim-Online.nrw.de ermittelt. Die Ergebnisse wurden auf eine Genauigkeit von 10 Metern aufgerundet.

Zurückgebaute Verkehrsflächen werden nicht vorgesehen, weil sich die Verkehrsflächen in Summe nicht ändern. Inwiefern die gewonnene Fläche durch Wegfall von Kfz-Spuren je Variante genutzt wird, ist noch zu entscheiden. In dieser Machbarkeitsstudie wird die Nutzung der „unbenutzten“ Verkehrsflächen nicht festgelegt.

Neue Rad-Fußwege werden im Straßenraum nur teilweise vorgesehen. Auf dem Graf-von-Galen-Ring werden Änderungen für die Radverkehrsinfrastrukturen vorgesehen. Am Märkischer Ring im Bereich Zehlendorfer Straße und Badstraße wird ein Freizeitnetz vorgesehen, wie im Radverkehrskonzept Hagen geplant ist. Die Anzahl der Quadratmeter wurde mit Hilfe der Webseite Tim-Online.nrw.de ermittelt

Eine **Bepflanzung** des Straßenraums wird bei der Mengenberechnung nicht vorgesehen.

Änderungen im LKW-Routensystem wird berücksichtigt, wenn die jeweiligen LKW-Routen über die betrachtete Straße führen oder die Straße unmittelbar zu einer LKW-Route hinführt. Die Schilder auf den Masten müssen geändert werden, wenn die Richtungen geändert werden. Die Masten, welche nicht mehr brauchbar sind, weil sich die Fahrtrichtung geändert hat, werden zurückgenommen.

Von Änderungen an Ver- und Entsorgungsleitungen für die Einrichtung eines Einbahnstraßenrings ist zunächst nicht auszugehen.

6.2 Kostenberechnung

Basierend auf der Mengenberechnung wurden die Kosten für die baulichen Änderungen abgeschätzt. Hierzu wurden Kostenansätze je Leistungseinheit erhoben und zur Herstellung der Vergleichbarkeit einheitlich auf das Jahr 2020 dynamisiert. Die Kostenansätze wurden gemeinsam mit der Stadt Hagen abgestimmt und plausibilisiert. Anschließend erfolgte die Multiplikation des Mengengerüstes mit den Kosten je Leistungseinheit. Für die Baustelleneinrichtung sowie die Verkehrsführung und -regelung während der Bauzeit wurden jeweils 10 % bzw. 15 % der Summe der angesetzten Kosten (mit Ausnahme der Kosten für die Umprogrammierung der Lichtsignalanlagen) angesetzt. Zusätzlich wurde ein Kostenaufschlag für Projektmanagementtätigkeiten und externe Gutachten in Höhe von 10 % der Gesamtkosten an den jeweiligen Knotenpunkten berücksichtigt.

Betrachtet wurden jeweils die beiden zuvor ausgewählten Varianten 3 („Erweiterter“ Einbahnstraßenring gegen den Uhrzeigersinn) und 4.3 („Erweiterter“ Einbahnstraßenring im Uhrzeigersinn). Nachfolgend sind die Kosten tabellarisch für die beiden Varianten im Vergleich dargestellt.

Wir weisen darauf hin, dass es sich lediglich um eine grobe Abschätzung auf der Basis eines vereinfacht kalkulierten Mengen- und Kostengerüstes handelt, die jedoch einen Vergleich der beiden Varianten und eine quantitative Bewertung des mit den Maßnahmen zur Umsetzung der Varianten verbundenen finanziellen Aufwandes ermöglicht. Sofern eine Umsetzung erfolgen soll, muss im Rahmen der weiteren Planung eine detailliertere Kostenkalkulation vorgenommen werden.

Maßnahmen	Leistungs-einheit (LE)	Kosten je LE in Euro	Gesamtkosten V3 in Euro	Gesamtkosten V4.3 in Euro
Neue Fahrbahnmarkierung	m	9	46.000	44.000
Umprogrammierung Lichtsignalanlagen	Anzahl Signalgruppen	6.000	1.068.000	1.038.000
Neue Lichtsignalanlagen	Anzahl	50.000	700.000	400.000
Baustelleneinrichtung	pauschaler Ansatz	10%	287.000	395.000
Verkehrsführung/-regelung während der Bauzeit	pauschaler Ansatz	15%	431.000	592.000
Parkleitsystem	Anpassungen	15.000	405.000	405.000
Neue Beschilderung (StVO-Schilder)	Anzahl	300	15.000	15.000
Neue Beschilderung (Vorwegweiser)	Anzahl	5.000	150.000	150.000
ÖPNV-Beeinflussungsanlagen	Anpassungen	30.000	690.000	570.000
Neubau / Umbau Verkehrsinseln	Anzahl	40.000	80.000	40.000
Rückbau Verkehrsinseln	Anzahl	10.000	190.000	210.000
Neue Fahrbahndecke	m ²	165	168.000	185.000
Neue Rad-Fußwege	m ²	150	380.000	380.000
Änderungen am LKW-Routensystem	pauschaler Ansatz	50.000	50.000	50.000
Neubau der Arbeitsamtsrampe	pauschaler Ansatz	1.500.000	0	1.500.000
Kostenaufschlag für Projektmanagement und externe Gutachten	pauschaler Ansatz	10%	466.000	560.000
Summe Kosten			5.126.000	6.532.000

Tabelle 6: Grobe Kostenschätzung für die Varianten 3 und 4.3 im Vergleich

In der Variante 3 gegen den Uhrzeigersinn entstehen zunächst etwas höhere Kosten, die vor allem auf den höheren Bedarf an neuen Lichtsignalanlagen sowie vermehrte Umprogrammierungen/Anpassungen von Lichtsignalanlagen und ÖPNV-Beeinflussungsanlagen zurückzuführen sind.

Für die Umsetzung der Variante 4.3 im Uhrzeigersinn ist allerdings zusätzlich der Neubau der baufälligen und derzeit gesperrten Arbeitsamtsrampe notwendig. Hierfür werden seitens der Stadt Hagen Kosten in Höhe von 1,5 Mio. € geschätzt, sodass die Gesamtkosten der Variante 4.3 deutlich über denen der Variante 3 liegen.

Wir weisen darauf hin, dass Baumaßnahmen regelmäßig mit höheren als den geplanten Kosten verbunden sind. Hierfür sollte bei Umsetzung ein zusätzlicher Puffer (Risikoaufschlag) eingeplant werden. Zudem ist allein aufgrund der Inflation mit steigenden Kosten zu rechnen, je später die Baumaßnahmen umgesetzt werden.

In der Haushaltsplanung berücksichtigt werden sollte daneben, dass für zusätzliche Ampelanlagen etc. laufende Betriebs-/Unterhalts- und Wartungskosten anfallen.

Basierend auf den vorliegenden Ergebnissen der untersuchten Varianten 3 und 4.3 wurde das Prüfkriterium „Aufwand“ in der Bewertungstabelle vervollständigt.



	Prüfkriterium	Minimalvariante im UZS	Maximalvariante im UZS	Erweiterter Ring gg. UZS	Erweiterter Ring im UZS
1	Verkehrsbelastung (Märkischer Ring, Graf-von-Galen-Ring, Bergischer Ring)	++	+	++	++
2	Stauanfälligkeit Märkischer Ring	--	--	--	-
3	Stauanfälligkeit Graf-von-Galen-Ring	--	--	--	-
4	Stauanfälligkeit Bergischer Ring	-	+	+	+
Umwelt					
1	Ringbelastung gesamt	-	-	-	-
2	Belastung Straßen innerhalb des Ringes	--	-	-	--
3	Belastung Stadtgebiet	-	-	-	-
4	Durchschnittliche Reiseweite MIV [km]	-	-	-	--
5	Durchschnittliche Reisezeit MIV [min]	--	--	--	--
6	Innenstadattraktivität für IV-Nutzer	--	--	--	--
7	Attraktivität ÖPNV	0	0	0	0
8	Attraktivität Radverkehr	+	+	+	+
Verkehr					
1	Baulicher Aufwand			-	--
2	Kosten			-	--
3	Flächenausnutzung			+	+
Aufwand					

Mit: ++ → besonders positive Wirkung, + → positive Wirkung, 0 → neutrale Wirkung, - → negative Wirkung, -- → besonders negative Wirkung.

Tabelle 7: Vollständige Bewertungstabelle

7 Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund stetig steigender Verkehrsmengen im Kraftfahrzeugverkehr sowie den damit verbundenen Luftschadstoff- und Lärmelastungen in Hagen, sollte die Machbarkeit eines Einbahnstraßenringes erneut untersucht werden. In einem ersten Schritt erfolgte daher die Auswahl verschiedener Ausführungsvarianten einer Einbahnstraßenlösung zur Senkung der Verkehrs- und Umweltbelastungen. Unter Berücksichtigung unterschiedlicher Randbedingungen im Kfz-, ÖPNV- und Radverkehr fiel die Auswahl auf folgende vier Varianten, welche im Verkehrsmodell detailliert untersucht wurden:

- Minimalvariante im Uhrzeigersinn (Variante 1)
- Maximalvariante im Uhrzeigersinn (Variante 2)
- Erweiterter Einbahnstraßenring gegen den Uhrzeigersinn (Variante 3)
- Erweiterter Einbahnstraßenring im Uhrzeigersinn (Variante 4.3)

In jeder Variante entfallen Fahrstreifen für den Kfz-Verkehr für Belange anderer Verkehrsteilnehmer sowie zur Senkung der Luftschadstoff- und Lärmelastungen. Inwiefern die frei zur Verfügung stehende Verkehrsfläche infolge einer Umsetzung des Innenstadtrings als Einbahnstraßensystem genutzt werden kann, ist unter Berücksichtigung der Belange des ÖPNV, MIV und Radverkehrs, Flächen für den ruhenden Verkehr sowie der Umfeldnutzungen in einem separaten Verfahren abzuwegen.

Zur Auswahl der geeignetsten Variante wurden unter anderem die Ergebnisse der Verkehrsmodellierung zur Evaluierung der verkehrlichen Wirkung und Umweltauswirkungen sowie der zu erwartende Umsetzungsaufwand herangezogen. Aus **verkehrlicher Sicht** wurde die Variante eines erweiterten Einbahnstraßenrings entgegen dem Uhrzeigersinn als Vorzugsvariante identifiziert. Daher wurden für diese Variante und ihr gegenläufiges Pendant (erweiterter Ring im Uhrzeigersinn) die Auswirkungen auf die NOx und CO2-Emissionen sowie die Umsetzungskosten abgeschätzt.

Insgesamt lässt sich aus **Umweltsicht** festhalten, dass sich der Einbahnstraßenring positiv auf die lokalen NOx- und CO2-Emissionen und damit auf die lokale Luftqualität auf den Ringen auswirkt. Dies ist besonders wichtig vor dem Hintergrund der bisherigen beiden Hotspots Märkischer Ring und Graf-von-Galen-Ring, an denen Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität notwendig sind, um zukünftig die Luftschadstoffgrenzwerte einzuhalten. Insgesamt führt die Maßnahme durch Verlagerungseffekte des Kfz-Verkehrs jedoch auch zu höheren Emissionen und damit einer Verschlechterung der Luftqualität im restlichen Stadtgebiet. Allerdings übersteigt die Emissionsreduktion auf den Ringen den Anstieg im Innenstadtbereich. Insbesondere in der Variante des erweiterten Einbahnstraßenrings im Uhrzeigersinn (Variante 4.3) wird in Summe eine deutliche Emissionsreduktion erzielt und bietet somit das größere Emissionsreduktionspotential. Zudem ist die Streckenauslastung mit Ausnahme der Süd-Nord-Richtung auf dem Graf-von-Galen-Ring bei Variante 4.3 geringer als bei Variante 3, was sich positiv auf den Verkehrsfluss und damit auch auf die Emissionen auswirken sollte.

Bezüglich der modelltechnisch vorgesehenen Kapazitäten können die Auslastungsgrade zwischen den beiden näher untersuchten Varianten zusätzlich verglichen werden. Zudem kann die Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte in den Varianten ebenfalls als Vergleichskriterium herangezogen werden. Es zeigt sich, dass sich in Variante 3 eine um wenige

Prozentsätze höhere Auslastung gewisser Streckenabschnitte ergibt, jedoch acht Knotenpunkte im Hinblick auf ihre Leistungsfähigkeit als kritisch zu bewerten sind. In Variante 4.3 sind dagegen 10 Knotenpunkte kritisch einzustufen, wohingegen die prägnanten Streckenabschnitte um wenige Prozentpunkte geringer ausgelastet sind. Auch im Analysefall sind 7 Knotenpunkte am Rande der Leistungsfähigkeitsgrenze, da die Auslastungsgrade auf den Ringstraßen über 100 % liegen. Einzig am Graf-von-Galen-Ring liegt der Auslastungsgrad unter 100 %. Bei einer Umsetzung der Variante 3 oder 4.3 wird nur am Graf-von-Galen-Ring eine deutlich höhere Auslastung im Vergleich zum Analysefall erreicht.

Im Hinblick auf die **Kosten** schneidet Variante 4.3 im Uhrzeigersinn deutlich schlechter als Variante 3 gegen den Uhrzeigersinn ab, da bei einer Führung im Uhrzeigersinn der Neubau der baufälligen und derzeit gesperrten „Arbeitsamtrampe“ notwendig wird.

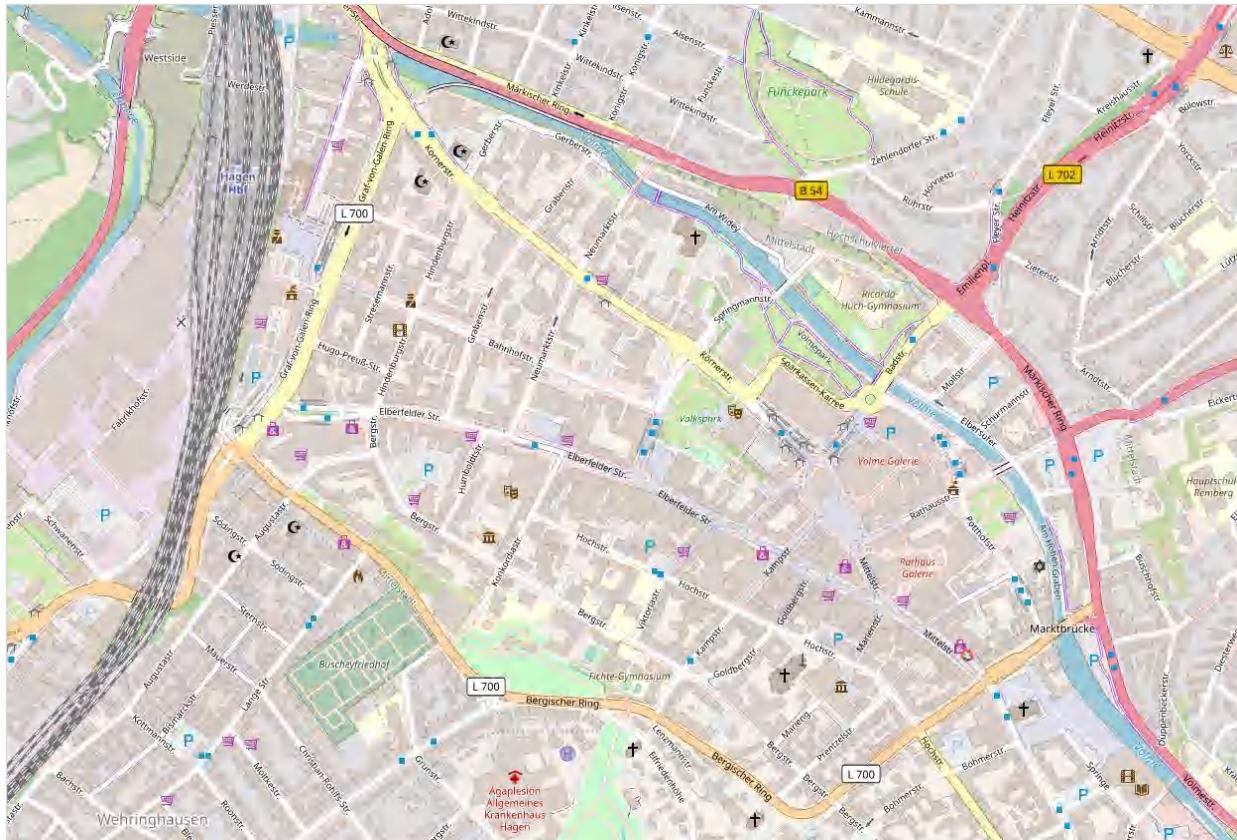
Aachen, den 19.04.2021

DTV-Verkehrsconsult GmbH



Dr.-Ing. Hartmut Ziegler

Machbarkeitsstudie für einen Einbahn-straßenring in Hagen



(Quelle: openstreetmap.de)

Auftraggeber:
 Stadtverwaltung Hagen

Bearbeitung:

Dr.-Ing. Hartmut Ziegler
 Aleksandra Pušica, M.Sc.
 Emanuel von Heel, M.Sc.

DTV-Verkehrsconsult GmbH, Aachen

in Zusammenarbeit mit

Dipl.-Wirt.-Ing. Maximilian Rohs
 Dipl.-Kff. Eva Maria Klarenbach
 Gabriel Flore, M.Sc. M.Sc.

PricewaterhouseCoopers GmbH WPG, Düsseldorf

Projektnummer 65-0090

Stand: 19. April 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	2
2	Randbedingungen und Auswirkungen	2
2.1	Radverkehr	2
2.2	Busverkehr	2
2.3	MIV	2
2.4	Verfügbarer Straßenraum	3
3	Ausführungsvarianten	3
3.1	Konzeption	3
3.2	Verkehrsmodellierung der Ausführungsvarianten	6
4	Emissionswirkung	8
5	Kostenberechnung	9
6	Bewertung	9

1 Ausgangslage

Die aktuelle Mobilitätssituation in Hagen ist vor allem durch den motorisierten Individualverkehr (MIV) geprägt. Entsprechend ist die Nutzung umweltfreundlicher Verkehrsmittel ausbaufähig. Nur bei etwa jedem fünften zurückgelegten Weg wird das Fahrrad oder ein öffentliches Verkehrsmittel gewählt.¹ Infolge stetig steigender Verkehrsmengen im Kraftfahrzeugverkehr sowie den damit verbundenen Luftschadstoff- und Umweltbelastungen ist allerdings ein Umdenken bezüglich des Mobilitätsverhaltens dringend erforderlich. Vor diesem Hintergrund erwägt die Stadt Hagen, den Innenstadtring als Einbahnstraßensystem umzubauen. Bereits im Jahr 2006 wurden verschiedene Varianten des Einbahnstraßensystems untersucht. Nach Fertigstellung der Bahnhofshinterfahrung mit der verkehrlichen Entlastung des Graf-von-Galen-Rings werden die verkehrlichen Möglichkeiten und Auswirkungen erneut untersucht.

Zunächst erfolgt dazu eine Auswahl verschiedener Ausführungsvarianten des Einbahnstraßensystems und anschließend die Bewertung der Varianten im Hinblick auf Verkehrsbelastungen, Umweltwirkungen und Kosten.

2 Randbedingungen und Auswirkungen

Derzeit ist der Innenstadtring durch viele konkurrierende Ansprüche zwischen MIV, Bus und Radverkehr geprägt. Es sind daher nur Konzepte geeignet, die auch weiterhin die Anforderungen der verschiedenen Verkehrssysteme erfüllen. Zusätzlich ist zu beachten, dass die sogenannte „Arbeitsamtrappe“ (Brücke, die als Verbindung zwischen Kreuzung Graf-von-Galen-Ring / Körnerstraße und Märkischer Ring dient) aufgrund von Baufälligkeit gesperrt ist. Da ohne diese Verbindung ein Einbahnstraßensystem im Uhrzeigersinn nicht möglich ist, wird angenommen, dass diese Verbindung wieder hergestellt wird.

2.1 Radverkehr

Für das Radwegenetz besteht ein Radverkehrskonzept der Stadt Hagen. Entlang des Innenstadtrings verlaufen Radrouten nur auf dem Märkischen Ring vom Kreuzungsbereich der Zehlendorfer Straße bis hin zum Knotenpunkt der Badstraße / Heinitzstraße. Da der Ring aber als Zuführung zu der Radhauptroute, dem regionalen Radwegenetz, den Nebenroutennetz sowie dem Freizeitnetz dient, ist seine Berücksichtigung zwingend erforderlich.

2.2 Busverkehr

Neben dem Radverkehr trägt auch der öffentliche Verkehr zu einer sozial sowie ökologisch verträglichen Mobilität bei. Dementsprechend ist der Erhalt und der Ausbau des Liniennetzes zu einem dichten Taktangebot, zum Beispiel durch eigene Busspuren beziehungsweise Umweltpuren (Bus und Rad) zu Lasten von Fahrspuren des Kfz-Verkehrs zu beschleunigen. Um die aktuellen Fahrzeiten (mindestens) zu erhalten, ist eine Übertragung des Ein-Richtungs-Systems auf den ÖPNV nicht zielführend.

2.3 MIV

Es ist davon auszugehen, dass großenordnungsmäßig die gleichen Kfz-Verkehrsmengen wie bisher auch über ein Einbahnstraßensystem abzuwickeln sind. Daher sind nur ausreichend leistungsfähige Lösungen geeignet.

¹ PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft unter Mitarbeit von Müller-BBM GmbH und DTV-Verkehrsconsult GmbH: Masterplan „Nachhaltige Mobilität“, 2018

2.4 Verfügbarer Straßenraum

Für die Planungen stehen nur die heute schon genutzten Verkehrsflächen zur Verfügung. Es befinden sich mehr als 30 Einmündungen und Kreuzungen auf dem Ring. Bei der Planung sind notwendige Anpassungen z.B. durch Umbau, Einrichtung von Abbiegeverboten und Änderung des Parkleitsystems zu ermitteln.

Überwiegend stehen derzeit mindestens vier Fahrstreifen inklusive Busspuren im Querschnitt auf dem Innenstadtring je Streckenabschnitt zur Verfügung. Ausnahmen bilden hierbei die L 700 sowie die B 54 im Nordwesten.

3 Ausführungsvarianten

3.1 Konzeption

Die Varianten eines Einbahnstraßenrings unterscheiden sich hinsichtlich

- der Anzahl der MIV-Fahrstreifen
- der Fahrtrichtung der Einbahnregelung
- einer Einbeziehung der Bahnhofshinterfahrt

Es werden verschiedene Varianten eines Einbahnstraßenrings unter Berücksichtigung der Randbedingungen analysiert (siehe Abbildung 1 bis 4). In jeder Variante entfallen Fahrstreifen für den Kfz-Verkehr zur Senkung der Luftschaustoff- und Lärmbelastungen. Die neu gewonnenen Verkehrsflächen können zukünftig für Belange des ÖPNV, Radverkehrs, ruhenden Verkehrs sowie für weitere Umfeldnutzungen eingesetzt werden.

Variante 1 – Minimallösung im Uhrzeigersinn

Als Minimum der erforderlichen Fahrstreifenanzahl für den MIV sind mindestens zwei Fahrstreifen im Uhrzeigersinn erforderlich. In den Knotenpunkten können zusätzliche Fahrstreifen erforderlich sein. Für den ÖPNV werden überall dort Busspuren vorgesehen, wo derzeit Busse geführt werden. Für den Radverkehr wird benötigte Infrastruktur auf Grundlage des Radverkehrskonzeptes der Stadt Hagen am Graf-von-Galen-Ring und für das geplante Freizeitnetz berücksichtigt.

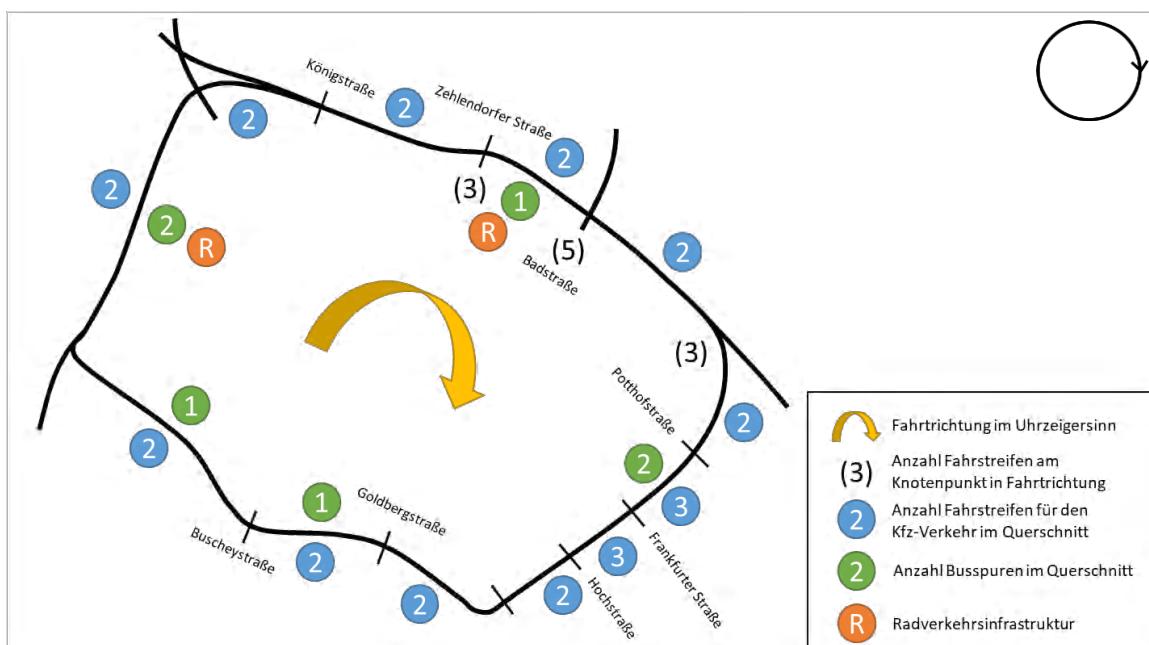


Abbildung 1: Variante 1 - Minimalvariante mit Fahrtrichtung im Uhrzeigersinn

Variante 2 – Maximallösung im Uhrzeigersinn

Maximal sind vier Fahrstreifen für den MIV möglich. Auch hier sind ggf. in den Knotenpunkten zusätzliche Fahrstreifen erforderlich. Die bereits in der Minimallösung berücksichtigten Flächen für Radinfrastruktur sowie Busspuren werden auch für die Maximalvariante übernommen.

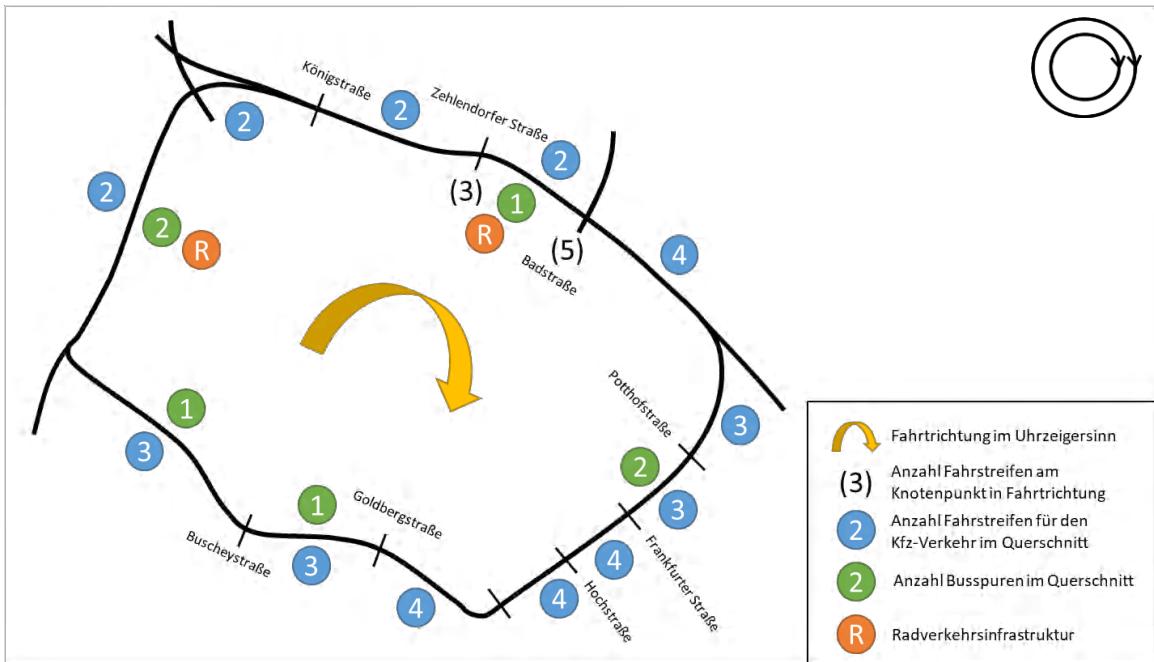


Abbildung 2: Variante 2 - Maximalvariante mit Fahrtrichtung im Uhrzeigersinn

Variante 3 – „Erweiterter“ Einbahnstraßenring gegen den Uhrzeigersinn

In der dritten Variante wird ein „erweiterter“ Einbahnstraßenring unter Einbeziehung der Bahnhofshinterfahrung untersucht. Die Fahrtrichtung erfolgt gegen den Uhrzeigersinn, da sich dadurch die Fahrzeit über den Graf-von-Galen-Ring erhöht, was die Nutzung der Bahnhofshinterfahrung attraktiver macht.

Aufgrund der Einbahnrichtung bleibt bei dieser Variante die „Arbeitsamtrampe“ gesperrt. Die Bahnhofshinterfahrung und der Graf-von-Galen-Ring sind in beiden Richtungen befahrbar. Die Anzahl der Fahrstreifen für den Kfz-Verkehr beruht auf der Maximallösung gegen den Uhrzeigersinn.

Der ÖPNV soll weiterhin nur auf dem Innenstadtring fließen. Für den Radverkehr steht an der Bahnhofshinterfahrung ein einseitiger Radweg zur Verfügung. Rad- und ÖPNV-Führung sind auf dem Innenstadtring mit den vorstehenden Varianten fast gleich. Nur auf dem Märkischen Ring wird zusätzlich eine Busspur ab der Rathausstraße vorgesehen.

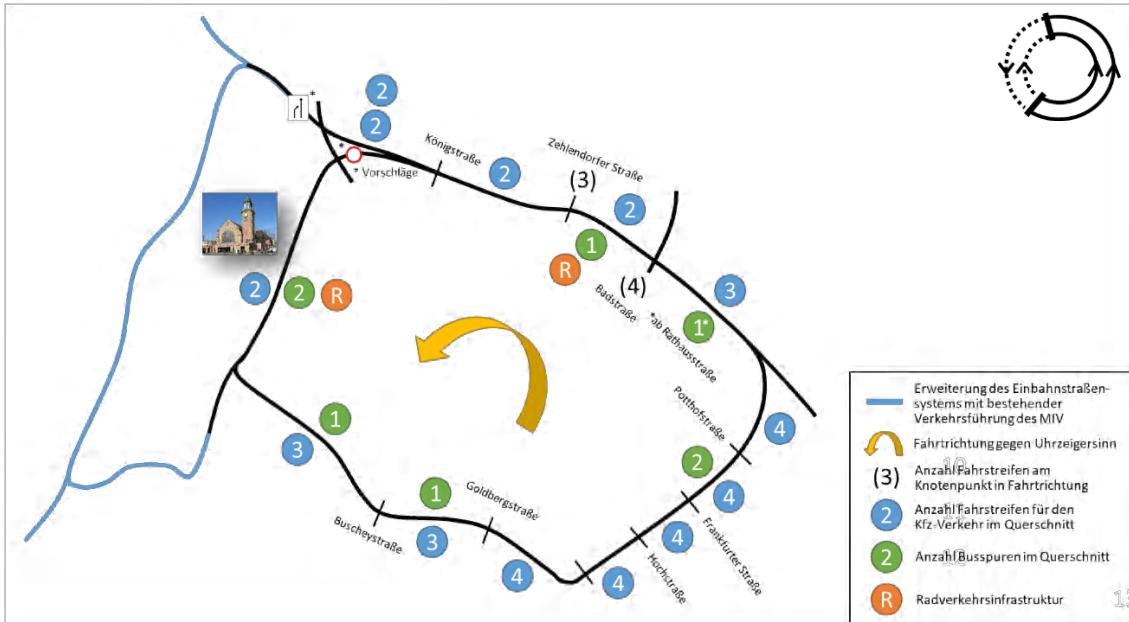


Abbildung 3: Variante 3 - Erweiterter Einbahnstraßenring gegen den Uhrzeigersinn

Die Varianten werden hinsichtlich der nachfolgend genannten Kriterien bewertet:

Prüfkriterien im Bereich „Verkehr“

- Belastung auf dem Innenstadtring,
- Belastung innerhalb des Innenstadtrings,
- Belastung im großräumigen Stadtgebiet,
- Durchschnittliche Reiseweite (MIV),
- Durchschnittliche Reisezeit (MIV) und
- Erreichbarkeit (Attraktivität) der Innenstadt für Pkw-Nutzer,

Prüfkriterien im Bereich „Umwelt“

- Verkehrsbelastung der Ringabschnitte und
- Stauanfälligkeit der Ringabschnitte

Alle Varianten sind mit entsprechenden Anpassungen grundsätzlich auch in der Gegenrichtung möglich. Die beste der Varianten wird daher auch in Gegenrichtung untersucht.

Dem Ergebnis vorgreifend wurde *Variante 3 – „Erweiterter“ Einbahnstraßenring* als Vorzugsvariante ermittelt und wurde daher als Variante 4.3 - „Erweiterter“ Einbahnstraßenring auch **im Uhrzeigersinn** untersucht. Bei diesen beiden Varianten erfolgte weiterhin eine Bewertung der Emissions- und Kostenwirkung, die in Abschnitt 4 bzw. Abschnitt 5 beschrieben sind. Aufgrund der entgegengesetzten Einbahnstraßenrichtungen in den beiden Ausführungsvarianten kann über den Aufwand und die Emissionswirkungen eine Vorzugsvariante bzw. die Fahrtrichtung ausgewählt werden.

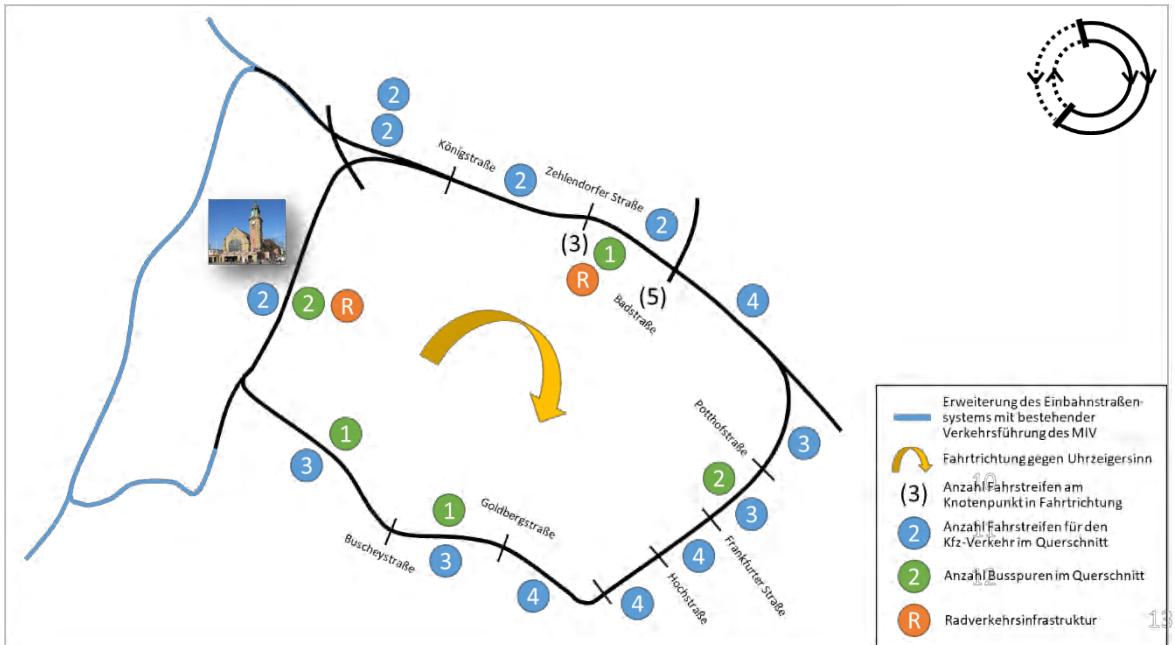


Abbildung 4: Variante 4.3 - Erweiterter Einbahnstraßenring im Uhrzeigersinn

3.2 Verkehrsmodellierung der Ausführungsvarianten

Um die Varianten hinsichtlich der genannten Prüfkriterien im Bereich Verkehr und Umwelt zu untersuchen, wurden die Ausführungsvarianten modelliert. Nachfolgend werden die Ergebnisse der Verkehrsmodellierung je Ausführungsvariante (gerundet) dargestellt.

<i>Verkehrsstärken des Ringes</i>	Analysefall: 16.000 bis 34.500 Kfz/24h im Querschnitt Variante 1: 12.000 bis 26.000 Kfz/24h im Querschnitt Variante 2: 13.000 bis 29.000 Kfz/24h im Querschnitt Variante 3: 14.000 bis 28.000 Kfz/24h im Querschnitt Variante 4.3: 12.500 bis 26.500 Kfz/24h im Querschnitt
<i>Verkehrsbelastung der Straßen innerhalb des Ringes</i>	Analysefall: 500 bis 15.500 Kfz/24h im Querschnitt Variante 1: 500 bis 20.500 Kfz/24h im Querschnitt Variante 2: 500 bis 19.500 Kfz/24h im Querschnitt Variante 3: 500 bis 21.000 Kfz/24h im Querschnitt Variante 4.3: 500 bis 22.000 Kfz/24h im Querschnitt
<i>Rückgang der Verkehre auf dem Ring</i>	Variante 1: bis zu 10.000 Kfz/d im Querschnitt Variante 2: bis zu 8.000 Kfz/d im Querschnitt Variante 3: bis zu 10.000 Kfz/d im Querschnitt Variante 4.3: bis zu 9.000 Kfz/d im Querschnitt

Tabelle 1: Verkehrsbelastung der Streckenabschnitte

<i>Stauanfälligkeit/Streckenauslastung auf dem Märkischen Ring</i>	Analysefall: 90 bis 150 % Variante 1: 130 bis 140 % Variante 2: 120 bis 130 % Variante 3: 110 bis 130 % Variante 4.3: 110 bis 125 %
<i>Stauanfälligkeit/Streckenauslastung auf dem Bergischen Ring</i>	Analysefall: 125 bis 142 % Variante 1: 130 bis 140 %, abschnittsweise auch höher Variante 2: 100 bis 120 % Variante 3: 100 bis 120 % Variante 4.3: 95 bis 110 %
<i>Stauanfälligkeit/Streckenauslastung auf dem Graf-von-Galen Ring</i>	Analysefall: 78 bis 85 % Variante 1: 130 % Variante 2: 130 % Variante 3: <i>Nord-Süd-Richtung:</i> 160 bis 180 % <i>Süd-Nord-Richtung:</i> 60 bis 80 % Variante 4.3: <i>Nord-Süd-Richtung:</i> 30 bis 35 % <i>Süd-Nord-Richtung:</i> 150 bis 215 %

Tabelle 2: Stauanfälligkeit/Streckenauslastung

<i>Anzahl der Knotenpunkte an der Kapazitätsgrenze im Analysefall</i>	7
<i>Anzahl der Knotenpunkte an der Kapazitätsgrenze in den Ausführungsvarianten</i>	Variante 1: 7 Variante 2: 14 Variante 3: 8 Variante 4.3: 10

Tabelle 3: Knotenpunkte an der Kapazitätsgrenze

<i>MIV-Reiseweiten im Analysefall</i>	6,9 km
<i>MIV-Reiseweiten in den Planfällen</i>	ca. 8,6 km

Tabelle 4: MIV-Reiseweiten

<i>Durchschnittliche Reisezeit im Analysefall</i>	9,4 min
<i>Durchschnittliche Reisezeit in den Planfällen</i>	17-18 min

Tabelle 5: Durchschnittliche Reisezeit

<i>Attraktivität der Innenstadt</i>	... wird wegen der nicht mehr direkten Erreichbarkeit und der schlechteren Erlebbarkeit infolge der höheren Verkehrsbelastungen negativ bewertet.
<i>Attraktivität des ÖPNVs</i>	... nimmt weder ab noch zu, da die Linienführung nicht verändert wird.
<i>Attraktivität des Radverkehrs</i>	... steigt, da das Radverkehrskonzept der Stadt Hagen berücksichtigt wird.

Tabelle 6: Attraktivität der Innenstadt und umweltfreundlicher Verkehrsmittel

4 Emissionswirkung

Für die verkehrlich gesehene Vorzugsvariante Variante 3 (erweiterter Ring **entgegen** des Uhrzeigersinnes) und die gegenläufige Variante 4.3 (erweiterter Ring **im** Uhrzeigersinn) wurden die Auswirkungen auf die NO_x und CO₂-Emissionen abgeschätzt. Hierzu wurden die verkehrlichen Änderungen auf den Ringen, im Innenstadtbereich sowie im gesamten modellierten Gebiet betrachtet (siehe Tabelle 7).

Variante	Status quo			V3			V4.3		
	Kfz	Pkw	SV	Kfz	Pkw	SV	Kfz	Pkw	SV
jährliche Fahrleistung in tsd. Fzg.-km									
Fahrleistung auf den Ringen	34.644	30.947	3.697	31.352	28.137	3.215	28.333	25.357	2.976
Fahrleistung im Innenstadtbereich	5.082	4.910	172	7.278	6.924	354	7.604	7.305	299
Summe Ringe und Innenstadtbereich	39.726	35.857	3.868	38.630	35.061	3.569	35.937	32.662	3.275
Emissionen in t/a	Kfz	Pkw	SV	Kfz	Pkw	SV	Kfz	Pkw	SV
Emissionen auf den Ringen NO _x	14	9	5	12	8	5	11	7	4
Emissionen auf den Ringen CO ₂	7.887	5.355	2.532	7.071	4.869	2.202	6.426	4.388	2.038
Emissionen im Innenstadtbereich NO _x	2	1	0	2	2	1	2	2	0
Emissionen im Innenstadtbereich CO ₂	967	850	118	1.441	1.198	243	1.469	1.264	205
Summe Emissionen Ringe und Innenstadtbereich NO _x	15	10	5	15	10	5	14	9	5
Summe Emissionen Ringe und Innenstadtbereich CO ₂	8.855	6.205	2.650	8.512	6.067	2.445	7.895	5.652	2.243

Tabelle 7: Fahrleistungen und Emissionen im Vergleich

Durch die Einbahnstraßenführung verlagert sich ein Teil des MIV von den Ringen in den Innenstadtbereich. Aufgrund dessen kommt es auf den Ringen zu einer Verringerung der Verkehrs- und Emissionsbelastung, wohingegen sie im Innenstadtbereich ansteigt. Die Ausprägung der Verlagerungseffekte in den beiden Varianten ist unterschiedlich stark. In der Variante 4.3 im Uhrzeigersinn wird eine stärkere Entlastung der Ringe gegenüber Variante 3 erzielt, was zu einer vergleichsweise höheren Belastung des Innenstadtbereichs führt.

Aus Umweltsicht lässt sich feststellen, dass sich der Einbahnstraßenring positiv auf die lokalen NO_x-Emissionen und damit auf die lokale Luftqualität auf den Ringen auswirkt. Dies ist besonders vor dem Hintergrund der bisherigen beiden stark belasteten Hotspots *Märkischer Ring* und *Graf-von-Galen-Ring* wichtig. An beiden Stellen sind Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität notwendig, um zukünftig die Luftschatzstoffgrenzwerte einzuhalten. Positiv zu bewerten ist daher, dass die NO_x-Emissionen an den besonders belasteten Stellen sinken. In der Gesamtbetrachtung führt die Maßnahme durch die Verlagerungseffekte im restlichen Stadtgebiet jedoch zu einem größeren Verkehrsaufkommen, verbunden mit höheren NO_x- und CO₂-Emissionen und damit einer Verschlechterung der Luftqualität. Insbesondere die Auswirkungen auf die global zu betrachtenden CO₂-Emissionen sind daher negativ zu bewerten.

5 Kostenberechnung

Für die Variante 3 und die Variante 4.3 wurden die notwendigen Änderungen im Straßenraum zur Umsetzung eines Einbahnstraßenrings in Hagen grob ermittelt, um deren Kostenwirkungen abzuschätzen. Insgesamt muss an 36 Knotenpunkten eine Umgestaltung erfolgen.

Folgende Maßnahmen wurden bei der Kostenberechnung berücksichtigt:

- Fahrbahnmarkierung,
- Umprogrammierung der Lichtsignalanlagen,
- Neue Lichtsignalanlagen,
- Verkehrsführung/-regelung während der Bauzeit,
- Baustelleneinrichtung,
- Parkleitsystem,
- Beschilderung (StVO-Schilder und Vorwegweiser),
- ÖPNV-Beeinflussungsanlagen,
- Neubau / Umbau Verkehrsinseln,
- Rückbau Verkehrsinseln,
- Neue Fahrbahndecke,
- Neue Fuß- und Radwege,
- Änderungen am LKW-Routensystem,
- Neubau der Arbeitsamtrampe,
- Projektmanagement und externe Gutachten.

Als kostenintensivste Maßnahmen wurden die Umbauarbeiten an den und im Umfeld der Knotenpunkte angenommen. Die Ummarkierung auf den Streckenabschnitten dazwischen wurde als Kostenfaktor vernachlässigt.

Nach ersten groben Schätzungen liegen die Kosten der beschriebenen Maßnahmen bei Variante 3 bei ca. 5,1 Mio. € und bei Variante 4.3 bei ca. 6,5 Mio. €. Die Gesamtkosten der Variante 4.3 liegen deutlich über denen der Variante 3, da für die Umsetzung der Variante 4.3 der Neubau der derzeit gesperrten Arbeitsamtsrampe notwendig ist, für den geschätzte Kosten in Höhe von 1,5 Mio. € angesetzt wurden.

6 Bewertung

Basierend auf den untersuchten Prüfkriterien im Bereich „Verkehr“, „Umwelt“ und „Aufwand“ wurden die Bewertungsergebnisse in Tabelle 8 zusammengefasst. Damit ist ein Vergleich aller untersuchten Varianten möglich.



Prüfkriterium	Minimalvariante im UZS	Maximalvariante im UZS	Erweiterter Ring gegen UZS	Erweiterter Ring im UZS
Umwelt				
1 Verkehrsbelastung (Märkischer Ring, Graf-von-Galen-Ring, Bergischer Ring)	++	+	++	++
2 Stauanfälligkeit Märkischer Ring	-	-	-	-
3 Stauanfälligkeit Graf-von Galen-Ring	-	-	-	-
4 Stauanfälligkeit Bergischer Ring	-	+	-	-
Verkehr				
1 Ringbelastung gesamt	-	-	-	-
2 Belastung Straßen innerhalb des Ringes	-	-	-	-
3 Belastung Stadtgebiet	-	-	-	-
4 Durchschnittliche Reiseweite MIV	-	-	-	-
5 Durchschnittliche Reisezeit MIV	-	-	-	-
6 Innenstadtattraktivität für IV-Nutzer	-	-	-	-
7 Attraktivität ÖPNV	o	o	o	+
8 Attraktivität Radverkehr	+	+	+	+
Aufwand				
1 Baulicher Aufwand	-	-	-	-
2 Kosten	-	-	-	-
3 Flächenausnutzung	-	-	-	+

Mit: ++ → besonders positive Wirkung, + → positive Wirkung, o → neutrale Wirkung, - → negative Wirkung, -- → besonders negative Wirkung

Tabelle 8: Bewertungstabelle

Aachen, den 19.04.2021

DTV-Verkehrsconsult GmbH



Dr.-Ing. Hartmut Ziegler