



HafenCity Hamburg GmbH

**Aktualisierte Wirtschaftlichkeits-
untersuchung für die geplante
Großmarktbrücke in Hamburg**

Bearbeitung

[Redacted]
[Redacted]

Aachen, im September 2018

[Redacted]

[Redacted]
[Redacted]

Inhalt

1 Aufgabenstellung	3
2 Vorgehensweise und Grundlagen	4
3 Festlegung und Typisierung des Untersuchungsnetzes	5
4 Ableitung der maßgebenden Verkehrsstärken	8
5 Ermittlung des Nutzens	9
5.1 Veränderung der Fahrtzeiten im Kfz-Verkehr	10
5.2 Veränderung der Betriebskosten im Kfz-Verkehr	11
5.2.1 Fahrleistungsabhängige Betriebskosten	11
5.2.2 Geschwindigkeitsabhängige Betriebskosten	12
5.2.3 Betriebskosten insgesamt	14
5.3 Veränderung des Unfallgeschehens	14
5.4 Veränderung der Umweltbelastung	15
5.5 Veränderung der Trennwirkung von Fahrbahnen	17
5.6 Veränderung der Flächenverfügbarkeit	18
5.7 Veränderung der laufenden Kosten	18
5.8 Gesamtnutzen	20
6 Ermittlung der Kosten	21
7 Bestimmung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses	27
8 Zusammenfassung	28
Literatur/Quellen	29
Anlagen	

1 Aufgabenstellung

Die HafenCity ist eines der größten städtebaulichen Vorhaben in Hamburg. In der Verkehrsuntersuchung zum „Stadttor Hamburg Süd-Ost“ aus dem Jahr 2003 wurde eine weitere Brückenverbindung im Norden als notwendige Ergänzung des Straßennetzes empfohlen und die Entwicklung des südöstlichen Korridors unter Berücksichtigung dieser Brückenverbindung im Masterplan für die Elbbrücken festgeschrieben. Die Anbindung der östlichen HafenCity soll demnach durch eine neue Brücke zwischen der Versmannstraße und der Amsinckstraße in Höhe des Großmarkts – die so genannte Großmarktbrücke – verbessert werden.

Im Jahr 2012 wurde für die geplante Großmarktbrücke von der BSV Büro für Stadt- und Verkehrsplanung Dr.-Ing. Reinhold Baier GmbH im Auftrag des Amtes für Verkehr und Straßenwesen der Freien und Hansestadt Hamburg eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung in Form einer Nutzen-Kosten-Analyse für das Prognosejahr 2030 durchgeführt. Ziel war die volkswirtschaftliche Beurteilung, mit der über die rein betriebswirtschaftliche Investitionsrechnung hinaus auch die „gesellschaftlichen“ Auswirkungen der Maßnahme berücksichtigt werden sollten. Dazu wurde der volkswirtschaftlich relevante Nutzen der Großmarktbrücke den für die Realisierung dieser Maßnahme erforderlichen Kosten gegenübergestellt und das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) als Quotient aus dem der Maßnahme zurechenbaren Nutzen und den für ihre Realisierung erforderlichen Kosten bestimmt.

Diese Nutzen-Kosten-Analyse erfolgte methodisch nach den „Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen“ (EWS) aus dem Jahre 1997, teilweise wurden jedoch aktuellere Verfahrensansätze angewendet. Dies bezog sich insbesondere auf die Ermittlung des Mengengerüsts einzelner Nutzenkomponenten (z. B. für Fahrtzeiten und Luftschadstoffbelastungen). Hier wurde auf die zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Erkenntnisse aus der – auftragnehmerseitig unter der Federführung der BSV Büro für Stadt- und Verkehrsplanung Dr.-Ing. Reinhold Baier GmbH – im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (jetzt: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) Erarbeitung neuer „Richtlinien für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen“ (RWS) mit Aktualisierung der Nutzen- und Kostenkomponenten zurückgegriffen (die neuen RWS sollen zukünftig die bisher zur Bewertung von Straßenbaumaßnahmen verwendeten EWS ersetzen).

In der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von 2012 wurden alle Nutzen- und Kostenkomponenten der EWS berücksichtigt. Die Bewertung erfolgte dabei mit Hilfe von festgelegten Wertansätzen zum Preisstand 2008.

Ursprünglich war vorgesehen, darüber hinaus weitere, speziell auf den Untersuchungsfall abgestimmte Komponenten heranzuziehen. Die zu erwartenden Wirkungen für den ÖPNV, den Rad- und Fußgängerverkehr konnten jedoch nur qualitativ betrachtet werden.

Das in der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von 2012 ermittelte Nutzen-Kosten-Verhältnis betrug lediglich 0,85. Somit wurde die Realisierung der Großmarktbrücke trotz des insgesamt positiven Nutzens auf Grund der gegenüber dem Nutzen höheren Kosten als volkswirtschaftlich nicht sinnvoll beurteilt.

Inzwischen ist von anderen strukturellen Randbedingungen auszugehen, da eine deutliche Verdichtung der städtebaulichen Nutzungen in der HafenCity vorgesehen ist. In diesem Zusammenhang ist auch die geplante städtebauliche Entwicklung in Rothenburgsort zu sehen. Zudem liegt eine neue Planung der Großmarktbrücke vor, für die vom Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer eine neue Kostenermittlung erstellt wurde.

Vor diesem Hintergrund war eine Aktualisierung der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung mit einer Nutzen-Kosten-Analyse zur geplanten Großmarktbrücke erforderlich.

2 Vorgehensweise und Grundlagen

Die neue Nutzen-Kosten-Analyse wird gemäß den inzwischen im Entwurf vorliegenden RWS durchgeführt. Für die im Hinblick auf das Ergebnis wesentlich maßgebenden Nutzenkomponenten wurden die Standardverfahren der RWS angewendet. Für einzelne Komponenten ist es dabei auf Grund der geringen Veränderungen zwischen Plan- und Bezugsfall ausreichend, die Mengengerüste überschlägig zu ermitteln; hierzu werden alternative Verfahren herangezogen. Sofern in den nachfolgenden Ausführungen zu den einzelnen Bearbeitungsschritten in Ziffer 3 bis Ziffer 7 keine anderweitigen Quellen angegeben sind, basieren diese methodisch auf den Verfahren der RWS. Die Fälle, in denen zur Nutzenermittlung alternative Verfahren herangezogen werden, sind in Ziffer 5 explizit benannt.

Bei dem Nutzen und den einzubeziehenden Kosten handelt es sich um diejenigen Effekte, die sich durch die Großmarktbrücke (Planfall) im Vergleich zur Nichtrealisierung der Maßnahme (Bezugsfall) ergeben. Berücksichtigt wird ausschließlich der Nutzen aus quantitativ erfassbaren und monetarisierbaren Effekten.

Als volkswirtschaftlicher Nutzen werden die Auswirkungen der geplanten Großmarktbrücke auf den Verkehrsablauf im Kfz-Verkehr (Veränderungen der Fahrtzeiten und der Betriebskosten), auf die Verkehrssicherheit (Veränderung des Unfallgeschehens) und Veränderungen der Umweltbelastung (verkehrsbedingte Lärm-, Schadstoff- und Klimabelastungen) sowie auf die Qualität des Fußgängerverkehrs (Veränderung der Trennwirkung von Fahrbahnen für Querungen und der für Fußgänger verfügbaren Flächen) berücksichtigt. Ebenfalls berücksichtigt werden die Auswirkungen auf den Straßenbetriebsdienst für Maßnahmen zur betrieblichen Erhaltung der Anlagen sowie auf weitere Betriebskosten zur Lenkung und Sicherung des Verkehrs.

Die Bewertung erfolgt dabei mit Hilfe von festgelegten Wertansätzen zum Preisstand 2012. Ausgenommen hiervon sind die Kraftstoffkosten zur Bewertung der Betriebskosten im Kfz-Verkehr, für die prognostizierte Preise für das Jahr 2030 angesetzt werden.

Als Kosten wurden die infolge der Maßnahme anfallenden Investitionskosten (Kosten des Straßenbaulastträgers) berücksichtigt. Diese werden ebenfalls auf den Preisstand 2012 bezogen.

Voraussetzung für die Durchführung der Nutzen-Kosten-Analyse ist eine Verkehrsprognose für den Planfall mit Großmarktbrücke und für den Bezugsfall, in dem alle sonstigen zum Zeitpunkt der Verkehrsprognose (2030) fertiggestellten Infrastrukturmaßnahmen außer der zu bewertenden Großmarktbrücke berücksichtigt sind. In beiden Fällen müssen die bis zum Jahr 2030 erwarteten siedlungs- und bevölkerungsstrukturellen sowie mobilitätsbezogenen Entwicklungen enthalten sein.

Die Verkehrsprognose für Plan- und Bezugsfall dient zum einen als Grundlage für die Festlegung des Untersuchungsnetzes. Zum anderen ist sie insbesondere die Grundlage zur Ermittlung der verkehrsstärkeabhängigen Mengengerüste der Nutzenkomponenten (wie beispielsweise den Fahrtzeiten im Kfz-Verkehr).

Das zu Grunde gelegte Straßennetz mit Verkehrsbelastungsdaten entstammt dem „Verkehrsmodell Großmarktbrücke und Rothenburgort“ (Verkehrsprognose 2030) von ARGUS Stadt- und Verkehrsplanung. Die daraus verfügbaren Daten sind u. a. abschnittsbezogene Angaben zu Fahrstreifenanzahl je Richtung und richtungsbezogene Angaben zum DTV_{W5} (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke an einem Werktag von Montag bis Freitag außerhalb der Ferienzeiten) für den Kfz-Verkehr insgesamt sowie gesondert für den Schwerverkehr.

Die Nutzen-Kosten-Analyse erfolgt für die Verkehrsprognose 2030 mit einer städtebaulichen Entwicklung im Hafen (Entwicklung im Bereich Kleiner Grasbrook). Für den Bezugsfall ohne Großmarktbrücke wird aus der Verkehrsprognose 2030 der Prognose-0-Fall P0.3 zu Grunde gelegt, für den Planfall mit Realisierung der Großmarktbrücke der Prognose-Fall P1.3.

3 Festlegung und Typisierung des Untersuchungsnetzes

In die Nutzen-Kosten-Analyse sind alle diejenigen Abschnitte des Straßennetzes einzubeziehen, bei denen sich die Verkehrsbelastungen im Plan- und Bezugsfall merklich unterscheiden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass eine zu enge räumliche Abgrenzung zu einer Fehleinschätzung des Nutzens führt, eine zu große Abgrenzung dagegen erhöht den Aufwand, ohne merkbar genauere Ergebnisse zu liefern.

Das Untersuchungsnetz muss im Planfall und im Bezugsfall dieselbe Netzabgrenzung haben, damit systematische Fehler vermieden werden. Außerdem muss das Untersuchungsnetz zusammenhängend sein.

Die Netzabgrenzung erfolgt anhand der Differenzen des DTV (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke aller Tage eines Jahres) im Planfall mit Großmarktbrücke gegenüber dem Bezugsfall ohne Großmarktbrücke. Hierzu erfolgt zunächst eine Umrechnung des aus der Verkehrsprognose 2030 vorliegenden DTV_{W5} mittels spezifischer Umrechnungsfaktoren (siehe hierzu auch Ziffer 4).

Im Untersuchungsnetz sollten alle Strecken berücksichtigt werden, bei denen die Differenzen zwischen richtungsbezogenem DTV im Bezugs- und Planfall mehr als 5 % des Bezugsfalls betragen, mindestens aber 100 Kfz/24 h in der betrachteten Fahrtrichtung. Es ist dann auch die Strecke der entgegengesetzten Fahrtrichtung einbeziehen, unabhängig von der Höhe der Differenz des DTV_{W5} zwischen Plan- und Bezugsfall auf dieser Strecke. Das sich aus dieser Anforderung ergebende Netz ist dann noch weiter anzupassen. Zum einen können vereinzelt am Rand des so abgegrenzten Netzes liegende Abschnitte unberücksichtigt bleiben, ebenso wie Straßen mit geringerer verkehrlicher Bedeutung, insbesondere Erschließungsstraßen. Zum anderen wird durch Einbeziehung einzelner Abschnitte mit geringeren Differenzen zwischen DTV im Bezugs- und Planfall ein zusammenhängendes Netz gebildet (Schließung von sich aus den genannten Grenzwerten der Differenzen im DTV ergebenden Lücken).

Des Weiteren werden alle Knotenpunkte, an denen die zuvor einbezogenen Strecken anschließen bzw. miteinander verknüpft werden, einbezogen. Dabei sind alle teilplanfreien und teilplangleichen Knotenpunkte (z. B. Anschlussstellen) jeweils vollständig zu berücksichtigen.

Unabhängig von den Differenzen des DTV sind grundsätzlich alle Netzelemente (Strecken und Knotenpunkte), bei denen sich im Plan- und Bezugsfall die Entwurfs- und Betriebsmerkmale wesentlich unterscheiden, einzubeziehen. Da hierzu keine Angaben vorliegen, werden keine zusätzlichen Strecken und Knotenpunkte einbezogen.

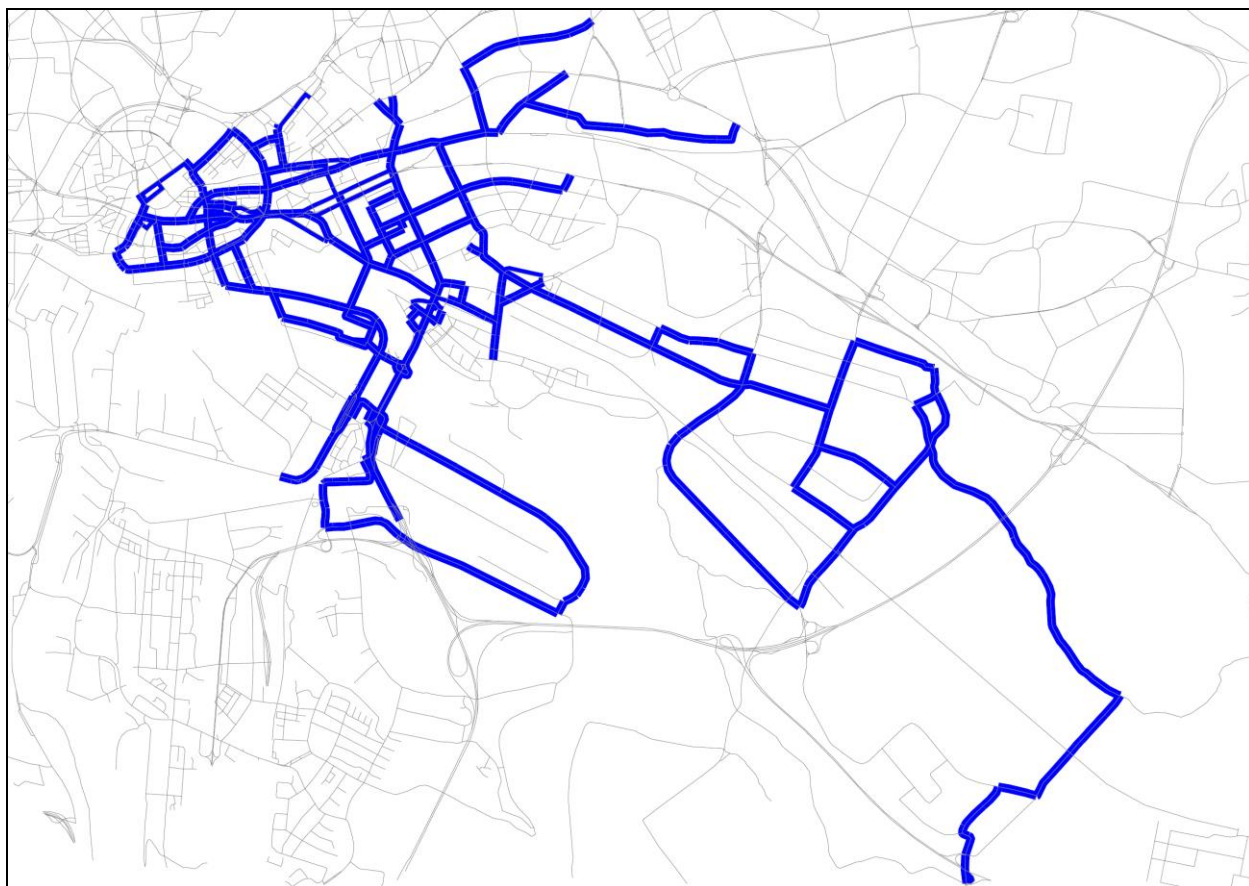


Bild 1: Untersuchungsnetz für die Nutzen-Kosten-Analyse

Das somit festgelegte Untersuchungsnetz ist in Bild 1 dargestellt. In Anlage 1 sind die Festlegungsschritte dokumentiert, in Anlage 2 sind die Veränderungen im DTV als Ab- und Zunahmen im Planfall gegenüber dem Bezugsfall dargestellt.

Das Untersuchungsnetz hat eine Länge von rund 80 km. Es ist damit deutlich größer als das in der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von 2012 betrachtete Netz, das eine Länge von rund 45 km hatte. Dies resultiert aus den hier in der Prognose zusätzlich berücksichtigten Entwicklungen im Hafen, die entsprechende verkehrliche Auswirkungen haben und zur einer Ausdehnung des Untersuchungsnetzes im östlichen Bereich führen. Das Untersuchungsnetz besteht, ausgenommen einem kurzen Teilstück der A 255 (Stadtautobahn), ausschließlich aus anbaufreien Hauptverkehrsstraßen im Vorfeld bzw. innerhalb bebauter Gebiete und angebauten Hauptverkehrsstraßen (Anlage 3).

Die wesentliche Grundlage für die Ermittlung der Mengengerüste für die einzelnen Nutzenkomponenten sind die in den RWS definierten Strecken- und Knotenpunkttypen. Dazu erfolgt für das festgelegte Untersuchungsnetz eine Abschnittseinteilung mit Typisierung der Strecken anhand der Straßenkategorien (hier: Autobahn, anbaufreie Hauptverkehrsstraßen im Vorfeld bzw. innerhalb bebauter Gebiete und angebaute Hauptverkehrsstraßen) sowie infrastruktureller und städtebaulicher Kriterien. Dies sind u. a. die Anzahl der Fahrstreifen in der betrachteten Richtung und die Art der Nutzung der angrenzenden Bebauung, differenziert nach Mischnutzung, überwiegend Wohnnutzung oder überwiegend gewerbliche Nutzung (Anlage 4).

Die Knotenpunkte im Untersuchungsnetz sind neben wenigen teilplanfreien und teilplangleichen Knotenpunkten (u. a. Anschlussstellen) überwiegend plangleiche Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage und plangleiche Knotenpunkte ohne Lichtsignalanlage (mit Verkehrszeichen vorfahrtgeregelt Einmündungen und Kreuzungen, Kreisverkehre). Insgesamt sind 248 Knotenpunkte berücksichtigt, 133 Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage und 115 Knotenpunkte ohne Lichtsignalanlage. Diese werden bei der Ermittlung der Fahrtzeiten im Kfz-Verkehr und bei der Betrachtung des Unfallgeschehens berücksichtigt. Damit werden deutlich mehr Knotenpunkte berücksichtigt als in der Untersuchung von 2012 (nur 57 Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage), zumal diese dort auch nur im Hinblick auf das Unfallgeschehen betrachtet wurden. Die umfassendere Einbeziehung der plangleichen Knotenpunkte resultiert aus der neuen Methodik der RWS.

Grundlage für die Zuordnung der definierten Strecken- und Knotenpunkttypen zu jedem Abschnitt im festgelegten Untersuchungsnetz bilden die bereits in der vorliegenden Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von 2012 erfolgte Typisierung für das damalige Untersuchungsnetz sowie vorliegende Angaben aus dem Netzmodell der Verkehrsprognose 2030 (u. a. Fahrstreifenanzahl und zulässige Höchstgeschwindigkeit). Die Zuordnung der Strecken- und Knotenpunkttypen in den hinzugekommenen Netzteilen basiert auf ergänzenden Luftbildanalysen (u. a. über das Transparenzportal Hamburg).

Den einzelnen Strecken- und Knotenpunkttypen sind jeweils Werte oder Funktionen zugeordnet, mit denen in Abhängigkeit der Ver-

kehrbelastung (DTV oder stündliche Kfz-Verkehrsstärke) das entsprechende Mengengerüst, beispielsweise die Fahrtzeiten über Verkehrsstärke-Geschwindigkeits-Beziehungen, ermittelt werden können. Da für innerörtliche Straßenabschnitte mit vier Fahrstreifen in einer Richtung keine Streckentypen in den RWS enthalten sind, werden hierfür die Streckentypen der EWS mit den zugehörigen Werten und Funktionen herangezogen.

4 Ableitung der maßgebenden Verkehrsstärken

Zur Ermittlung der Mengengerüste der einzelnen Nutzenkomponenten (ausgenommen der Veränderung der Flächenverfügbarkeit für Fußgänger) ist die Kenntnis der maßgebenden Kfz-Verkehrsstärken für alle Strecken und Knotenpunkte im Untersuchungsnetz erforderlich. Für einige Nutzenkomponenten (u. a. Veränderung der fahrleistungsabhängigen Betriebskosten im Kfz-Verkehr, Veränderung der Lärmbelastung ist der DTV maßgebend, für andere Nutzenkomponenten fahrtrichtungsbezogene stündliche Kfz-Verkehrsstärken (z. B. Veränderung der Fahrtzeiten und Veränderung des Kraftstoffverbrauchs im Kfz-Verkehr, Veränderungen der Luftschadstoffbelastung und der Klimabelastung).

Der DTV wird auf Basis vorliegenden Angaben zum fahrtrichtungsbezogenen DTV_{W5} aus der Verkehrsprognose abgeleitet. Diese Ableitung erfolgt getrennt für den Leichtverkehr und den Schwerverkehr. Der Leichtverkehr umfasst neben Pkw ohne und mit Anhänger auch Kräder und Lieferwagen, der Schwerverkehr neben Lkw ohne und mit Anhänger und Sattel-Kfz auch Busse. Die aus der Verkehrsprognose 2030 vorliegenden Angaben zum DTV_{W5} sind nach Pkw und Schwerverkehr differenziert. Für den gesamten Leichtverkehr werden näherungsweise die in der Verkehrsprognose 2030 ausgewiesenen Verkehrsstärken des Pkw-Verkehrs zu Grunde gelegt.

Zur Ermittlung stündlicher Kfz-Verkehrsstärken werden Jahreshanglinientypen und Tagesganglinientypen herangezogen. Damit werden die stündlichen fahrtrichtungsbezogenen Verkehrsstärken des Leicht- und des Schwerverkehrs für alle 8.760 Stunden im Verlauf eines Jahres bestimmt. Die Ganglinientypen für innerörtliche Straßen gelten dabei jeweils für den gesamten Kfz-Verkehr, d. h. für den Leicht- und Schwerverkehr werden, anders als auf Autobahnen (und auch auf Landstraßen, die hier im Untersuchungsnetz nicht vorkommen), keine unterschiedlichen Ganglinien zu Grunde gelegt.

Für innerörtliche Straßen wird nur ein Jahreswochenganglinientyp zu Grunde gelegt. Da jedoch der Verlauf der Tagesganglinien je nach Wochentag verschieden ist, werden vier Tagesgruppen unterschieden: Montag bis Donnerstag, Freitag, Samstag sowie Sonntag/Feiertag. Für die Gruppe von Montag bis Donnerstag werden drei Tagesganglinientypen zu Grunde gelegt (Typ I: ausgeprägte Morgenspitze, Typ II: ausgeprägte Nachmittagspitze, Typ III: zwei Spitzen), für Freitag zwei Tagesganglinientypen (nur Typ I und Typ II) und für Samstag sowie Sonntag/Feiertag jeweils nur ein Tagesganglinientyp.

Für diejenigen Netzteile, die bereits in die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von 2012 einbezogen waren, wird die bereits vorliegende Zuordnung der Tagesganglinientypen übernommen. In den neu hinzugekommenen Netzteilen wird den Strecken auf Grund fehlender Zählraten für Montag bis Donnerstag sowie für Freitag jeweils der Tagesganglinientyp mit zwei Spitzen (Typ III) zugeordnet. Die zugeordneten Tagesganglinientypen sind in Anlage 5 und Anlage 6 dargestellt.

Im Ergebnis ergeben sich mit der Jahreswochenganglinie und den Tagesganglinientypen ausgehend vom fahrtrichtungsbezogenen DTV für jede Strecke im Untersuchungsnetz die stündlichen Kfz-Verkehrsstärken der beiden Fahrzeuggruppen (Leicht- und Schwerverkehr) für alle 8.760 Stunden eines Jahres. Diese werden sowohl für den Planfall als auch den Bezugsfall ermittelt.

5 Ermittlung des Nutzens

Zur Ermittlung des Nutzens werden für den Bezugsfall ohne Großmarktbrücke und den Planfall mit Großmarktbrücke für jede Strecke und jeden Knotenpunkt im festgelegten Untersuchungsnetz die Mengengerüste aller Nutzenkomponenten berechnet. Aus der mit den festgelegten Kostensätzen monetarisierten Differenz der jeweiligen Mengen (Fahrzeiten, Kraftstoffverbrauch usw.) zwischen Bezugs- und Planfall ergibt sich der entsprechende Nutzen für die einzelne Komponente.

Betrachtet werden folgende Nutzenkomponenten:

- Veränderungen der Fahrzeiten im Kfz-Verkehr,
- Veränderungen der Betriebskosten im Kfz-Verkehr,
- Veränderungen des Unfallgeschehens,
- Veränderungen der Umweltbelastung bezogen auf Lärmbelastung, Schadstoffbelastung und Klimabelastung,
- Veränderungen der Trennwirkung von Fahrbahnen,
- Veränderungen der Flächenverfügbarkeit,
- Veränderung der laufenden Kosten.

Die Betrachtung der umweltbezogenen Auswirkungen erfolgt nicht getrennt für die einzelnen Komponenten (Lärmbelastung, Schadstoffbelastung und Klimabelastung), sondern zusammenfassend, da auf Grund der geringen Veränderungen von Bezugs- zu Planfall ihre Relevanz im Verhältnis zu den übrigen Nutzenkomponenten deutlich geringer ist. Deshalb ist es als ausreichend anzusehen, die Veränderung der Umweltbelastung überschlägig zusammenfassend zu ermitteln.

Die Ermittlung der Mengengerüste der einzelnen Nutzenkomponenten erfolgt jeweils in Abhängigkeit der verfügbaren Datenbasis. Für fehlende Daten werden entsprechende Annahmen getroffen.

5.1 Veränderung der Fahrtzeiten im Kfz-Verkehr

Der Nutzen aus Veränderung der Fahrtzeiten im Kfz-Verkehr ergibt sich auf Grund der Differenz zwischen dem Zeitbedarf für die Verkehrsabwicklung im Untersuchungsnetz im Planfall und im Bezugsfall. Zur Bestimmung der Fahrtzeiten im Kfz-Verkehr sind die Fahrtzeiten auf Strecken und in Knotenpunkten zu berücksichtigen. Daraus ergeben sich die Fahrtzeiten im Untersuchungsnetz. Dabei werden die Fahrzeitveränderungen getrennt nach den beiden Fahrzeuggruppen (Leicht- und Schwerverkehr) ermittelt.

Die Ermittlung der Fahrtzeiten auf Strecken erfolgt über nach den einzelnen Streckentypen differenzierte Verkehrsstärke-Geschwindigkeits-Funktionen. Eingangsgrößen sind hier die für jede Strecke ermittelten stündlichen Verkehrsstärken des Leicht- und Schwerverkehrs. Damit wird auf den einzelnen Strecken im Untersuchungsnetz für jede der 8.760 Stunden eines Jahres fahrtrichtungsbezogen die mittlere Fahrtgeschwindigkeit des Leicht- bzw. Schwerverkehrs bestimmt. Hieraus ergibt sich für jede der 8.760 Stunden eines Jahres die mittlere Fahrtzeit auf jeder Strecke, wobei in Abschnitten mit Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit diese die obere Grenze der maßgebenden Fahrtgeschwindigkeit bildet. Aus den mittleren Fahrtzeiten auf jeder Strecke für jede der 8.760 Stunden eines Jahres ergibt sich mit den jeweiligen stündlichen Verkehrsstärken des Leicht- und Schwerverkehrs die gesamte Fahrtzeit des Leicht- bzw. Schwerverkehrs im betrachteten Jahr auf jeder Strecke.

In teilplanfreien und teilplangleichen Knotenpunkten werden die Fahrtzeiten in Rampen wie auf Strecken ermittelt. An plangleichen Teilknotenpunkten von teilplanfreien und teilplangleichen Knotenpunkten sind die Fahrtzeiten wie die Fahrtzeiten in plangleichen Knotenpunkten zu ermitteln.

Die Fahrtzeit in einem plangleichen Knotenpunkt setzt sich aus den Wartezeiten an dem Knotenpunkt und zusätzlichen Zeitverlusten vor und hinter dem Knotenpunkt zusammen. Die Fahrtzeit des Kfz-Verkehrs im betrachteten Jahr ergibt sich in Abhängigkeit vom DTV_K des gesamten Knotenpunkts.

Die Fahrtzeiten im Untersuchungsnetz ergeben sich dann aus den jährlichen Fahrtzeiten der betrachteten Fahrzeuggruppe (Leicht- bzw. Schwerverkehr) auf den Strecken und in den plangleichen Knotenpunkten. Der jährliche Nutzen aus Veränderung der Fahrtzeiten ergibt sich aus den Differenzen der Fahrtzeiten für den Leicht- bzw. den Schwerverkehr im Untersuchungsnetz zwischen Planfall und Bezugsfall und dem jeweiligen Zeitkostensatz:

$$NT = \sum_{FzG} \Delta T_{F,FzG,N} \cdot KS_{F,FzG}$$

mit NT	Nutzen aus Veränderung der Fahrtzeiten im Kfz-Verkehr zwischen Planfall und Bezugsfall im betrachteten Jahr	[€/a]
$\Delta T_{F,FzG,N}$	Veränderung der Fahrtzeit des Leicht- bzw. Schwerverkehrs zwischen Planfall und Bezugsfall im betrachteten Jahr	[(Kfz · h)/a]
$KS_{F,FzG}$	Zeitkostensatz des Leicht- bzw. Schwerverkehrs	[€/(Kfz · h)]

Dabei werden Zeitkostensätze für den Leichtverkehr in Höhe von 15,64 €/((Kfz · h)) und für den Schwerverkehr von 38,29 €/((Kfz · h)) angesetzt. Diese beinhalten die Vorhalte- und Lohnkosten bei gewerblich genutzten Kfz sowie die Zeitkosten der Insassen von privat genutzten Kfz und Bussen. In diesen Kostensätzen ist zudem jeweils eine durchschnittliche Zusammensetzung innerhalb der Fahrzeuggruppe zu Grunde gelegt.

Tabelle 1: Veränderung der Fahrzeiten und Fahrtzeitkosten

Fahrzeuggruppe	$T_{FzG,N,BF}$ [[Kfz · h)/a] Bezugsfall	$T_{FzG,N,PF}$ [[Kfz · h)/a] Planfall	$\Delta T_{FzG,N}$ [[Kfz · h)/a] Differenz	$KS_{F,FzG}$ [€/((Kfz · h))]	NT_{FzG} [€/a]
Leichtverkehr	28.603.271	28.362.507	240.764	15,64	3.765.555
Schwerverkehr	2.001.114	1.963.619	37.495	38,29	1.435.686
Kfz-Verkehr gesamt	30.604.385	30.326.125	278.259	–	5.201.241

In Tabelle 1 sind die für das Untersuchungsnetz im Bezugs- und Planfall ermittelten jährlichen Fahrzeiten des Leichtverkehrs und des Schwerverkehrs, deren jeweiligen Differenzen (jeweils gerundete Werte) und der sich hieraus mit den zu Grunde gelegten Kostensätzen ergebende Nutzen aus Veränderung der Fahrzeiten angegeben. Es zeigt sich, dass sich die Fahrzeiten im Planfall mit Großmarktbrücke gegenüber dem Bezugsfall ohne Brücke verringern. Diese Veränderung resultiert aus den geringeren Verlustzeiten an den Knotenpunkten im Untersuchungsnetz.

Der Nutzen aus Veränderung der Fahrzeiten im Leichtverkehr beträgt danach 3.765.555 €/a, der Nutzen aus Veränderung der Fahrzeiten im Schwerverkehr beträgt 1.435.686 €/a. Insgesamt ergibt sich damit ein Nutzen aus Veränderung der Fahrzeiten im Kfz-Verkehr in Höhe von 5.201.241 €/a.

5.2 Veränderung der Betriebskosten im Kfz-Verkehr

Der Nutzen aus Veränderung der Betriebskosten im Kfz-Verkehr ergibt sich aus der Differenz der Betriebskosten für die Verkehrsabwicklung im Untersuchungsnetz im Plan- und Bezugsfall. Die Betriebskosten setzen sich zusammen aus den fahrleistungsabhängigen Betriebskosten (geschwindigkeitsunabhängige Abschreibung, Reifenverschleiß, Instandhaltung und Wartung sowie Schmierstoffe) und den geschwindigkeitsabhängigen Kosten für den Kraftstoffverbrauch. Dabei werden die Betriebskosten getrennt nach den betrachteten Fahrzeuggruppen (Leicht- und Schwerverkehr) ermittelt.

5.2.1 Fahrleistungsabhängige Betriebskosten

Die Ermittlung der Fahrleistung im Planfall und im Bezugsfall erfolgt für jede Strecke im Untersuchungsnetz aus dem fahrleistungsbezogenen DTV (getrennt für Leicht- und Schwerverkehr) auf der Strecke und deren Länge. Der Nutzenanteil aus Veränderung der fahrleistungsabhängigen Betriebskosten ergibt sich aus den

Differenzen der Fahrleistung des Leicht- bzw. Schwerverkehrs im Untersuchungsnetz zwischen Plan- und Bezugsfall und dem jeweiligen Betriebskostengrundwert:

$$NB_B = \sum_{FzG} \Delta FL_{FzG,N} \cdot \frac{KS_{B,FzG}}{100}$$

mit NB_B	Nutzenanteil aus Veränderung der fahrleistungsbezogenen Betriebskosten zwischen Planfall und Bezugsfall im betrachteten Jahr	[€/a]
$\Delta FL_{FzG,N}$	Veränderung der Fahrleistung der betrachteten Fahrzeuggruppe zwischen Planfall und Bezugsfall im betrachteten Jahr	[(Kfz · km)/a]
$KS_{B,FzG}$	fahrleistungsbezogener Betriebskostensatz für die betrachtete Fahrzeuggruppe	[€/ (100 Kfz · km)]

Dabei werden für den Leichtverkehr 14,54 €/ (100 Kfz · km) und für den Schwerverkehr 25,66 €/ (100 Kfz · km) angesetzt. In diesen Kostensätzen ist jeweils eine durchschnittliche Zusammensetzung der Fahrzeuggruppe zu Grunde gelegt.

Tabelle 2: Veränderung der Fahrleistungen und fahrleistungsabhängigen Betriebskosten

Fahrzeuggruppe	$FL_{FzG,N,BF}$ [(Kfz · km)/a] Bezugsfall	$FL_{FzG,N,PF}$ [(Kfz · km)/a] Planfall	$\Delta FL_{FzG,N}$ [(Kfz · km)/a] Differenz	$KS_{B,FzG}$ [€/ (100 Kfz · km)]	$NB_{B,FzG}$ [€/a]
Leichtverkehr	545.343.941	548.959.068	- 3.615.127	14,54	- 525.640
Schwerverkehr	46.050.859	46.406.427	- 355.568	25,66	- 91.239
Kfz-Verkehr gesamt	591.394.800	595.365.495	- 3.970.965	–	- 616.879

In Tabelle 2 sind die für das Untersuchungsnetz im Bezugs- und Planfall ermittelten jährlichen Fahrleistungen des Leicht- und Schwerverkehrs, deren jeweiligen Differenzen (jeweils gerundete Werte) und der sich hieraus mit den zu Grunde gelegten Kostensätzen ergebende Nutzenanteil aus Veränderung der fahrleistungsabhängigen Betriebskosten angegeben. Die Fahrleistungen nehmen im Planfall mit Großmarktbrücke gegenüber dem Bezugsfall ohne Brücke zu. Die Fahrleistungszunahme ist dabei im Schwerverkehr relativ gesehen etwas höher als im Leichtverkehr.

Der Nutzenanteil aus Veränderung der Fahrleistung ist negativ. Im Leichtverkehr beträgt der Nutzenanteil - 525.640 €/a, im Schwerverkehr - 91.239 €/a. Insgesamt ergibt sich daraus ein negativer Nutzenanteil aus Veränderung der fahrleistungsabhängigen Betriebskosten in Höhe von - 616.879 €/a.

5.2.2 Geschwindigkeitsabhängige Betriebskosten

Die Ermittlung des geschwindigkeitsabhängigen Kraftstoffverbrauchs im Plan- und Bezugsfall erfolgt für jede Strecke in Abhängigkeit der jeweiligen Verkehrszustandsstufe (freier Verkehrsfluss bis Stop&Go-Verkehr) in jeder der 8.760 Stunden eines Jahres mit spezifischen Kraftstoffverbrauchsfaktoren. Es werden sechs Verkehrszustandsstufen unterschieden, die für jede der 8.760 Stunden eines Jahres anhand des Auslastungsgrads bestimmt werden.

Der Auslastungsgrad ist das Verhältnis der stündlichen Verkehrsstärke zur Kapazität der Strecke, die im Wesentlichen vom jeweiligen Streckentyp abhängt. Bei außerörtlichen Strecken ist die Kapazität zudem von weiteren infrastrukturellen Merkmalen (vor allem Längsneigung) und dem Schwerverkehrsanteil abhängig.

In Abhängigkeit der Verkehrszustandsstufe ergibt sich mit den spezifischen Kraftstoffverbrauchsfaktoren der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch, differenziert nach Kraftstoffarten. Im Leichtverkehr werden benzin- und dieselgetriebene Fahrzeuge berücksichtigt, im Schwerverkehr nur dieselgetriebene Fahrzeuge.

Der Nutzenanteil aus Veränderung der geschwindigkeitsabhängigen Betriebskosten ergibt sich aus den Differenzen des Kraftstoffverbrauchs des Leichtverkehrs und des Schwerverkehrs im Untersuchungsnetz zwischen Plan- und Bezugsfall (in Tonnen) und dem jeweiligen Kraftstoffkostensatz:

$$NB_K = \sum_{FzG(KA)} (\Delta KV_{FzG(KA),N} \cdot f_{MV(KA)} \cdot KS_{K,FzG(KA)} \cdot 10^3)$$

mit NB_K	Nutzenanteil aus Veränderung der Kraftstoffkosten zwischen Planfall und Bezugsfall im betrachteten Jahr	[€/a]
$\Delta KV_{FzG(KA),N}$	Veränderung des Kraftstoffverbrauchs der betrachteten Fahrzeuggruppe und Kraftstoffart zwischen Planfall und Bezugsfall im betrachteten Jahr	[t/a]
$f_{MV(KA)}$	Faktor zur Umrechnung des Kraftstoffverbrauchs der betrachteten Kraftstoffart von Masse auf Volumen	[-]
$KS_{K,FzG(KA)}$	Kraftstoffkostensatz für die betrachtete Kraftstoffart	[€/l]

Für die Umrechnung des Kraftstoffverbrauchs von Masse auf Volumen werden folgende Faktor angesetzt: $f_{MV(KA)} = 1,348$ für Benzin und $f_{MV(KA)} = 1,202$ für Diesel.

Im Leichtverkehr wird ein Kraftstoffkostensatz von 0,77 €/l für benzingetriebene Fahrzeuge und von 0,84 €/l für dieselgetriebene Fahrzeuge angesetzt. Für den Schwerverkehr mit ausschließlich dieselgetriebenen Fahrzeugen wird der Kraftstoffkostensatz von 0,84 €/l angesetzt.

Tabelle 3: Veränderung des Kraftstoffverbrauchs und geschwindigkeitsabhängiger Betriebskosten

Fahrzeuggruppe	$KV_{FzG(KA),N,BF}$ [t/a] Bezugsfall	$KV_{FzG(KA),N,PF}$ [t/a] Planfall	$\Delta KV_{FzG(KA),N}$ [t/a] Differenz	$KS_{K,FzG(KA)}$ [€/l]	$NB_{K,FzG}$ [€/a]
Leichtverkehr					
Benzin	13.168	13.235	- 67	0,77	- 70.070
Diesel	14.038	14.119	- 81	0,84	- 81.668
Schwerverkehr	10.965	11.053	- 88	0,84	- 89.017
gesamt	-	-	-	-	- 240.755

In Tabelle 3 sind die für das Untersuchungsnetz im Bezugs- und Planfall ermittelten jährlichen Kraftstoffverbräuche des Leichtverkehrs, differenziert nach benzin- und dieselgetriebenen Fahrzeugen, sowie des Schwerverkehrs, deren jeweiligen Differenzen (jeweils gerundete Werte) und der sich hieraus mit den zu Grunde gelegten Kostensätzen ergebende Nutzenanteil aus Veränderung der geschwindigkeitsabhängigen Betriebskosten angegeben. Es zeigt sich, dass der Kraftstoffverbrauch im Planfall mit Großmarktbrücke gegenüber dem Bezugsfall ohne Brücke leicht zunimmt.

Der Nutzenanteil aus Veränderung des Kraftstoffverbrauchs ist negativ. Im Leichtverkehr beträgt der Nutzenanteil - 70.070 €/a (Benzin) und - 81.668 €/a (Diesel); im Schwerverkehr ergibt sich ein Nutzenanteil Nutzen von - 89.017 €/a. Insgesamt ergibt sich daraus ein negativer Nutzenanteil aus Veränderung der geschwindigkeitsabhängigen Betriebskosten in Höhe von - 240.755 €/a.

5.2.3 Betriebskosten insgesamt

Der gesamte jährliche Nutzen aus Veränderung der Betriebskosten ergibt sich als Summe der Nutzenanteile für die fahrleistungsabhängigen und die geschwindigkeitsabhängigen Betriebskosten. Insgesamt ergibt sich ein negativer Nutzen aus Veränderung der Betriebskosten im Kfz-Verkehr in Höhe von - 857.633 €/a.

5.3 Veränderung des Unfallgeschehens

Der Nutzen aus Veränderung des Unfallgeschehens ergibt sich aus der Differenz der Unfallkosten im Plan- und Bezugsfall. Damit werden die Veränderungen in Folge vermiedener Personen- und Sachschäden bei Unfällen im Straßenverkehr erfasst.

Die Ermittlung der Unfallkosten im Plan- und Bezugsfall erfolgt über Unfallkostenraten als Maß für das fahrleistungsbezogene Risiko, in einen Unfall verwickelt zu werden oder dabei zu verunglücken. Dabei werden Strecken und Knotenpunkte gesondert betrachtet, und zwar mit differenzierten Unfallkostenraten für die einzelnen Strecken- und Knotenpunkttypen.

Diese Unfallkostenraten berücksichtigen die unmittelbar aus dem Schaden resultierenden Reproduktionskosten, Ressourcenausfallkosten, Verluste in der außermärklichen Wertschöpfung und humanitäre Kosten. Zusätzlich werden Kostenanteile aus einer Zahlungsbereitschaft, mit denen die über die reinen Schadenskosten hinausgehenden individuellen Wirkungen gegenüber einem geänderten Verkehrssicherheitsrisiko erfasst werden, berücksichtigt.

Die jährlichen Unfallkosten auf einer Strecke ergeben sich aus der Unfallkostenrate und der jährlichen Fahrleistung auf der Strecke (aus der Summe des fahrtrichtungsbezogenen DTV über das betrachtete Jahr und der Länge der Strecke). Die jährlichen Unfallkosten eines Knotenpunkts ergeben sich aus der Unfallkostenrate und dem DTV des gesamten Knotenpunkts (Summe der täglichen Knotenpunktüberfahrten über das betrachtete Jahr). Die jährlichen Unfallkosten im Untersuchungsnetz ergeben sich dann aus den jährlichen Unfallkosten aller Strecken und Knotenpunkte.

Der jährliche Nutzen aus Veränderung des Unfallgeschehens ergibt sich aus der Differenz der jährlichen Unfallkosten im Untersuchungsnetz zwischen Plan- und Bezugsfall:

$$NU = UK_{N,BF} - UK_{N,PF}$$

mit NU	Nutzen aus Veränderung des Unfallgeschehens im Untersuchungsnetz im betrachteten Jahr	[€/a]
$UK_{N,BF}$	Unfallkosten im Untersuchungsnetz für den Bezugsfall im betrachteten Jahr	[€/a]
$UK_{N,PF}$	Unfallkosten im Untersuchungsnetz für den Planfall im betrachteten Jahr	[€/a]

In Tabelle 4 sind die für das Untersuchungsnetz im Bezugs- und Planfall ermittelten jährlichen Unfallkosten, differenziert nach den Unfallkosten auf den Strecken und an den Knotenpunkten, und deren jeweiligen Differenzen (jeweils gerundete Werte) angegeben. Die Differenz der gesamten jährlichen Unfallkosten in Höhe von 326.275 €/a entspricht dem Nutzen aus Veränderung des Unfallgeschehens.

Tabelle 4: Veränderung der Unfallkosten

Anlagenart	$UK_{N,BF,a}$ [€/a] Bezugsfall	$UK_{N,PF}$ [€/a] Planfall	$\Delta UK_N = NU$ [€/a] Differenz
Strecken	21.326.623	21.327.610	- 987
Knotenpunkte	47.334.721	47.007.459	327.262
Untersuchungsnetz	68.661.344	68.335.068	326.275

Der Nutzen aus Veränderung des Unfallgeschehens resultiert aus den im Planfall gegenüber dem Bezugsfall geringeren Unfallkosten an den Knotenpunkten im Untersuchungsnetz. Auf den Strecken ergibt sich insgesamt trotz höherer Fahrleistungen im Planfall keine nennenswerte Änderung, da dies durch die Verkehrsverlagerungen im Netz auf Straßen mit geringeren Unfallkostenraten (z. B. von Straßen mit Mischnutzung auf Straßen mit überwiegend gewerblicher Nutzung) kompensiert wird.

5.4 Veränderung der Umweltbelastung

Der Nutzen aus Veränderung der Umweltbelastung ergibt sich aus der Differenz der Umweltkosten im Plan- und Bezugsfall. Berücksichtigt werden die – jeweils straßenverkehrsbedingten – Lärmkosten, die Kosten für CO₂-Emissionen (maßgebend für die Klimabelastung) und Schadstoffemissionen (Abgase, Abrieb/Aufwirbelung, Emissionen in Bau-, Wartungs- und Entsorgungsphase, Emissionen aus Kraftstoffbereitstellung) sowie die Kosten für Schäden an Natur und Landschaft. Zur Ermittlung dieser Kosten werden die fahrleistungsbezogenen Kostensätze aus der Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten des Umweltbundesamts (aktualisierte Fassung von 2014) herangezogen.

Die in der Methodenkonvention angegebenen, nach Fahrzeugarten differenzierten Kostensätze zum Preisstand 2010 werden hier mittels des harmonisierten Verbraucherpreisindex (vom statistischen Amt der Europäischen Union als Kennzahl zur Messung der Preisniveaumentwicklung erhobener Preisindex) auf den Preisstand 2012 angepasst. Unter Berücksichtigung der fahrleistungsgewichteten Aufteilung des Leichtverkehrs nach Fahrzeugarten (Kräder, Pkw, Lieferwagen) und Kraftstoffart (Benzin und Diesel) sowie des ausschließlich dieselgetriebenen Schwerverkehrs nach Fahrzeugarten (Lkw ohne und mit Anhänger, Sattel-Kfz, Busse) ergeben sich die Umweltkostensätze für die beiden Fahrzeuggruppen.

Der jährliche Nutzen aus Veränderung der Umweltkosten ergibt sich aus den Differenzen der Fahrleistung des Leicht- bzw. Schwerverkehrs im Untersuchungsnetz zwischen Plan- und Bezugsfall und dem jeweiligen Umweltkostensatz:

$$NL = \sum_{FzG} \Delta FL_{FzG,N} \cdot \frac{KS_{L,FzG}}{100}$$

mit NL	Nutzenanteil aus Veränderung der Umweltkosten (Lärm-, Klima- und Schadstoffbelastung, Natur und Landschaft) zwischen Planfall und Bezugsfall im betrachteten Jahr	[€/a]
$\Delta FL_{FzG,N}$	Veränderung der Fahrleistung der betrachteten Fahrzeuggruppe zwischen Planfall und Bezugsfall im betrachteten Jahr	[(Kfz · km)/a]
$KS_{L,FzG}$	fahrleistungsbezogener Umweltkostensatz für die betrachtete Fahrzeuggruppe	[€/(100 Kfz · km)]

Dabei werden für den Leichtverkehr 7,73 €/(100 Kfz · km) und für den Schwerverkehr 48,56 €/(100 Kfz · km) angesetzt. In diesen Kostensätzen ist jeweils eine durchschnittliche Zusammensetzung der Fahrzeuggruppe zu Grunde gelegt.

Tabelle 5: Veränderung der Fahrleistungen und Umweltkosten

Fahrzeuggruppe	$FL_{FzG,N,BF}$ [(Kfz · km)/a] Bezugsfall	$FL_{FzG,N,PF}$ [(Kfz · km)/a] Planfall	$\Delta FL_{FzG,N}$ [(Kfz · km)/a] Differenz	$KS_{L,FzG}$ [€/(100 Kfz · km)]	NL_{FzG} [€/a]
Leichtverkehr	545.343.941	548.959.068	- 3.615.127	7,73	- 279.449
Schwerverkehr	46.050.859	46.406.427	- 355.568	48,66	- 172.308
Kfz-Verkehr gesamt	591.394.800	595.365.495	- 3.970.965	–	- 451.757

In Tabelle 5 sind die für das Untersuchungsnetz im Bezugs- und Planfall ermittelten jährlichen Fahrleistungen des Leicht- und Schwerverkehrs, deren jeweiligen Differenzen (jeweils gerundete Werte) und der sich hieraus mit den zu Grunde gelegten Kostensätzen ergebende Nutzen aus Veränderung der Umweltkosten angegeben. Die Fahrleistungen nehmen im Planfall mit Großmarktbrücke gegenüber dem Bezugsfall ohne Brücke zu. Die Fahrleistungszunahme ist dabei im Schwerverkehr relativ gesehen etwas höher als im Leichtverkehr.

Der Nutzen aus Veränderung der Umweltkosten ist negativ. Der Nutzenanteil im Leichtverkehr beträgt - 279.449 €/a, im Schwerverkehr - 172.308 €/a. Insgesamt ergibt sich ein negativer Nutzen aus Veränderung der Umweltkosten in Höhe von - 451.757 €/a.

5.5 Veränderung der Trennwirkung von Fahrbahnen

Der Nutzen aus Veränderung der Trennwirkung von Fahrbahnen gegenüber Fußgängerquerungen ergibt sich aus der Differenz der Kosten für die Verlustzeiten, die Fußgänger beim Queren von Fahrbahnen im Plan- und Bezugsfall hinnehmen müssen. Dabei werden alle unbebauten Bereiche grundsätzlich ausgeklammert.

Die Verlustzeiten der querenden Fußgänger werden in Abhängigkeit vom Streckentyp (maßgebend ist hier vor allem die Anzahl der Fahrstreifen) und den stündlichen fahrtrichtungsbezogenen Kfz-Verkehrsstärken ermittelt. Betrachtet wird dabei der Zeitraum von 7 Uhr bis 19 Uhr jedes Tages im Jahr. Dabei wird davon ausgegangen, dass in den übrigen Stunden keine Verlustzeiten für Fußgängerquerungen auftreten.

Die mittlere Verlustzeit eines Fußgängers zur Querung einer Fahrbahn in einer Stunde ergibt sich aus der Wartezeit zur Querung der Fahrbahn selbst sowie eventuellen Gehzeiten auf Grund von Umwegen und Wartezeiten an Lichtsignalanlagen. Daraus sind die Zeitverluste für alle Personen, die sich tagsüber im Straßenraum aufhalten und die Fahrbahn queren wollen (querungswillige Fußgänger), zu bestimmen. Grundsätzlich wird dabei von drei Überquerungen pro Betroffenen und Tag ausgegangen.

Die Anzahl der Betroffenen, die sich tagsüber im Straßenraum aufhalten, d. h. gehen oder verweilen (Fußgänger) und die Straße queren wollen, wurde näherungsweise in Abhängigkeit von der städtebaulichen Nutzung der Bebauung, der Geschossanzahl (in Klassen) und des Baulückenanteils (ebenfalls in Klassen) abgeschätzt. Maßgebend ist dabei nur die erste Baureihe auf jeder Straßenseite.

Der jährliche Nutzen aus Veränderung der Trennwirkung von Fahrbahnen ergibt sich aus den Differenzen der Verlustzeiten für überquerende Fußgänger zwischen Plan- und Bezugsfall und dem Zeitkostensatz:

$$NZ = \Delta T_{V,N} \cdot KS_T$$

mit	NZ	Nutzen aus Veränderung der Trennwirkung zwischen Planfall und Bezugsfall im betrachteten Jahr	[€/a]
	$\Delta T_{V,N}$	Veränderung der Zeitverluste für querungswillige Fußgänger zur Querung der Fahrbahnen im Teil des Untersuchungsnetzes innerhalb bebauter Gebiete im betrachteten Jahr	[(Pers · h)/a]
	KS_T	Zeitkostensatz für eine Personenstunde	[€/(Pers · h)]

Dabei wird ein Zeitkostensatz von 6,40 €/h angesetzt.

Die Differenz der Zeitverluste für querungswillige Fußgänger zur Querung der Fahrbahnen zwischen Plan- und Vergleichsfall im berücksichtigten Teil des Untersuchungsnetzes beträgt 41.344 h/a.

Der sich hieraus ergebende Nutzen aus Veränderung der Trennwirkung von Fahrbahnen gegenüber Fußgängerquerungen ergibt sich zu 264.599 €/a.

5.6 Veränderung der Flächenverfügbarkeit

Der Nutzen aus Veränderung der Flächenverfügbarkeit für Fußgänger ergibt sich aus erforderlichen Kosten für die Herstellung von Verkehrsflächen für mit definierten Zielbreiten (negative Nutzen). Dabei werden nur Straßen betrachtet, die im Planfall gegenüber dem Bezugsfall neu- oder umgebaut werden. Dies betrifft hier ausschließlich die Großmarktbrücke einschließlich ihrer Anbindungen an das vorhandene Straßennetz.

Als Zielbreite für Gehwege ist hier der Zielwert aus den „Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen“ (RASt), Ausgabe 2006, in Höhe von 2,50 m anzusetzen. Da diese Breite in den geplanten Querschnitten der Großmarktbrücke eingehalten werden, beträgt der jährliche Nutzen aus Veränderung der Flächenverfügbarkeit 0 €/a.

5.7 Veränderung der laufenden Kosten

Der Nutzen aus Veränderung der laufenden Kosten ergibt sich aus der Differenz der jährlichen Kosten des Straßenbetriebsdienstes sowie weiterer Betriebskosten im Plan- und Bezugsfall. Zudem werden eventuell entbehrliche Kosten für Instandsetzungs- oder Erneuerungsmaßnahmen an bestehenden Straßenverkehrsanlagen erfasst.

Die Kosten des Straßenbetriebsdienstes für Maßnahmen der betrieblichen Erhaltung der Straßenverkehrsanlagen umfassen neben den Ausgaben für Kontroll- und Prüftätigkeiten auch die Ausgaben für Wartungs- und Pflegemaßnahmen (z. B. Reinigung, Grünschnitt und Winterdienst) sowie für Kleinreparaturen im Rahmen von Sofortmaßnahmen am Straßenkörper. Die laufenden Kosten für den Straßenbetriebsdienst sind von dem Strecken- bzw. Knotenpunkttyp und der Länge der einzelnen Strecken abhängig. Neben den auf die Straßenverkehrsanlage bezogenen Kosten sind die laufenden Kosten für Brückenbauwerke zu erfassen.

Die weiteren Betriebskosten für die Lenkung und Sicherung des Verkehrs umfassen die Kosten für den Betrieb verkehrstechnischer Einrichtungen wie z. B. für Lichtsignalanlagen, Verkehrsbeeinflussungsanlagen oder Einrichtungen in Tunneln, die über die laufenden Kosten des Straßenbetriebsdienstes hinaus anfallen, sowie eventuelle weitere Betriebskosten, z. B. für Elemente der Fahrwege für Verkehrsmittel des ÖV. Da hierzu keine Angaben vorliegen, werden diese hier nicht berücksichtigt.

Die entbehrlichen Kosten für Instandsetzungs- oder Erneuerungsmaßnahmen an bestehenden Straßenverkehrsanlagen umfassen die Ausgaben, die bei diesen Anlagen anfallen würden, wenn die betrachtete Maßnahme nicht realisiert wird. Da hierzu keine Angaben vorliegen, werden diese hier nicht berücksichtigt.

Die Ermittlung der Veränderung der laufenden Kosten kann auf Strecken und Knotenpunkte beschränkt werden, bei denen sich die Infrastruktur zwischen Plan- und Bezugsfall verändert. Dies betrifft hier ausschließlich die Großmarktbrücke einschließlich ihrer Anbindungen an das vorhandene Straßennetz.

Auf der Großmarktbrücke ist für den Kfz-Verkehr ein zweistreifiger Fahrbahnquerschnitt mit beidseitigen Gehwegen (teilweise mit gemeinsamer Nutzung mit dem Radverkehr, teilweise mit gesondertem parallelem Radweg) vorgesehen. Die Rampen an der Versmannstraße sind ebenfalls mit einem zweistreifigen Fahrbahnquerschnitt für den Kfz-Verkehr vorgesehen, für den Fußgänger- und Radverkehr sind zwei gesonderte Rampen vorgesehen.

Zur Ermittlung der laufenden Kosten werden die Längen aus der vorliegenden Planung zur Großmarktbrücke und den Rampen an der Versmannstraße durch WTM ENGINEERS GmbH mit Stand vom 26. Juli 2010. Danach ist die Brücke selbst (Bogenbrücke einschließlich nördlicher Vorlandbrücke und Rampe auf der Seite des Großmarkts) rund 425 m lang. Hinzu kommen rund 75 m ebenerdige Straße bis zur Anbindung an die Amsinckstraße. Daraus ergibt sich eine Gesamtlänge von 500 m. Die Rampen für den Kfz-Verkehr an der Versmannstraße haben eine Gesamtlänge von rund 360 m. Die beiden gesonderten Rampen für den für den Fußgänger- und Radverkehr sind (einschließlich Treppenanlagen) jeweils etwa 200 m lang.

In Tabelle 6 sind für die betrachteten Anlagenteile die zu Grunde gelegten Längen sowie die längen- bzw. anlagenartabhängigen jährlichen Kostensätze zusammengestellt. Des Weiteren sind die sich hieraus ergebenden jährlichen Kosten für die einzelnen Anlagenteile angegeben.

Tabelle 6: Laufende Kosten des Straßenbetriebsdienstes für die Großmarktbrücke und Rampen an der Versmannstraße sowie zugehörige Verkehrsanlagen pro Jahr

Anlagenteile	L [km]	KS _{BD} [€/km · a]	KL _{BD} [€/a]
Brückenbauwerke			
Brücke	0,425	10.600	4.505
Rampen an Versmannstraße	0,360	10.600	3.816
Geh-/Radwegrampen	0,400	10.600	4.240
Verkehrsanlagen			
Brücke mit Anbindung an Amsinckstraße	0,500	5.100	2.550
Rampen an Versmannstraße	0,360	5.100	1.836
Geh-/Radwegrampen	0,400	1.200	480
Einmündung mit LSA an Versmannstraße	–	1.600	1.600
gesamt			19.027

Die jährlichen Gesamtkosten des Straßenbetriebsdienstes im Untersuchungsnetz ergeben sich aus den streckenbezogenen Kosten für die Straßenverkehrsanlagen einschließlich Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage und Geh- und Radwegen sowie den Kosten für Brückenbauwerke:

$$KL_{BD,N} = \sum_{i=1}^{n_S} KL_{BD,S,i} + \sum_{b=1}^{n_{Br}} KL_{BD,Br,b} + \sum_{g=1}^{n_{S(GR)}} KL_{BD,GR,g} + \sum_{k=1}^{n_{K(LSA)}} KL_{BD,K(LSA),k}$$

mit	$KL_{BD,N}$	Kosten des Straßenbetriebsdienstes im Untersuchungsnetz im betrachteten Jahr	[€/a]
	n_S	Anzahl der Strecken	[-]
	$KL_{BD,S,i}$	jährliche streckenbezogenen Kosten für Strecke i	[€/a]
	n_{Br}	Anzahl der Brückenbauwerke	[-]
	$KL_{BD,Br,b}$	jährliche Kosten für ein Brückenbauwerk b	[€/a]
	$n_{S(GR)}$	Anzahl der Strecken mit Geh- und Radweg	[-]
	$KL_{BD,GR,g}$	jährliche streckenbezogenen Kosten für Geh- und Radweg g	[€/a]
	$n_{K(LSA)}$	Anzahl der plangleichen Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage	[-]
	$KL_{BD,K(LSA),k}$	jährliche Kosten des Straßenbetriebsdienstes für plangleichen Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage k	[€/a]

Die jährlichen laufenden Kosten für die geplante Großmarktbrücke und die Rampen an der Versmannstraße sowie die zugehörigen Verkehrsanlagen betragen insgesamt 19.027 €/a.

Der jährliche Nutzen aus Veränderung der laufenden Kosten ergibt sich aus der Differenz der jährlichen Kosten des Straßenbetriebsdienstes im Plan- und Bezugsfall. Da sich lediglich die zusätzlichen laufenden Kosten für die geplante Großmarktbrücke und die Rampen an der Versmannstraße sowie die zugehörigen Verkehrsanlagen ergeben, ist der Nutzen negativ. Dieser negative Nutzen entspricht den ermittelten jährlichen laufenden Kosten und beträgt somit - 19.027 €/a.

5.8 Gesamtnutzen

In Tabelle 7 sind die in Ziffer 5.1 bis 5.7 ermittelten Nutzenanteile der einzelnen Nutzenkomponenten zusammengefasst. Aus diesen ergibt sich ein jährlicher Gesamtnutzen in Höhe von 4.463.698 €/a.

Maßgebend für den insgesamt positiven Nutzen, der sich im Planfall durch die geplante Großmarktbrücke ergibt, ist der hohe Nutzenanteil aus Veränderung der Fahrtzeiten im Kfz-Verkehr im Untersuchungsnetz. Die Veränderung der Fahrtzeiten ist auf die geringeren Verlustzeiten an den Knotenpunkten zurückzuführen. Ebenfalls positive Nutzenanteile ergeben sich aus der Veränderung des Unfallgeschehens – die ebenfalls aus den Knotenpunkten resultiert – und der Veränderung der Trennwirkung.

Tabelle 7: Nutzen pro Jahr der einzelnen Nutzenkomponenten

Nutzenkomponente		N _{a,k} [€/a]
Veränderung der Fahrtzeiten im Kfz-Verkehr	NT	5.201.241
Veränderung der Betriebskosten im Kfz-Verkehr	NB	- 857.633
Veränderung des Unfallgeschehens	NU	326.275
Veränderung der Umweltkosten	NL	- 451.757
Veränderung der Trennwirkung	NZ	264.599
Veränderung der Flächenverfügbarkeit	NF	0
Veränderung der laufenden Kosten	NF	- 19.027
Summe		4.463.698

Negative Nutzenanteile ergeben sich aus der Veränderung der Betriebskosten im Kfz-Verkehr und der Veränderung der Umweltkosten sowie der Veränderung der laufenden Kosten, wobei letzterer sehr gering ist. Die negativen Veränderungen der Betriebskosten und Umweltkosten resultieren aus den im Planfall mit Großmarktbrücke höheren Fahrleistungen im Untersuchungsnetz von über 3,9 Mio. Kfz-km pro Jahr, die sich aus Verkehrsverlagerungen im Netz ergeben.

6 Ermittlung der Kosten

Bei der Bestimmung der Investitionskosten für die betrachtete Maßnahme sind nur auf Erweiterungsinvestitionen bezogene Kosten zu berücksichtigen, auch wenn mit der Maßnahme Ersatzinvestitionen für die Erneuerung von bestehenden Anlagen verbunden sind. In diesen Fällen sind die Kosten für die Ersatzinvestitionen von den Gesamtinvestitionskosten abzuziehen. Der Anteil der auf die Ersatzinvestitionen bezogenen Kosten ist gesondert auszuweisen.

Die auf die Erweiterungsinvestitionen bezogenen Kosten umfassen die Grunderwerbs- und Baukosten für die Straßenbaumaßnahme einschließlich der Kosten für Ausgleichsmaßnahmen sowie die Planungskosten. Auf Basis der ermittelten Grunderwerbs-, Bau- und Planungskosten sind die Nettokosten zum Preisstand 2012 zu bestimmen.

Die Grundlage für die Bestimmung der Investitionskosten ist eine aktuelle Kostenermittlung für die geplante Brücke vom Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer von März 2018 und eine Kostenschätzung für die Verkehrsanlagen von ARGUS Stadt- und Verkehrsplanung vom 16. November 2017. Diese beinhalten verschiedene Anpassungen gegenüber der in der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von 2012 zu Grunde gelegten Kostenschätzung von ARGUS Stadt- und Verkehrsplanung aus dem Jahre 2011, die in Bezug auf die Großmarktbrücke eine Kostenermittlung von WTM ENGINEERS GmbH von 2010 beinhaltet.

In Bezug auf die Großmarktbrücke sind nunmehr deutlich höhere Baukosten für die Brücke selbst angesetzt. Hinzu kommen weitere Baukosten für die Anpassung des Großmarktgeländes und aktiven Lärmschutz. Zudem werden in der Kostenermittlung vom Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer zusätzlich Baunebenkosten in Höhe von 20 % der Baukosten sowie eine Kostenvarianz von 20 % angesetzt. Des Weiteren werden zusätzliche Kosten für das Monitoring für die DB-Anlagen und die U-Bahn (als Planungskosten) berücksichtigt.

In Bezug auf die Verkehrsanlagen wurde die Kostenschätzung von ARGUS Stadt- und Verkehrsplanung korrigiert durch die Reduktion der Straßenflächen der Versmannstraße (da bereits vorhanden), eine Optimierung der Rampenanschlüsse und die zusätzliche Berücksichtigung des Anschlusses an die Amsinckstraße sowie Aufbereitung der Kosten nach der Drucksache 20/6208 „Kostenstabiles Bauen“ und Berücksichtigung einer (pauschalen) Preissteigerung von 2 %.

Des Weiteren wird von höheren Planungskosten ausgegangen. Hier werden 20 % der Kosten für Straßen- und Brückenbau angesetzt.

Zur Bestimmung der Nettokosten zum Preisstand 2012 sind die zum Preisstand 2010 bzw. 2017 für die Brücke und zum Preisstand 2014 für die Verkehrsanlagen vorliegenden Nettokosten aus dieser Kostenschätzung durch Berücksichtigung der Entwicklung des Baupreisindex für den Straßen- bzw. Brückenbau vom Jahr der Kostenermittlung auf das Jahr 2012 anzupassen:

$$NK_{2012} = NK_{KE} \cdot \frac{BPI_{2012}}{BPI_{KE}}$$

mit NK_{2012}	Nettokosten zum Preisstand 2012	[€]
NK_{KE}	Nettokosten zum Preisstand des Jahres der Kostenermittlung	[€]
BPI_{2012}	Baupreisindex für Straßenbau für das Jahr 2012	[-]
BPI_{KE}	Baupreisindex für Straßenbau für das Jahr der Kostenermittlung	[-]

Diese Anpassung ist für Grunderwerbs-, Bau- und Planungskosten durchzuführen. Dabei sind bei den Beträgen zur Berücksichtigung einer Kostenvarianz und bei den Planungskosten unterschiedliche Entwicklungen des Baupreisindex für Straßen und Brücken im Straßenbau anteilig anzusetzen.

Die zusätzlichen jährlichen Kosten des Baulastträgers in Folge einer Straßenbaumaßnahme sind auf Basis des Barwerts der Investitionskosten zu bestimmen. Dazu ist zunächst der Nutzungszeitraum der betrachteten Straßenbaumaßnahme zu bestimmen. Ausgehend vom Barwert der Investitionskosten werden dann unter Berücksichtigung des Nutzungszeitraums die jährlichen Kosten des Baulastträgers ermittelt.

Der mittlere Nutzungszeitraum der betrachteten Maßnahme ergibt sich in Abhängigkeit des maßnahmenspezifisch zu bestimmenden Annuitätenfaktors. Dieser ist das mit den Kostenanteilen der einzelnen Anlagenteile gewichtete arithmetische Mittel der Annuitätenfaktoren dieser Anlagenteile, wobei Grunderwerbskosten und Planungskosten nicht einbezogen werden:

$$f_A = \sum_n \left(\frac{NK_{2012,n}}{NK_{2012}} \cdot f_{A,n} \right)$$

mit f_A	mittlerer Annuitätenfaktor der Maßnahme	[1/a]
$NK_{B,2012,n}$	Nettobaukosten für nicht abschreibungsfähige Teilleistung n bzw. abschreibungsfähiges Anlagenteil n zum Preisstand 2012	[€]
$NK_{B,2012}$	Nettobaukosten der Straßenbaumaßnahme zum Preisstand 2012	[€]
$f_{A,n}$	Annuitätenfaktor für nicht abschreibungsfähige Teilleistung n bzw. abschreibungsfähiges Anlagenteil n	[1/a]

Der jeweilige Annuitätenfaktor ergibt sich aus dem Abschreibungszeitraum des Anlagenteils bei einem Zinssatz von 1,7 % pro Jahr. Die jeweils zu Grunde gelegten Abschreibungszeiträume orientieren sich im Wesentlichen an den entsprechenden Nutzungsdauern der „Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung“ (ABBV).

In Tabelle 8 sind für die einzelnen Anlagenteile bzw. Teilleistungen die Nettokosten zum Preisstand 2010 bzw. 2017 (Brückenbau sowie Baunebenkosten und weitere Kosten) bzw. 2014 (Straßenbau) und die sich hieraus durch Berücksichtigung der Entwicklung des Baupreisindex (hierzu ist der Faktor aus dem Verhältnis des Index für 2012 zum Index für das Jahr der Kostenermittlung, hier 2010 bzw. 2017 und 2014, angegeben) ergebenden Nettokosten zum Preisstand 2012 dargestellt. Zudem sind die Abschreibungszeiträume der einzelnen Anlagenteile bzw. Teilleistungen und die sich hieraus ergebenden Annuitätenfaktoren angegeben.

Tabelle 8: Nettokosten sowie Abschreibungszeiträume und Annuitätenfaktoren der einzelnen Anlagenteile/Teilleistungen

Anlagenteil bzw. Teilleistung	NK _{KE,n} * [€]	f _{BPI,n} [a]	NK _{2012,n} [€]	d _n [a]	f _{A,n} [1/a]
1 Grunderwerbskosten	–	–	–	∞	0,01700
2.1 Baustelleneinrichtung	325.629	0,964	313.820	∞	0,01700
2.2 Erd-/Abbrucharbeiten					
2.2.1 Rückbau Nebenflächen/Fahrbahn, Baufeldfreimachung	924.750	0,964	891.214	∞	0,01700
2.2.1 Erdbau Auf-/Abtrag	443.880	0,964	427.783	80	0,02296
2.3 Straßenbauarbeiten					
2.3.1 Neubau Fahrbahn (Asphalt, Tragschichten, Borde)	2.634.345	0,964	2.538.811	25	0,04943
2.3.2 Neubau Parkstände (Pflaster, Tragschichten, Borde)	214.060	0,964	206.2971	60	0,02672
2.3.3 Neubau Geh-/Radwege (Pflaster, Tragschichten, Borde)	456.050	0,964	439.511	25	0,04943
2.3.4 Neubau Grand-/Grünfläche	5.500	0,964	5.301	15	0,07609
2.4 Verschiedenes					
2.4.1 Straßenentwässerung (Trumme mit Anschlussleitung)	200.712	0,964	193.433	80	0,02296
2.4.2 Beleuchtung Straße (alle 30 m, einseitig)	450.000	0,964	433.681	30	0,04283
2.4.3 Beleuchtung Geh-/Radwege (alle 25 m, einseitig)	200.000	0,964	192.747	30	0,04283
2.4.4 Anpassung Rampen Großmarktgebäude	450.000	0,964	433.681	70	0,02454
2.4.5 Umbau LSA (Anschluss an Amsinckstraße)	300.000	0,964	289.121	15	0,07609
2.4.6 Neubau LSA (dreiarmer Knotenpunkt)	150.000	0,964	144.560	15	0,07609
2.4.7 Neubau Fußgänger-LSA	82.000	0,964	79.026	15	0,07609
2.4.7 Anpassungen, Provisorien, Verkehrseinrichtungen	325.523	0,964	313.718	∞	0,01700
2.5 Brückenbau	53.000.000	1,052	55.756.000	70	0,02454
2.6 Weitere Kosten					
2.6.1 Anpassung Großmarktgelände	2.500.000	0,912	2.279.160	∞	0,01700
2.6.2 Lärmschutzmaßnahmen (aktiv)	1.000.000	0,912	911.664	30	0,04283
2.7 Baunebenkosten					
2.7.1 Straßenbau (20 % der Kosten Pos. 2.1-2.4)	1.432.490	0,964	1.380.541	∞	0,01700
2.7.2 Brücke (20 % der Kosten Pos. 2.5)	10.600.000	1,052	11.151.200	∞	0,01700
2.7.3 Weitere Kosten (20 % der Kosten Pos. 2.6)	700.000	0,912	638.165	∞	0,01700
2.8 Kostenvarianz					
2.8.1 Straßenbau (20 % der Kosten Pos. 2.1-2.4 und 2.7.1)	1.718.988	0,964	1.656.649	∞	0,01700
2.8.2 Brückenbau (20 % der Kosten Pos. 2.5 und 2.7.2)	12.720.000	1,052	13.381.440	∞	0,01700
2.8.3 Weitere Kosten (20 % der Kosten Pos. 2.6 und 2.7.3)	840.000	0,912	765.798	∞	0,01700
2.9 Baukosten insgesamt					
2.9.1 Straßenbau (Summe der Pos. 2.1-2.4, 2.7.1 und 2.8.1)	10.313.927		9.939.895		
2.9.2 Brückenbau (Summe der Pos. 2.5, 2.7.2 und 2.8.2)	76.320.000		80.288.640		
2.9.3 Weitere Kosten (Summe der Pos. 2.6, 2.7.3 und 2.8.3)	5.040.000		4.594.786		
3 Planungskosten					
3.1 Straßenbau (20 % der Kosten Pos. 2.9.1)	2.062.785	0,964	1.987.979	∞	0,01700
3.2 Brückenbau (20 % der Kosten Pos. 2.9.2)	15.264.000	1,052	16.057.728	∞	0,01700
3.3 Weitere Kosten (20 % der Kosten Pos. 2.9.3)	1.008.000	0,912	918.957	∞	0,01700
3.4 Monitoring DB-Anlagen und U-Bahn	1.500.000	0,912	1.367.496	∞	0,01700
Gesamtkosten (netto)	111.508.712		115.155.480		

* Kostenermittlung für Brückenbau zum Preisstand 2010, für Baunebenkosten und weitere Kosten zum Preisstand 2017, für Straßenbau zum Preisstand 2014

Die Nettobaukosten zum Preisstand 2012 betragen 94,8 Mio. €, davon entfallen 80,3 Mio. € auf den Brückenbau, dies sind knapp 85 % der Baukosten. Mit den Planungskosten in Höhe von etwa 19,1 Mio. € ergeben sich für die geplante Großmarktbrücke damit Gesamtkosten (netto) von rund 115,2 Mio. € zum Preisstand 2012.

Der mittlere Annuitätenfaktor der betrachteten Maßnahme beträgt 0,02329. Damit kann der maßnahmenspezifische Nutzungszeitraum bestimmt werden:

$$T_N = \frac{\ln\left(\frac{f_A}{f_A - \frac{p}{100}}\right)}{\ln\left(1 + \frac{p}{100}\right)}$$

mit T_N	Nutzungszeitraum der betrachteten Straßenbaumaßnahme	[a]
f_A	mittlerer Annuitätenfaktor für betrachtete Straßenbaumaßnahme	[1/a]
p	Zinssatz	[%/a]

Als Zinssatz werden 1,7 % pro Jahr angesetzt.

Der maßnahmenspezifische Nutzungszeitraum der geplanten Großmarktbrücke beträgt rund 78 Jahre.

Die während der Planungs- und Bauzeit anfallenden Investitionskosten (Nettokosten zum Preisstand 2012) sind auf den Zeitpunkt des Planungsbeginns der Straßenbaumaßnahme bzw. – sofern bereits Planungsstufen abgeschlossen sind – auf den Zeitpunkt der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zu diskontieren, um ihren Barwert zu bestimmen. Als Planungsbeginn wird der 1. Juli 2021 angesetzt. Laut dem Grobterminplan von Körting Ingenieure GmbH beträgt die vorgesehene Planungsdauer 42 Monate und endet demnach am 31. Dezember 2024. Baubeginn ist der 1. Januar 2025, so dass bei einer vorgesehenen Bauzeit von 36 Monaten bis zum 31. Dezember 2027 die Verkehrsfreigabe zum 1. Januar 2028 erfolgen kann.

Es wird ein gleichmäßiger Mittelabfluss während der Planungs- und Bauzeit bezogen auf Kalenderjahre angenommen. Da in die Planungs- oder Bauzeit nur Teile von Kalenderjahren fallen, werden in diesen Jahren nur jeweils die anteiligen Kosten der sonst angesetzten jährlichen Kosten für Planung bzw. Grunderwerb und Bau angesetzt. Damit ergeben sich der Barwert der Planungskosten eines Kalenderjahres in der Planungszeit sowie der Barwert der Baukosten eines Kalenderjahres in der Bauzeit in Abhängigkeit des Zeitraums zwischen Ausgabentätigung und Zeitpunkt des Planungsbeginns:

$$KA_{P,j} = NK_{P,j} \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t$$

mit	$KA_{P,j}$	Barwert der Planungskosten eines Kalenderjahres in der Planungszeit	[€]
	$NK_{P,j}$	Planungskosten im Kalenderjahr j gemäß Mittelabfluss	[€]
	p	Zinssatz	[%/a]
	t	Zeitraum zwischen Ausgabentätigung und Zeitpunkt des Planungsbeginns in Jahren	[a]

und

$$KA_{B,j} = NK_{B,j} \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t$$

mit	$KA_{B,j}$	Barwert der Baukosten eines Kalenderjahres in der Bauzeit	[€]
	$NK_{B,j}$	Baukosten im Kalenderjahr j gemäß Mittelabfluss	[€]
	p	Zinssatz	[%/a]
	t	Zeitraum zwischen Ausgabentätigung und Zeitpunkt des Planungsbeginns in Jahren	[a]

Als Zinssatz sind dabei jeweils 1,7 % pro Jahr anzusetzen.

Tabelle 9: Planungs- und Baukosten gemäß Mittelabfluss und Barwert der Kosten für Kalenderjahre während Planungs- und Bauzeit

Jahr	Kosten im Kalenderjahr gemäß Mittelabfluss		Barwert der Kosten für Kalenderjahr	
	$NK_{P,j}$ [€] Planung	$NK_{B,j}$ [€] Bau	$KA_{P,j}$ [€] Planung	$KA_{B,j}$ [€] Bau
2021	2.904.594	–	2.904.594	–
2022	5.809.189	–	5.760.032	–
2023	5.809.189	–	5.663.748	–
2024	5.809.189	–	5.569.074	–
2025	–	31.607.773	–	29.793.425
2026	–	31.607.773	–	29.295.403
2027	–	31.607.773	–	28.805.706

Aus den Planungskosten von 19,1 Mio. € ergibt sich über die Planungszeit von 42 Monaten ein Mittelabfluss von 5.809.189 € bezogen auf ein Kalenderjahr. Der Mittelabfluss der Baukosten von rund 94,8 Mio. € über die Bauzeit von 36 Monaten ergibt sich zu 31.607.773 € bezogen auf ein Kalenderjahr. In Tabelle 9 sind der jährliche Mittelabfluss der Planungs- und Baukosten über die Planungs- bzw. Bauzeit sowie die jeweiligen Barwerte der Kosten für die betroffenen Kalenderjahre angegeben.

Der Barwert der während der Planungs- und Bauzeit insgesamt anfallenden Investitionskosten ergibt sich aus den Barwerten der Planungs- und Baukosten für die einzelnen Kalenderjahre:

$$KA = \sum_j KA_{P,j} + \sum_j KA_{B,j}$$

mit	KA	Barwert der Investitionskosten	[€]
	$KA_{P,j}$	Barwert der Planungskosten des Kalenderjahres j in der Planungszeit	[€]
	$KA_{B,j}$	Barwert der Baukosten des Kalenderjahres j in der Bauzeit	[€]
	j	Kalenderjahr in der Planungs- bzw. Bauzeit	[a]

Der Barwert der insgesamt anfallenden Investitionskosten beträgt etwa 107,8 Mio. €. Davon entfallen rund 19,9 Mio. € auf die Planungskosten und rund 87,9 Mio. € auf die Baukosten.

Aus dem Barwert der Investitionskosten ergeben sich unter Berücksichtigung des mittleren Annuitätenfaktors die zusätzlichen jährlichen Kosten des Baulastträgers:

$$KI = KA \cdot f_A$$

mit	KI	zusätzliche jährliche Kosten des Baulastträgers für die betrachtete Straßenbaumaßnahme	[€/a]
	KA	Barwert der Investitionskosten	[€]
	f_A	mittlerer Annuitätenfaktor für betrachtete Straßenbaumaßnahme	[1/a]

Die zusätzlichen jährlichen Kosten des Baulastträgers für die geplante Großmarktbrücke betragen danach 2.510.392 €/a.

7 Bestimmung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses

Das Nutzen-Kosten-Verhältnis gibt an, welcher Nutzen in Euro für jeden auf der Kostenseite aufgewendeten Euro erwartet werden kann. Im Allgemeinen genügt es, das Nutzen-Kosten-Verhältnis für das Jahr zu ermitteln, in dem der Zweck der Straßenbaumaßnahme voll erreicht ist.

Dabei wird über den Nutzungszeitraum der Straßenbaumaßnahme ein annähernd konstanter Nutzenverlauf vorausgesetzt. Damit genügt es, den Nutzen nur für ein Jahr zu berechnen und diesen für die übrigen Jahre des Nutzungszeitraums in gleicher Höhe anzusetzen.

Bei einem annähernd konstanten Nutzenverlauf ergibt sich das Nutzen-Kosten-Verhältnis aus dem jährlichen Gesamtnutzen als Summe der Nutzenanteile aller betrachteten Nutzenkomponenten in Bezug zu Gesamtkosten eines Jahres, die den zusätzlichen jährlichen Kosten des Baulastträgers aus den Investitionskosten entsprechen:

$$NKV = \frac{N_a}{K_a}$$

mit NKV	Nutzen-Kosten-Verhältnis	[-]
$N_a = \sum N_{a,k}$	Gesamtnutzen eines Jahres	[€/a]
$K_a = KI$	Gesamtkosten eines Jahres	[€/a]

Mit dem ermittelten Nutzen von 4.463.698 €/a und den zusätzlichen jährlichen Kosten des Straßenbulasträgers in Höhe von 2.510.392 €/a ergibt sich für den hier betrachteten Planfall mit Großmarktbrücke:

$$NKV = 1,78$$

Somit ist die Realisierung der geplanten Großmarktbrücke als volkswirtschaftlich sinnvoll zu bewerten.

8 Zusammenfassung

Aus der Nutzen-Kosten-Analyse ergeben sich für den Planfall mit Großmarktbrücke insgesamt positive Nutzen im festgelegten Untersuchungsnetz gegenüber dem Bezugsfall ohne Brücke in Höhe von 4.463.698 €/a. Dieser jährliche Nutzen ist deutlich höher als die zusätzlichen jährlichen Kosten für den Bulasträger in Höhe von 2.510.392 €/a, die sich über den Barwert aus den Gesamtkosten (netto) von rund 107,8 Mio. € zum Preisstand 2012 ergeben. Diese Nettokosten sind „rechnerische Kosten“ im Rahmen der Nutzen-Kosten-Analyse und entsprechen nicht dem für den Bau der Großmarktbrücke einschließlich der zugehörigen Verkehrsanlagen im Haushalt einzustellenden Betrag.

Aus dem genannten jährlichen Nutzen und den jährlichen Kosten ergibt sich für die geplante Großmarktbrücke unter den gegebenen Randbedingungen und den zu Grunde gelegten Annahmen bzw. getroffenen Festlegungen ein $NKV = 1,78$. Damit ist die Realisierung der Großmarktbrücke volkswirtschaftlich sinnvoll.

Durch die geplante Großmarktbrücke ergeben sich vor allem deutliche Verbesserungen im Verkehrsablauf mit einem hohen positiven Nutzenanteil aus Veränderung der Fahrtzeiten im Kfz-Verkehr. Hinzu kommen positive Nutzenanteile aus Veränderung des Unfallgeschehens und Veränderung der Trennwirkung. Dagegen stehen – insgesamt jedoch deutlich geringere – negative Nutzenanteile aus der Veränderung der Betriebskosten im Kfz-Verkehr, der Veränderung der Umweltkosten und der Veränderung der laufenden Kosten.

Die Nutzen-Kosten-Analyse ist als eine Entscheidungshilfe anzusehen, die ausschließlich eine volkswirtschaftliche Beurteilung der geplanten Großmarktbrücke darstellt. Darüber hinaus sollten auch weitere Bewertungskriterien in die Entscheidungsfindung über den Bau der Großmarktbrücke einbezogen werden. Dies sind verkehrliche Wirkungen, die in der Nutzen-Kosten-Analyse nicht berücksichtigt sind. Zu nennen sind hier die sich mit der geplanten Großmarktbrücke durchaus ergebenden Vorteile für den Radverkehr sowie auch für den Fußgängerverkehr und den ÖPNV, aber auch Wirkungen, die sich im Bereich der Stadtentwicklung und der Standortentwicklung (beispielsweise Beschäftigungseffekte oder Wirtschaftsbeziehungen) ergeben können.

Literatur/Quellen

Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung (ABBV): Verordnung zur Berechnung von Ablösungsbeträgen nach dem Eisenbahnkreuzungsgesetz, dem Bundesfernstraßengesetz und dem Bundeswasserstraßengesetz. BGBl. I S. 857-871, Berlin, den 1. Juli 2010

Baumaßnahme Großmarktbrücke: Stellungnahme zur Kostenermittlung, Stand: März 2018. [REDACTED] 2018

Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS), Entwurf 1997. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 1997

Grobterminplan Großmarktbrücke, Stand: Juni 2017. [REDACTED]

Innere Erschließung Hafen: Großmarktbrücke und Rampen Versmannstraße, Lagepläne für Planungsbereiche 1 und 2, Stand: 26. Juli 2010. Planung im Auftrag des Landesbetriebs Straßen, Brücken und Gewässer der Freien und Hansestadt Hamburg [REDACTED] 2010

Masterplan Elbbrücken Hamburg. Gutachten im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, [REDACTED]

[REDACTED] 2005

Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten, Anhang B: Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung, aktualisierte Fassung 2014. Umweltbundesamt, Dessau 2014

Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt), Ausgabe 2006. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2006

Richtlinien für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (RWS), Entwurf 2017, Stand: Juni 2017. FE 23.0009/2006 „Erarbeitung neuer Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Wirtschaftlichkeitsberechnungen (RAS-W) mit Aktualisierung der Nutzen- und Kostenkomponenten“ im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, ARGE RAS-W unter Federführung der [REDACTED]

[REDACTED] 2017

Verkehrsuntersuchung „Stadttor Hamburg Süd-Ost“. Studie im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Behörde für Bau und Verkehr, [REDACTED]

[REDACTED] 2003

Anlagen

Anlage 1: Untersuchungsnetz: Festlegung

Anlage 2: Untersuchungsnetz: Veränderung der Kfz-Belastung (DTV)

Anlage 3: Untersuchungsnetz: Kategoriengruppen

Anlage 4: Untersuchungsnetz: Art der städtebaulichen Nutzung der angrenzenden Bebauung

Anlage 5: Untersuchungsnetz: Zuordnung der Tagesganglinientypen für Montag bis Donnerstag

Anlage 6: Untersuchungsnetz: Zuordnung der Tagesganglinientypen für Freitag

Die Anlagen sind in der elektronischen Fassung als gesonderte Anhänge beigefügt.