

## Beschlussvorlage

öffentlich

Drucksachenummer

VO/24/20872/68

Zuständig

Amt für Stadtbahnneubau -  
Regiebetrieb der Stadt Regensburg

Berichterstattung

Planungs- und Baureferent Plajer

**Gegenstand: Stadtbahn - Ergebnis der Nutzen-Kosten-Untersuchung  
(Standardisierte Bewertung)**

Beratungsfolge

Datum

Gremium

19.03.2024	Ausschuss für den Neubau einer Stadtbahn
20.03.2024	Stadtrat der Stadt Regensburg

### Beschlussvorschlag:

Der Ausschuss empfiehlt / Der Stadtrat beschließt:

1. Die Ergebnisse der Nutzen-Kosten-Untersuchung (Standardisierte Bewertung) werden zu Kenntnis genommen.
2. Die Verwaltung wird beauftragt, auf der Grundlage des Mitfalls „Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden“ (Nutzen-Kosten-Indikator 1,54) die Planungen bis vor Beantragung der Planfeststellung einschließlich der Leistungsphase 4 vorzubereiten und die Nutzen-Kosten-Untersuchung entsprechend fortzuschreiben.
3. Die Verwaltung wird beauftragt, die Ergebnisse der Nutzen-Kosten-Untersuchung als Grundlage der weiteren Abstimmung mit dem Zuschussgeber zu verwenden.
4. Die Aufträge an die Verwaltung ergehen unter Vorbehalt:
  - einer Nutzen-Kosten-Untersuchung (NKU) im Rahmen der Standardisierten Bewertung größer 1 und
  - eines positiven Bürgerentscheids „Stadtbahn“ (VO/24/20913/33) und
  - der Finanzierung unter Berücksichtigung der dauerhaften Leistungsfähigkeit der Stadt Regensburg.

## **Sachverhalt:**

### 1. Hintergrund und Anwendungserfordernis Standardisierten Bewertung

Maßgebliche Grundlage zur Beurteilung der Gesamtwirtschaftlichkeit und Förderwürdigkeit von Straßenbahn- bzw. Stadtbahnprojekten ist das Verfahren der "Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen im öffentlichen Personennahverkehrs" (im Folgenden kurz "Standardisierte Bewertung" oder Nutzen-Kosten-Untersuchung NKU genannt). Dieses vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr gemeinsam mit den Verkehrsministerien der Länder vorgegebene Verfahren verfolgt das Ziel, die Entscheidungsgrundlage für den Einsatz öffentlicher Investitionsmittel nach dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) auf einer einheitlichen Bewertungsmethodik herbeizuführen, um dabei auch örtlich, technisch und verkehrlich unterschiedlichen Vorhaben nach gleichen Maßstäben beurteilen zu können. Bei Projekten ab einer Investitionshöhe von über 30 Mio. € erfolgt eine Bewertung mittels dem in der Verfahrensanleitung beschriebenen Regelverfahren.

### 2. Methodik der Standardisierten Bewertung

Das Bewertungsverfahren beruht auf dem Mitfall/Ohnefall-Prinzip. Hierbei wird ein Planfall, bei dem das zu prüfende Investitionsvorhaben realisiert ist (Mitfall) den Verhältnissen ohne Realisierung des Vorhabens (Ohnefall) gegenübergestellt. In der Bilanz ergeben sich Messgrößen auf Nutzen- und auf Kostenseite, aus denen sich nach Durchlauf des Rechenverfahrens ein Nutzen-Kosten-Indikator ergibt. Der Nutzen-Kosten-Indikator (NKI) bzw. das Nutzen-Kosten-Verhältnis) muss dabei größer eins ( $NKI > 1,00$ ) sein, damit nach dem Regelverfahren die Wirtschaftlich- bzw. Förderwürdigkeit nachgewiesen ist.

Sowohl Mit- als auch Ohnefall beziehen sich auf einen Prognosehorizont (hier 2035), wobei Änderungen in den Strukturdaten (z.B. neue Baugebiete, Einwohnerzuwächse etc.), aber auch gesicherte verkehrliche Infrastrukturprojekte abgebildet sind.

Für den Ohnefalls als wirtschaftlich tragfähiger Endzustand ist die Beschlusslage der lokalen und regionalen Aufgabenträger zur Entwicklung der ÖPNV-Angebote zu berücksichtigen, bei dem davon auszugehen ist, dass dieser auf einer nachweislich finanziell abgesicherten Planung beruht.

Der Mitfall bildet im ÖPNV-Angebot das Investitionsvorhaben (Stadtbahnnetz und Fahrtenangebot) inkl. aller darauf bezogenen Anpassungen anderer ÖPNV-Systeme (v.a. Busverkehr) ab. Der Ohnefall bildet die bis zum Planungshorizont voraussehbaren Änderungen hinsichtlich des bestehenden ÖPNV-Systems (Busnetz und Bedienungsangebot) ab. Die Betriebskosten des ÖPNV-Angebots werden sowohl für den Mit- und Ohnefall ermittelt. Diese Kostenwirkungen im Vergleich Mit-/Ohnefall werden auf der Nutzenseite berücksichtigt (Saldo Betriebskosten).

Auf der Kostenseite der NKU stehen die Kosten für die Infrastrukturinvestition im Fokus, deren Förderwürdigkeit es zu bewerten gilt. Hierbei werden die ermittelten Infrastrukturkosten der Stadtbahntrasse (ohne die Kosten des Betriebshofes und der Fahrzeuge sowie ggf. Streckenabschnitte, die lediglich betriebliche Zwecke haben) nach den vom Verfahren vorgegebenen Abschreibungs- und Verzinsungssätzen annualisiert und als Kapitaldienst Infrastruktur zzgl. Unterhaltskosten ausgegeben.

Die Bewertung der verschiedenen Nutzenaspekte erfolgt nach einheitlich zu verwendenden Kosten- und Wertansätzen, die durch das Verfahren vorgegeben werden. Deren Höhe bezieht sich gemäß aktueller Verfahrensanleitung auf das Jahr 2016. Für die Durchführung der Bewertung ist deshalb erforderlich, dass auch die o.g. Investitionskosten auf den Preisstand 2016 rückgerechnet werden. Hiermit sichert der Bund auch die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Projekte.

Die Verfahrensanleitung ist auf der Homepage des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr einsehbar (<https://www.bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/standardisierte-bewertung-2016plus-verfahrensanleitung.html>).

### 3. Funktion der NKU zum jetzigen Planungsstand des Regensburger Stadtbahnprojekts

Maßgeblich für die Beurteilung der Förderwürdigkeit eines Vorhabens ist seine Wirtschaftlichkeit zum Zeitpunkt der Entscheidung über die Zuwendungen. Dieser Zeitpunkt liegt i. d. R. nach Planfeststellung eines Vorhabens, sodass Kostenberechnungen für die Investitionen auf der Grundlage der Genehmigungsplanung (Leistungsphase 4 nach HOAI) bzw. der Ausführungsplanung (Leistungsphase 5 nach HOAI) vorliegen und somit weitgehend abgesichert sind.

Dieses Stadium hat das Regensburger Stadtbahnprojekt derzeit noch nicht erreicht. Die aktuell durchgeführte NKU hat deshalb v.a. die Funktion, für Entscheidungsgremien und Öffentlichkeit aufzuzeigen, ob nach den mit der Masterplanung vollzogenen Konkretisierungsschritten das Projekt weiterhin in einem Bereich liegt, der absehbar nach den derzeit geltenden Rahmenbedingungen für das Projekt und seinen Zuschnitt die Wirtschaftlichkeit nachweist und folglich auch entsprechende Zuschüsse nach den Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetzen von Bund und Freistaat erwarten lässt. Dabei geht es nicht zuletzt auch darum, Sicherheit dahingehend zu gewinnen, dass Planungskosten der anstehenden Leistungsphasen gerechtfertigt sind.

Wegen der zum derzeitigen Projektstand noch geringen Kostensicherheit (Leistungsphase 2 entspricht einer qualifizierten Kostenschätzung) ist durch eine sog. Sensitivitätsbetrachtung mit einem entsprechenden Zuschlag – bei Leistungsphase 2 sind dies +20 Prozent - darzulegen, dass das Projekt auch bei entsprechend erhöhten Kosten noch einen Nutzen-Kosten-Indikator NKI >1,00 erreichen kann. Hierbei bleiben Preisentwicklungen auf Basis des Preisindex außen vor, da wie oben geschildert ein Vergleich zum Preisstand 2016 herangezogen wird.

Eine Fortschreibung der Nutzen-Kosten-Untersuchung ist für den Vorhabenträger sicher vor der Entscheidung, eine Planfeststellung zu beantragen, sinnvoll und nochmals verfahrenstechnisch notwendig, um nach Vorliegen des Planfeststellungsbeschlusses auf Basis der Genehmigungsplanung einen Förderbescheid zu erhalten.

## 4. Aktuelle Fortschreibung der NKU für das Stadtbahnprojekt Regensburg

### *4.1 Netzvarianten Stadtbahn*

Für die Bewertung der Trasseninfrastruktur liegen zwei Netzgrößen vor: Zum einen das ursprüngliche Kernnetz (Abbildung 1), das Grundlage des Beschlusses von 2018 zur Aufnahme der Planung war (14,5 km). Ergänzt ist dieses Netz lediglich durch die ca. 1 km lange Strecke zum ausgewählten Betriebshofstandort. Der Anteil auf besonderem Bahnkörper beträgt ca. 70 Prozent. Das Netz umfasst 27 Haltestellen.

Zum anderen ist das Kernnetz ergänzt um die in der Sitzung des Ausschusses für den Neubau einer Stadtbahn (VO/22/19378/68) beauftragte Südspange zu bewerten. Vor dem Hintergrund der jüngst erfolgten Prüfung der Trassenalternativen im Stadtnorden (Alternativen zur Trassenführung durch die mittlere Sandgasse) bietet sich an, hier die empfohlene Variante A2-B2 (siehe VO/24/20847/68) in dieses Netz zu übernehmen, so dass mit dem Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden (Abbildung 2) das zweite zu bewertende Netz vorliegt. Dies hat eine Gesamtlänge von 17,7 km, davon ca. 75 Prozent auf besonderem Bahnkörper. Das Netz umfasst 30 Haltestellen.

Die Planung befindet sich im Stand einer Vorentwurfsplanung (Leistungsphase 2 HOAI), im Rahmen der weiteren Entwurfsplanung (Leistungsphase 3 HOAI) sind Trassen und Varianten detaillierter nachzuweisen und im Einzelfall Entscheidungen zu weiteren Varianten und konkreten Ausbauplanungen anzustellen. In diesem Sinne sind hierzu Anpassungen zu planerischen Vorfestlegungen weiterhin möglich und notwendig, jeweils mit dem Fortschritt der Planungen und ggf. neuen Erkenntnissen.

Für beide Netze wurden die Kosten ermittelt. Näheres hierzu wird im gesonderten TOP in dieser Sitzung ausgeführt (VO/24/20866/68).

Abbildung 1: Kernnetz ohne Südspange

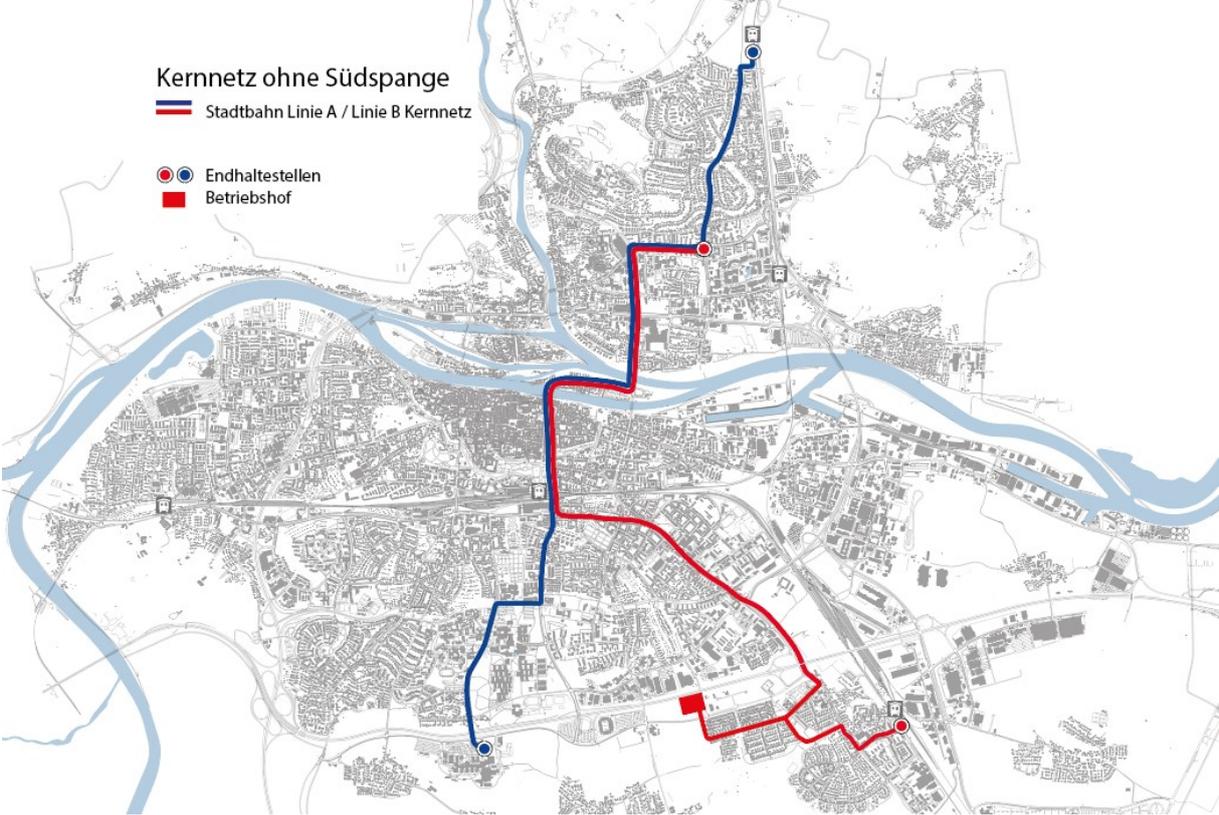
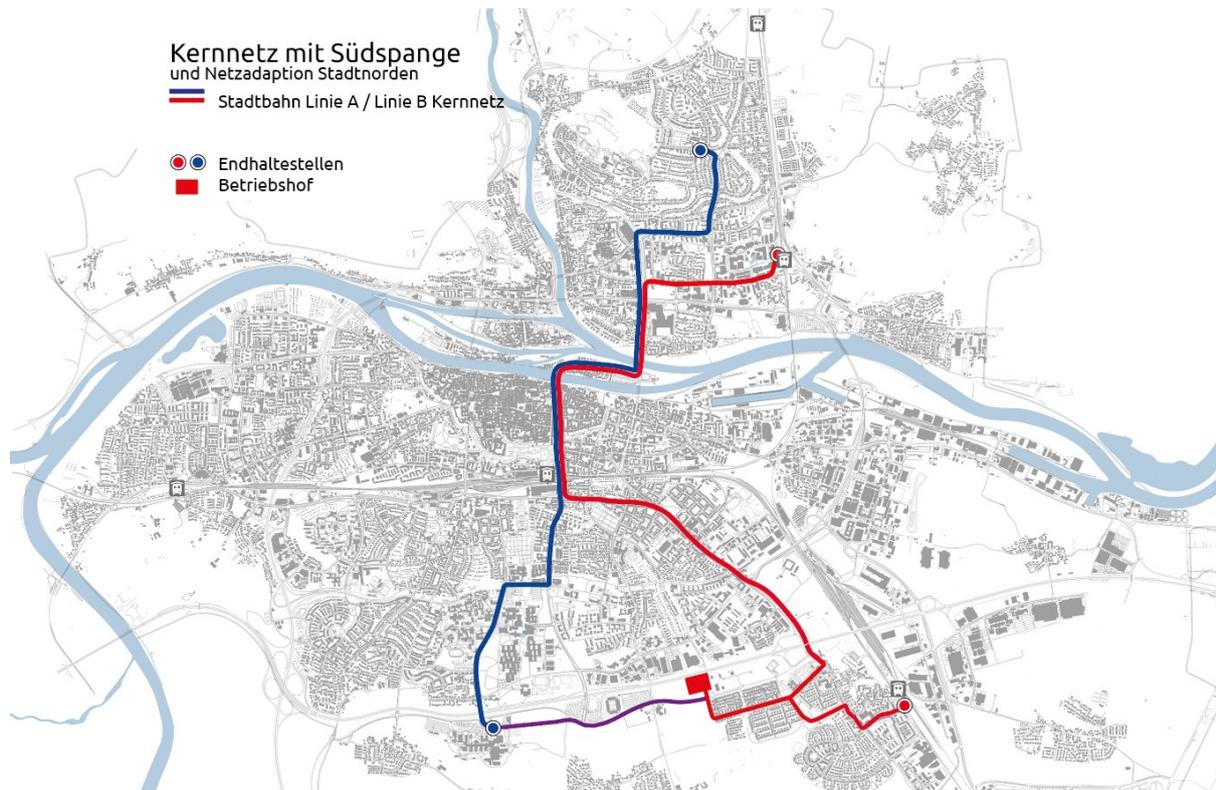


Abbildung 2: Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden (Empfehlung)



Für beide Netze wird jeweils davon ausgegangen, dass in Burgweiting die Variante der Trassenführung über die Villa rustica befahren wird. Hierdurch erfolgt allerdings noch keine Vorfestlegung bezüglich der letztlich zu bevorzugenden Variante. Die Unterschiede im Bewertungsergebnis der Nutzen-Kosten-Untersuchung, die hieraus entstehen würden, werden als marginal angesehen.

#### 4.2 Betriebskonzept Stadtbahn

Für das Fahrplanangebot auf dem geplanten Streckennetz besteht ein gewisser Spielraum. Grundsätzlich ist eine hohe Angebotsdichte bzw. Taktung positiv in Bezug auf das Volumen gewonnener Fahrgäste. Gleichzeitig werden dabei aber auch höherer Kosten beim Bedarf der einzusetzenden Fahrzeuge und bei den lauffleistungsabhängigen Betriebskosten erzeugt. Das bisher zu Grunde gelegte Angebotskonzept mit einem 5-Minutentakt sowohl auf der Linie A als auch der Linie B wurde deshalb nochmal überprüft. Grundlage hierfür waren Vergleiche mit anderen Städten und den dort üblichen Fahrzeugdichten im Netz. Weitere Grundlage waren die ersten Ergebnisse der Verkehrsmodellumlegung und der dabei erzielten Fahrgastpotenziale auf den einzelnen Linienarmen. Auf Basis dieser iterativen Prozesse wurden nochmals verschiedene Bedienungskonzepte betrachtet, um eine Empfehlung für eine Angebotsoptimierung abzuleiten und der NKU zugrunde legen zu können.

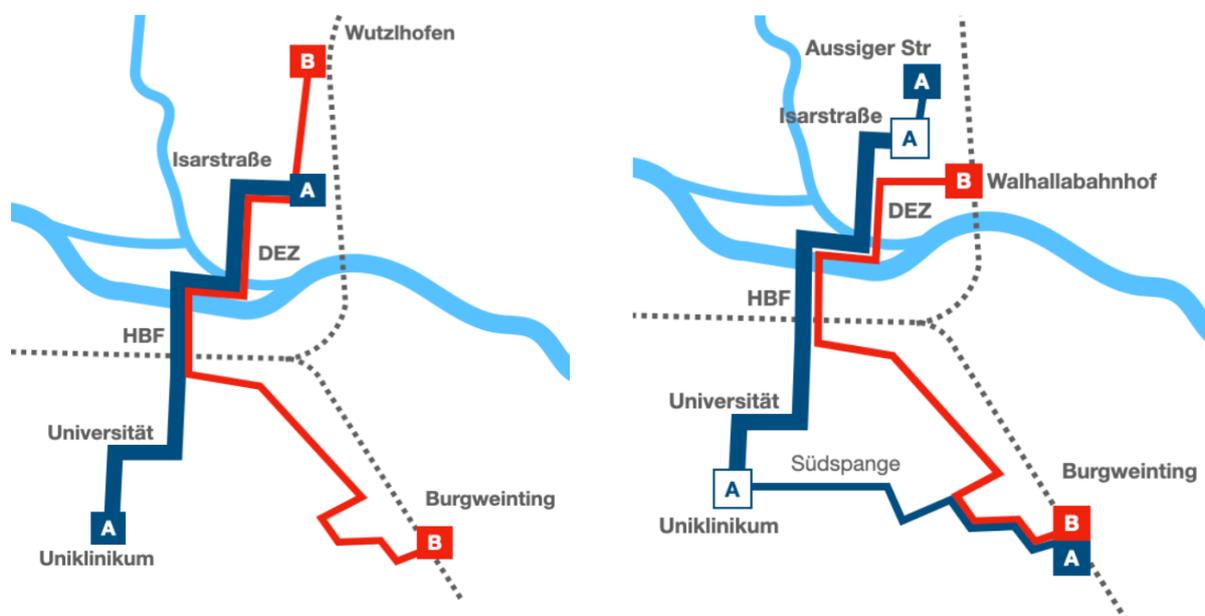
In Anlage 1 sind die diskutierten Angebotskonzepte sowohl für das Kernnetz ohne als auch mit Südspange vergleichend gegenübergestellt. Aus den dargestellten Kennwerten wird deutlich, dass gegenüber dem o.g. durchgehenden 5-Minutentakt je Linie Einsparungen von 25 bis 30 Prozent möglich sind, in dem eine relevant geringere Anzahl von Fahrzeugen angeschafft werden muss und der jährliche betriebliche Aufwand reduziert werden kann. Die

Ansätze berücksichtigen dabei, dass die Fahrgastnachfrage insbesondere an den äußeren Streckenabschnitten des Netzes regelmäßig keine Bedienung im 5-Minutentakt erfordern. Auch zentralere Streckenabschnitte, die eine vergleichsweise geringe Belastung aufweisen, sollten im Takt reduziert werden. Dies betrifft den Abschnitt Landshuter Straße, der insb. bei gleichzeitigem Angebot auf der Südspange eine geringere Nachfrage aufweist, da ein Teil der Fahrten von Burgweinting zu verkehrswichtigen Zielen (Universitätsklinikum, Universität/OTH) über die Südspange erfolgt.

Als optimiertes Bedienkonzept wird für das Kernnetz ohne Südspange das Modell B (Abbildung 3a) unterstellt, nachdem auf der Linie A lediglich zwischen Isarstraße (Heilig-Geist-Kirche) und Universität ein 5-Minuten-Takt vorgehalten wird; die Linie B verkehrt hingegen im 10-Minutentakt und hat ihren Endpunkt in Wutzlhofen.

Für das Kernnetz mit Südspange wird das Modell E (Abbildung 3b) zugrunde gelegt. Hierbei verkehrt die Linie A im 10-Minutentakt auf der Strecke Aussiger Straße – Hbf. – Universität – Stadion – Burgweinting-Bahnhof und wird dabei im Abschnitt Isarstraße (Heilig-Geist-Kirche) bis Universität (oder Universitätsklinikum) durch eine ebenfalls im 10-Minutentakt verkehrende Linie verstärkt (im gemeinsamen Abschnitt ergibt sich ein 5-Minutentakt auf der Linie A). Die Linie B verkehrt im 10-Minutentakt zwischen SPNV-Haltepunkt Walhallastraße – im Abschnitt ab Landratsamt - DEZ – Hbf. (parallel zur Linie A) und weiter über St. Josef-Krankenhaus bis Burgweinting-Bahnhof.

Abbildung 3 Betriebskonzept Stadtbahn - zu Grunde gelegte Optimierungsansätze  
a) Kernnetz ohne Südspange (Modell B)      b) Kernnetz mit Südspange (Modell E)



Quelle: Dipl.-Ing. Stephan Besier, StadtBahnGestaltung

#### 4.3 Fahrzeitermittlung Stadtbahn

Für das neu geplante Netz sind Annahmen zur künftigen Fahrgeschwindigkeit der Stadtbahn bzw. ein erster Fahrplan abzuleiten. Die Fahrgeschwindigkeiten ergeben sich aus mehreren Einflussfaktoren – u.a.:

- der konkreten Trassierung der einzelnen Abschnitte und den ggf. vorhandenen Limitierungen (Kurvenfahrten, Weichenüberfahrten),
- den zulässigen Höchstgeschwindigkeiten der befahrenen Verkehrsräume (insb. Strecken im Mischverkehr),
- aus den betrieblichen Abläufen an Haltestellen in Abhängigkeit der ein- und aussteigenden Fahrgastmengen,
- den Beschleunigungsparametern im Anfahren und Verzögern der Fahrzeuge,
- den Bevorrechtigungsmöglichkeiten an Knoten.

Die Herleitung der zum derzeitigen Projektstand möglichen Annahmen der Fahrzeit sind in Anlage 2 dargestellt. Hierin werden die verschiedenen Einflüsse dargestellt und auch Vergleiche mit Trassenabschnitten anderer Städte geführt.

Nach Standardisierter Bewertung können für Strecken, die noch nicht in Betrieb sind, neben fahrzeug- und streckentypspezifischen Fahrzeitberechnungen auch betriebszweigspezifische Erfahrungswerte für Teilstreckengeschwindigkeiten zugrundegelegt werden. Ein Abgleich wurde dabei für das Regensburger Projekt ergänzend anhand eines Städtevergleichs mit Referenzstrecken durchgeführt.

Hiernach kann für das Stadtbahnangebot des Regensburger Netzes eine durchschnittliche Reisegeschwindigkeit von 20,4 km/h auf der Linie A (Wutzlhofen-Universitätsklinikum) und 21,1 km/h auf der Linie B (Isarstraße-Burgweinting) erreicht werden. Eine höhere Geschwindigkeit ist im Abschnitt der Südspange Burgweinting – Universitätsklinikum erreichbar (>24 km/h).

Der Fahrzeitrechnung ist eine kritische Analyse des geplanten Netzes vorausgegangen, um Vorgaben/Empfehlungen für Optimierungen, die in den anstehenden Planungsphasen näher zu betrachten sind, ableiten zu können. Neben der Umsetzung einer konsequenteren Bevorrechtigung der Stadtbahn an Knoten, ist auch eine umfassendere Ausnutzung höherer Fahrgeschwindigkeiten in Abschnitten mit besonderem Bahnkörper anzustreben. In Abschnitten mit dichter Haltestellenabfolge ist der Entfall einzelner Haltestellen erforderlich. Letzteres betrifft die Haltestelle „Schulzentrum Isarstraße“ und „Odessaring“. Beide Bereiche können durch die Einzugsbereiche benachbarter Haltestellen abgedeckt werden.

Unter Zugrundlegen, der o.g. Prämissen lässt sich das Netz aus der Vorplanung zum einen leistungsfähig, zum anderen wirtschaftlich betreiben. Kürzere Reisezeiten stärken zudem den Fahrgastnutzen in der NKU.

#### 4.4 Busnetz

Das Busnetz ergänzt maßgeblich das Angebot der Stadtbahn. Die für den Mitfall vorgesehenen Anpassungen des Busnetzes wurden im Ausschuss für den Neubau einer Stadtbahn am 05.12.2023 (VO/23/20686/68) durch die SMO vorgestellt.

Der Konzeption des Stadtbusnetzes kommt dabei neben der Zubringerfunktion zur Stadtbahn v.a. auch die Stärkung der ÖPNV-Achsen im Osten und im Westen der Stadt zu. Des Weiteren werden neue tangentielle Direktverbindungen zwischen den Stadtbezirken geschaffen. Hauptlinien werden im 10-Minutentakt verkehren, überwiegend mit Gelenkbussen. Nebenlinien verkehren vorwiegend im 20-Minutentakt mit Standardbussen.

Für die im Stadtnorden vorgesehenen Änderungen im Linienverlauf der Stadtbahn wurde das Busnetz nochmal im Bereich des Stadtnordens angepasst.

Im Betriebskonzept des Busangebots sind die Ziele der Stadt berücksichtigt, die Busflotte sukzessive elektrisch betreiben zu wollen. Dieses Ziel wird für den Prognosehorizont 2035 als vollständig umgesetzt angenommen.

#### 4.5 Berechnungsergebnis Standardisierte Bewertung

Das Büro komobile hat auf Basis des Verkehrsmodells mit fortgeschriebenem Prognosehorizont 2035 mehrere Mitfälle berechnet. Für das Kernnetz ohne Südspange wurde zunächst der auf beiden Linien angebotene 5-Minutentakt unterstellt (erster Mitfall). Damit ist ein guter Vergleich zu den 2017/18 durchgeführten Untersuchungen möglich. In einem weiteren Mitfall wurde für das selbe Netz das optimierte Stadtbahnangebot mit vermindertem Takt auf der Linie B berechnet (zweiter Mitfall). Dem Mitfall mit Südspange und Anpassung im Stadtnorden wurde bereits das optimierte Angebot der Stadtbahn zugrundegelegt (dritter Mitfall).

Die Ergebnisse der Berechnung sind dem beiliegenden Bericht (Anlage 3) zu entnehmen. Hierin sind die Wirkungen in Bezug auf die einzelnen Nutzenaspekte detailliert dargelegt.

Die Ergebnisse der Bewertung werden in der Sitzung durch den Gutachter vorgestellt.

Im Ergebnis wurden folgende Nutzen-Kosten-Indikatoren ermittelt:

	Kernnetz ohne Südspange	Kernnetz ohne Südspange mit optimierten Angebot Stadtbahn	(Empfehlung) Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung Stadtnorden mit optimierten Angebot Stadtbahn
Nutzen-Kosten-Indikator	1,10	1,55	1,54
Sensitivitätsbetrachtung bei 20% höheren Infratsstrukturkosten	0,99	1,38	1,38

Mit dem Ergebnis kann die Wirtschaftlichkeit des Stadtbahnprojektes auf Basis des derzeitigen Planungsstandes nachgewiesen werden. Die Gewährung von Fördermitteln nach dem GVFG ist somit absehbar gegeben.

#### 5. Einordnung des Stadtbahnprojekts in die strategische Ausrichtung und stadtentwicklungsplanerische Zielsetzungen der Stadt Regensburg

Der im Juli 2022 vom Stadtrat „als Grundlage für die Entwicklung der Stadt Regensburg in den kommenden zwei Jahrzehnten“ beschlossene Regensburg Plan 2040 setzt sich das klare Ziel, die Mobilität in Regensburg neu zu denken und den Anteil des Umweltverbundes (Fußgänger, Radfahrer, ÖPNV) am Verkehrsaufkommen stetig zu erhöhen. Konkret soll der Anteil des Umweltverbundes von derzeit 59 Prozent auf 70 Prozent gesteigert werden. Der Anteil des ÖPNV sowie des Fußverkehrs soll dabei auf 40 Prozent erhöht werden. Diese Haltung wird im Übrigen auch mehrheitlich von den Bürgerinnen und Bürgern der Stadt mitgetragen. Bei einer repräsentativen Befragung „Leben in Regensburg“ im Jahr 2019 gaben

etwa zwei Drittel der Befragten an, es sollte zukünftig mehr für den ÖPNV und den Radverkehr getan werden.

Die Planungen für eine Stadtbahn stehen in einem engen Zusammenhang mit der Weiterentwicklung aller anderen Bausteine des Umweltverbundes. So soll der Bestand an Haltepunkten auf den bereits vorhandenen Bahnstrecken gegenüber den Haltepunkten Hauptbahnhof, Prüfening und Burgweinting perspektivisch um drei weitere Haltepunkte (Klenzebrücke, Walhalla Bahnhof, Wutzlhofen) erweitert werden. Dies schafft die Voraussetzung für einen S-Bahn-ähnlichen Verkehr im Stadt-Umland-Verkehr. Parallel zur geplanten Einführung eines Stadtbahnsystems bedarf es auch der kontinuierlichen Verbesserung des ÖPNV-Angebots mit Bussen, welches bis zur Inbetriebnahme der Stadtbahn das Rückgrat des öffentlichen Verkehrs in der Stadt bildet und zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Stadtbahn auf diese ausgerichtet werden muss.

Der Regensburg Plan 2040 sieht vor, die Räume entlang der künftigen Stadtbahntrasse zu verdichten und funktional zu stärken. Die langfristigen Überlegungen zum Bau einer Stadtbahn in Regensburg gehen deutlich über das aktuell geplante Streckennetz hinaus. Zusätzlich zu den Stadtbahnästen nach Norden und Süden sind Streckenabschnitte nach Westen und Osten angedacht und darüber hinaus auch ins Umland.

## 6. Empfehlung der Verwaltung

Die Berechnungen der Nutzen-Kosten-Untersuchung durch das begleitende Büro komobile haben auf Basis der Vorplanungen und der Annahmen zur Fahrzeit gezeigt, dass die Stadtbahn Regensburg auch im nun konkretisierten Planungsstadium als förderwürdiges Projekt angesehen werden kann und einen – im Vergleich zu anderen Städten bei Anwendung der Standardisierten Bewertung 2016+ - hohen Nutzen-Kosten-Indikator erreicht. Auch die Prüfung der Sensitivität mit 20 Prozent höheren Investitionskosten für die ortsfeste Infrastruktur im öffentlichen Raum liefert noch einen Wert über 1,0.

Auch für die zu erwartenden Kosten des Betriebshofes liegen Kostenannahmen zugrunde. Die Vorplanungen liegen hier noch nicht vor und eine Beauftragung ist erst nach einem positiven Bürgervotum zu beauftragen (siehe Vorbehalt im Beschlussvorschlag oben). Auch die Fahrzeugkosten konnten auf Grundlage der bereits weitreichenden Vorstellungen, wie das Fahrzeug für Regensburg konzipiert sein muss von und durch intensive Herstellerdialoge belastbar durch den potentiellen zukünftigen Betreiber SMO beziffert werden.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Kosten und Wirtschaftlichkeit eines Stadtbahnsystems für Regensburg auch davon abhängen, dass dieses System zukünftig priorisiert den Verkehrsraum nutzen kann. Dies ist in den kommenden Planungsschritten weiter zu vertiefen. So entscheidet die im Netz gefahrene Geschwindigkeit zum einen darüber, wie konkurrenzfähig und attraktiv das Verkehrsmittel Stadtbahn gegenüber anderen Verkehrsmitteln ist, sie entscheidet aber auch über die Anzahl der einzusetzenden Fahrzeuge und damit über die zukünftigen Betriebskosten.

Die iterative und intensive Abstimmung zwischen den Planungsdisziplinen hat auch gezeigt, dass es für den Einstieg in das System Stadtbahn für Regensburg zielführender ist, eine doch umfassende Netzinfrastruktur (wie z.B. mit der Planungserweiterung Südspange

beschlossen) anzustreben und eher über die betriebliche Ökonomie, d.h. einen bedarfsgerechten Takt nochmals die Zahl der Fahrzeuge anzupassen.

Auf Basis des erreichten Planungsstandes zu Trasse, Fahrzeug und Betriebshof und den hierfür absehbaren Kosten und deren Förderung kann empfohlen werden, die Planung zur Einführung einer Stadtbahn in Regensburg fortzuführen.

Die durch die Stadtbahn ausgelösten finanziellen Herausforderungen für die Stadt Regensburg sind aufgrund des im Raum stehenden Eigenanteils für die bevorzugte Variante von ca. 334 Mio. € (Preisstand 2023) als erheblich zu beurteilen. Nähere Einzelheiten zur Kostenschätzung können der parallelen Vorlage VO/24/20866/68 entnommen werden. Die Stadtbahn stiftet aber auch einen hohen Nutzen für die Stadtgesellschaft und die Stadtentwicklung. Die Stadtbahn bietet Handlungsoptionen für Stadt und Region, dem ÖPNV-Angebot auf kommunaler Ebene ein komfortables und leistungsfähiges Rückgrat zu geben und somit das gesamte ÖPNV-Angebot zukunftsgerecht weiterzuentwickeln.

#### **Anlagen:**

1. Überlegungen zu Optimierung des Betriebskonzepts Stadtbahn (Dipl.-Ing. Stephan Besier / StadtBahnGestaltung)
2. Annahmen zur Fahrzeit Stadtbahn (Dipl.-Ing. Stephan Besier / StadtBahnGestaltung)
3. Ergebnis der Nutzen-Kosten-Untersuchung nach dem Verfahren der Standardisierten Bewertung Kurzbericht (komobile)
4. Klimavorbehalt

Regensburg

# **Stadtbahn Regensburg Bedienungsmodelle**

Möglichkeiten zur Optimierung  
von Bedienungsmodellen und Fahrzeugbedarf

Version 2.3 / 01. Februar 2024

Auftraggeber:  
Stadt Regensburg

Auftragnehmer:  
**StadtBahnGestaltung**  
Dipl. Ing. Stephan Besier

**Inhaltsverzeichnis:**

<b>1 / Einleitung .....</b>	<b>3</b>
<b>2 / Ansätze mit 5-Minuten-Takt .....</b>	<b>4</b>
<b>3 / Ansätze mit reduziertem 5-Minuten-Grundtakt .....</b>	<b>7</b>
<b>4 / Ansätze mit alternativen Grundtakt.....</b>	<b>9</b>
<b>5 / Ergänzender Ansatz .....</b>	<b>11</b>
<b>6 / Vergleich Fahrzeugdichte.....</b>	<b>12</b>
<b>7 / Gegenüberstellung Fahrzeugbedarf .....</b>	<b>13</b>
<b>8 / Vergleich Bedienungsmodelle für die NKU.....</b>	<b>14</b>
<b>9 / Abschließende Auswahl der Bedienungsmodelle für die NKU .....</b>	<b>18</b>

sbe / 2024 02 01

# 1 / Einleitung

## Ausgangslage und Herausforderung

Im Rahmen der vorbereitenden Analysen des Angebotskonzepts der Stadtbahn im Vorfeld der Durchführung der Nutzen-Kosten-Untersuchung hat sich ergeben, daß die Bedienung des geplanten Stadtbahnnetzes mit einem 5-Minuten-Takt auch mit Beschleunigung eine sehr große Fahrzeugflotte erfordert, die entsprechend hohe Anschaffungskosten und Betriebskosten erfordert. Dies kann auch Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit des Projekts haben. Mit einem unterstellten 7,5-Minuten-Takt hat sich gezeigt, daß Fahrzeugbedarf und Betriebsaufwand sich um etwa ein Drittel. Mit einem 5-Minuten-Takt ergab sich ein Fahrzeugbedarf von 31 Einheiten. Bei einem 7,5-Minuten Takt sind hingegen nur 21 Einheiten erforderlich. Dies entspricht einer Einsparung eines Drittels der Investitionen und des fahrzeugbezogenen Betriebsaufwand. Außerdem kann dabei ggfs. auch das Depot deutlich kleiner ausgebildet werden.

Ergänzend zur Verbesserung der Fahrzeiten und Reisegeschwindigkeiten, sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, das Bedienungskonzept in Bezug auf einen niedrigeren Fahrzeugeinsatz und Betriebsaufwand zu optimieren. Es sollte dabei angestrebt werden, Taktverdichtungen auf „Kernabschnitte“ mit der höchsten Nachfrage zu beschränken.

## Betrachtete Ansätze

Als Alternativen werden an dieser Stelle drei verschiedene Schwerpunkte mit verschiedenen Ansätzen und Untervarianten betrachtet:

### ► Ansätze mit 5-Minuten-Grundtakt

Die Ansätze 1 und 2 sehen eine Bedienung des Kernnetzes im 5-Minuten-Grundtakt vor. Die beiden Ansätze unterscheiden sich vor allem durch Linienkonzeption und Endpunkte.

### ► Ansätze mit reduziertem 5-Minuten- Grundtakt

Die Ansätze 3 und 4 stellen Alternativen zum 5-Minuten-Grundtakt dar, wobei die Bedienung im dichten Takt in verschiedenen Ausprägungen reduziert wird. Die Ansätze sollen einen weiterhin sehr hohen Nutzen bei leicht reduziertem Aufwand ermöglichen.

### ► Ansätze mit anderen Grundtakt (7,5- bzw. 10-Minuten-Takt)

Die Ansätze 5 und 6 sind Alternativen, welche die Bedienung des Netzes auf Basis eines 7,5-Minuten-Grundtaktes bzw. eines 10-Minuten-Grundtaktes organisieren. Hiermit soll der Bedienungsaufwand deutlich reduziert werden. Dabei ist zu ermitteln, inwiefern sich hier Ersparnisse beim Aufwand ergeben, die mit dem zu erzielenden Nutzen und den obigen Ansätzen im Rahmen der NKU verglichen werden.

Durch den Fahrzeugbedarf bestimmt sich einerseits der Investitionsbedarf an Fahrzeugen und andererseits die Betriebskosten. Durch Ermittlung des Fahrzeugbedarfs wird es daher ermöglicht, eine Auswahl zu treffen, welche Bedienungsmodelle im Rahmen der Nutzen-Kosten-Untersuchung betrachtet werden.

Es ist zu berücksichtigen, daß es sich um eine überschlägige Modellierung auf Basis der Umlaufzeiten handelt, die im sich im Rahmen der Simulation der Fahrzeit ergeben haben. Im Rahmen der Erstellung eines konkreten Fahrplans kann sich ein Mehrbedarf ergeben, bspw. zur Herstellung einer konsequenten Taktfolge im Kernabschnitt oder durch Belegung der Endstellen. Dies kann an dieser Stelle der Beurteilung der Bedienungsmodelle nicht mit angemessenem Aufwand ermittelt und abgebildet werden, sollte aber als Reserve berücksichtigt werden.

## 2 / Ansätze mit 5-Minuten-Takt

### Ansatz 1: 5-Minuten-Grundtakt

Das Betriebskonzept im Ansatz 1 sieht eine Bedienung des Kernnetzes mit zwei Linien vor. Die Linie A verkehrt zwischen Wutzlhofen und dem Uniklinikum, während die Linie B zwischen Isarstraße und Burgweinting verkehrt. Zwischen Isarstraße und Altstadt überlagern sich die beiden Linien. Aktuell ist vorgesehen, beide Linien in einem 5-Minuten-Takt mit 12 Kursen je Stunde und Richtung zu bedienen. Im zentralen Abschnitt entsteht eine Verdichtung mit 24 Kursen je Stunde und Richtung zu einem 2,5-Minuten-Takt.

Für die Bedienung der Südspange wurde an dieser Stelle vereinfacht eine Verlängerung der Linie A im 5-Minuten-Takt unterstellt. Eine Wende würde dabei im Bereich Kirchfeldallee/Otto-Schwerdt-Schule erfolgen (Wendegleis erforderlich). Eine Reduktion der Taktichte auf der Südspange zu einem 10-Minuten-Takt bringt die Einsparung eines Fahrzeugs gegenüber dem 5-Minuten-Takt. Alternativ kann im 10-Minuten-Takt auch bis zum Bahnhof Burgweinting gefahren werden (Dazu wäre in der Wendeanlage ein 3. Gleis sinnvoll).

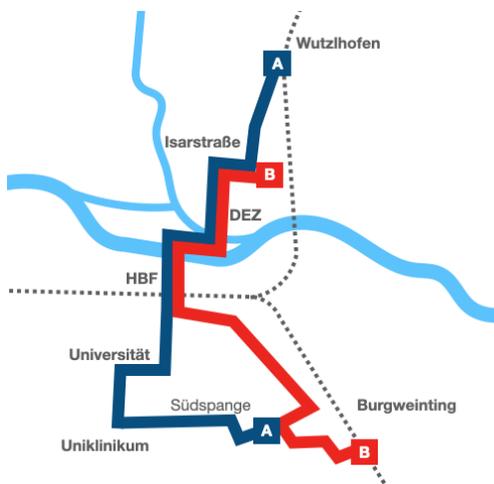


Abb. 1: Bedienungskonzept 5-Minuten-Grundtakt mit Einbindung der Südspange in die Linie A bis Kirchfeldallee.

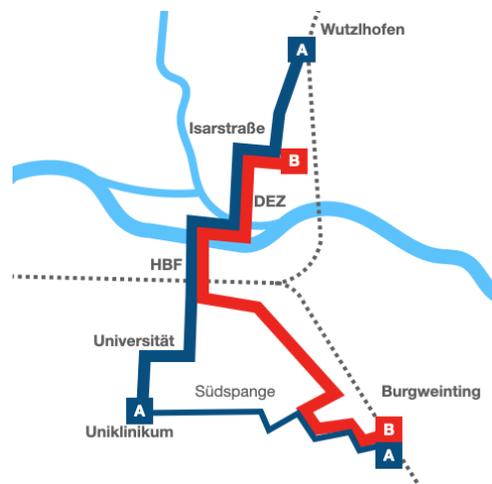


Abb. 2: Bedienungskonzept 5-Minuten-Grundtakt mit Bedienung der Südspange im 10-Minuten-Takt bis Burgweinting Bahnhof.

In diesem Ansatz ergibt sich mit den ermittelten beschleunigten Fahrzeiten von etwa 21 km/h Reisegeschwindigkeit ein Fahrzeugbedarf von 34 Garnituren. Durch Einbezug der Südspange kommen je nach Taktichte und Linienkonstellation dort zwei weitere Fahrzeuge gegenüber dem Kernnetz hinzu.

Damit ergibt sich im Ansatz 1 ein Gesamtbedarf von etwa 34 Fahrzeugen für das Kernnetz plus Südspange. Die Fahrzeugkennzahl für das Netz mit Südspange beträgt 1,9 Fz/km.

Die sich ergebende „Fahrzeugdichte“ von fast 2 Fz/km ist in diesem Ansatz als „hoch“ zu bewerten. Im Vergleich erreichen neue Systeme oft Werte von 1,2 bis 1,7 Fz/km. In Bestandssystemen liegt der Wert meist bei 1,5 bis 2,0 Fz/km. (Siehe Tabelle auf S. 12).

### Ansatz 2: 5-Minuten-Grundtakt mit differenzierten Endpunkten

Eine Variante des Bedienungskonzept basierend auf einer dichten Fahrtenfolge von 5-Minuten auf den Ästen des Kernnetzes sieht eine Differenzierung der Endpunkte vor, so daß alle Endpunkte der Linienäste direkt miteinander verbunden sind. Dabei überlagern sich auf den meisten Abschnitten die 10-Minuten-Takt zu einem 5-Minuten-Takt.

Dabei kann die Linie A im 10-Minuten-Takt zwischen den äußeren Endpunkten Wutzlhofen und Burgweinting Bahnhof über Universität verkehren und wird durch Verdichter zwischen den „inneren“ (Zwischen-)Endpunkten Isarstraße und Uniklinikum zum 5-Minuten-Takt verdichtet. Die Linie B verkehrt im 10-Minuten-Takt zwischen den äußeren Endpunkten Wutzlhofen und Burgweinting Bahnhof. Sie wird durch Verdichter zwischen dem Zwischenendpunkt Isarstraße und Burgweinting Kirchfeld zum 5-Minuten-Takt verdichtet. Dadurch entsteht auch im westlichen Kirchfeld von Burgweinting eine schnelle Direktverbindung in das Stadtzentrum im 10-Minuten-Takt.

Das Bedienungsmodell kann entweder mit zwei Linien und Zwischenendpunkten oder alternativ mit vier Linien realisiert werden.

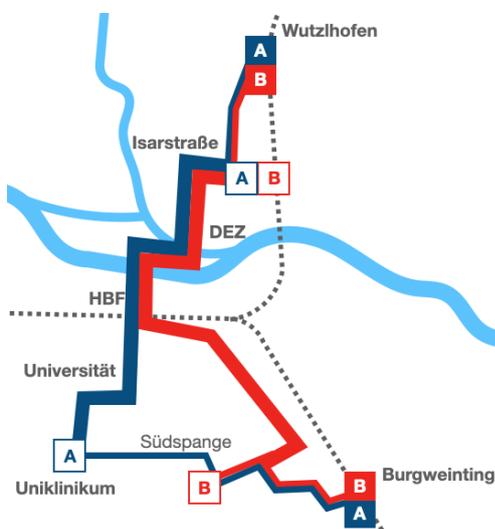


Abb. 3: Bedienungskonzept 5-Minuten-Grundtakt mit differenzierten Endpunkten

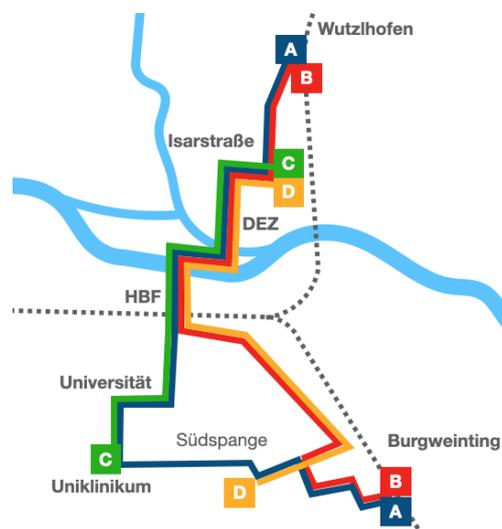


Abb. 4: Variante mit des Bedienungskonzepts mit vier Linien

Nach überschlägiger Berechnung der Umläufe ergibt sich für diese Linienkonzeption ein im Grundsatz vergleichbarer Aufwand wie für den Ansatz 1 von 32 Fahrzeugen. Für die Fahrzeugdichte ergibt sich ebenfalls ein hoher Wert von etwa 1,8 Fz/km.

Es kann im Rahmen der Nachfragemodellierung überprüft werden, ob die differenzierte Linienkonzeption mit mehr Direktverbindungen eine bessere Wirkung auf die Nachfrage erzielen kann, als das Grundangebot im 5-Minuten-Takt.

Hinweis: Kann für die kurzlaufenden Kurse mit geringerer Nachfrage ein Fahrzeug mit reduzierter Länge eingesetzt werden, liessen sich bei diesem Ansatz Einsparungen in Bezug auf Anschaffungskosten und Betriebskosten realisiert werden.

**Bewertung der Ansätze mit 5-Minuten-Takt**

Die beiden Ansätze 1 und 2 mit einer Fahrtenfolge von 5 Minuten im Kernnetz erfordern einen vergleichsweise großen Fahrzeugbedarf von mehr als 30 Stadtbahnen. Die Fahrzeugdichte von knapp 2 Fz/km ist im Vergleich mit anderen Systemen als „hoch“ zu bewerten. Es ist nicht abzusehen, daß sich ein solcher Bedarf aus der Stadtstruktur und Nutzungsintensität ergibt, wenn mit 45 m langen Fahrzeugen geplant wird.

Die Flotte ist dabei für ein „kleines“ Netz im Vergleich mit anderen Städten und Systemen „groß“ dimensioniert. Dies ergibt sich aus dem überdurchschnittlichen Wert der Fahrzeuge je Netzkilometer von 1,8 bzw. 1,9 Fz/km (siehe Tabelle S. 12). Im Vergleich erreichen neue Stadtbahnssysteme im Ausland oft Werte von 1,2 bis 1,7 Fz/km. In Bestandssystemen in Deutschland und den Nachbarländern liegt der entsprechende Wert meist bei 1,5 bis 2,0 Fz/km.

Zum Vergleich ergibt sich bei einem „idealen“ Faktor von 1,3 Fz/km eine Flottengröße von etwa 22 bis 23 Fahrzeugen. Dieser Wert liegt damit ein Drittel niedriger und „spart“ eine entsprechend Größenordnung bei Anschaffungskosten und Betriebskosten.

Bei dem hohen Fahrzeugbedarf einer integralen Fahrtenfolge von 5 Minuten im Kernnetz ist demnach eine entsprechende Auswirkung auf die Betriebskosten anzunehmen. Dies kann im Rahmen der Nutzen-Kosten-Untersuchung von erheblicher Bedeutung sein.

Daher sind Alternativen bei den Bedienungskonzepten zu ermitteln, die eine Reduktion des Fahrzeugbedarfs und des Betriebsaufwandes ermöglichen.

### 3 / Ansätze mit reduziertem 5-Minuten-Grundtakt

#### Ansatz 3: Verdichtung 5-Minuten-Takt im inneren Stadtgebiet

In einem reduzierten Ansatz wird die Verdichtung zum 5-Minuten-Takt der beiden Linien auf die Abschnitte im inneren Stadtgebiet beschränkt. Dabei werden zurückgezogene Zwischenendpunkte angedacht und es entstehen Decklinien zu den Grundlinien.

Die Linie A verkehrt dabei durchgehend zwischen Wutzlhofen und Burgweinting Bahnhof im 10-Minuten-Takt und wird im Abschnitt zwischen DEZ und Universität zum 5-Minuten-Takt verdichtet. Die Linie B verkehrt zwischen Isarstraße und Burgweinting im 10-Minuten-Takt und wird im Abschnitt zwischen DEZ und Odessaring zum 5-Minuten-Takt verdichtet. Damit wird zwischen DEZ und Altstadt ebenfalls mit 24 Fahrten je Stunde und Richtung gefahren und eine Zugfolge von 2,5 Minuten erreicht (siehe auch Ansatz 1).

Auch dieses Bedienungsmodell kann alternativ mit vier Linien realisiert werden.

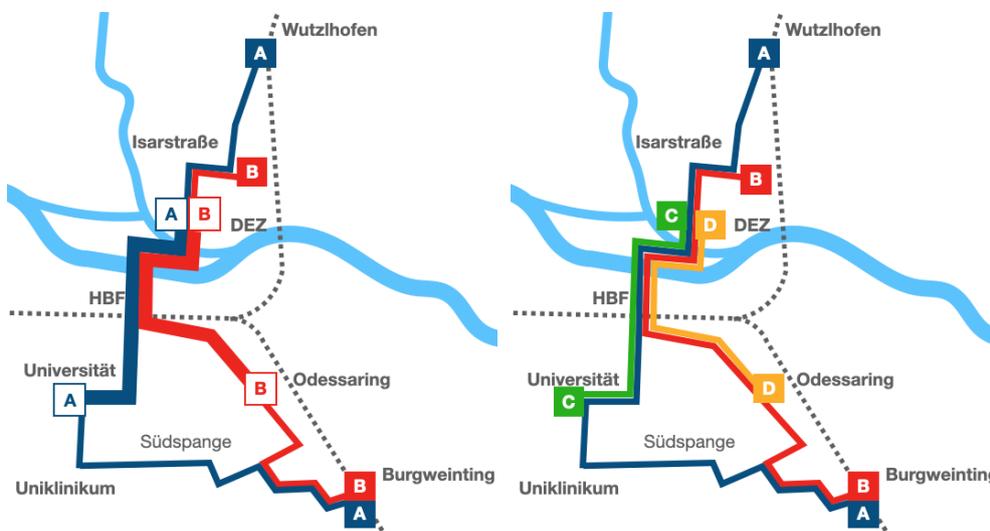


Abb. 5: Reduzierte 5-Minuten-Takte mit zurückgezogenen Zwischenendpunkten

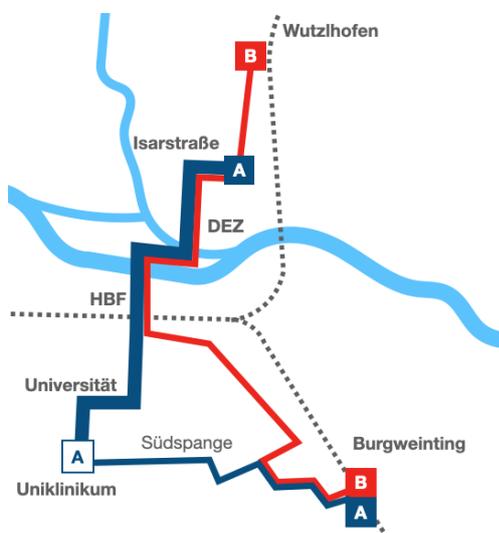
Abb. 6: Variante des Bedienungskonzepts mit vier Linien

In diesem Bedienungsmodell ergibt sich ein Fahrzeugbedarf von 28 Fahrzeugen. Dies stellt gegenüber den Ansätzen 1 und 2 eine Reduzierung um etwa 6 Fahrzeuge dar (ca. 20%). Der Faktor für die Fahrzeuge je Netzlänge von ca. 1,6 Fz/km nähert sich einem günstigeren Wert an, ist aber noch immer eher überdurchschnittlich für neue Systeme.

Werden die eingekürzten Kurse bzw. Linien mit „kurzen“ Fahrzeugen mit etwa 30 m Länge bedient, können Einsparungen bei Anschaffungs- bzw. bei Betriebskosten realisiert werden.

#### Ansatz 4: 5-Minuten-Takt auf einer Linie

Verteilt sich die Belastung im Netz ungleichmäßig zwischen den beiden Linien, mit wahrscheinlichem Schwerpunkt auf der Linie A, so ist es möglich, nur die Linie A im 5-Minuten-Takt zwischen Isarstraße und Uni-Klinikum zu verkehren zu lassen, wobei jede zweite Fahrt im 10-Minuten-Takt weiter nach Burgweinting Bahnhof verlängert werden kann. Die Linie B bedient hingegen durchgehend im 10-Minuten-Takt die Strecke von Wutzlhofen bis Burgweinting Bahnhof. Auf dem Überlagerungsabschnitt zwischen DEZ und Altstadt bestehen dabei 18 Fahrten je Stunde und Richtung, aber es entsteht ein „Holpertakt“ mit einer Fahrtenfolge 2,5/5/2,5/5 etc. Sollte es in Bezug auf die Nachfrage erforderlich werden, die Linie B in der Hauptverkehrszeit zu verdichten, so sollte kein durchgehender 7,5-Minuten-Takt herangezogen werden, sondern auch die Linie B mit einer kurzen Decklinie im 5-Minuten-Takt verkehren. Damit würde sich das Bedienungsmodell dem Ansatz 2 annähern. Unterschiedliche Takte auf den beiden Stadtbahnlinien haben mit hoher Wahrscheinlichkeit ungünstige Auswirkungen auf Anschlüsse zwischen den beiden Linien und zu den Bussen zur Folge.



Aufgrund der hohen Taktdichte ist dies bei Umstiegen zwischen den beiden Linien ggfs. weniger negativ zu bewerten, kann aber bei den Anschlüssen von und zu Zubringerbuslinien mit weniger dichten Takten ggfs. längere Wartezeiten zur Folge haben. Dies kann aber erst bei einer genauen Fahrplangestaltung beurteilt werden.

Der Fahrzeugbedarf sinkt in diesem Ansatz ebenfalls auf eine Größenordnung von etwa 27 Stadtbahnen bzw. einen Faktor von etwa 1,5 Fz/km wie im Ansatz 3.

Abb. 7: 10-Minuten-Grundtakt mit reduzierter Verdichtung

#### Bewertung der Ansätze mit reduziertem 5-Minuten-Takt

Bei Reduzierung des 5-Minuten-Takt sind je nach Bedienungsmodell und Fahrzeugflotte Einsparungen von etwa 20 bis 25% gegenüber dem bisherigen Ansatz (1 und 2) möglich.

Eine Verringerung der Linienabschnitte im 5-Minuten-Takt erlaubt es den Fahrzeugbedarf auf eine Größenordnung von etwa 27 bis 28 Einheiten zu reduzieren. Dies stellt gegenüber den Ansätzen 1 und 2 mit durchgehendem 5-Minuten-Takt eine Reduzierung von Investitionen und Betriebskosten um ca. 20% dar. Können auf den Zwischenfahrten „kurze“ Fahrzeuge eingesetzt werden, sind ggfs. weitere Einsparungen in Größenordnung bis zu 10% möglich.

Das entsprechende Verhältnis von Fahrzeug zu Netzgröße ist mit einem Faktor von 1,5 bzw. 1,6 Fz/km im Vergleich mit anderen Städten und Systemen nun deutlich besser zu bewerten, liegt aber immer noch etwas höher als die optimalen Werte von ca. 1,3 Fz/km, welcher in vielen neuen Netzen erreicht wird (vgl. Tab. S. 12).

Die Reduzierung der Bedienung mit dem 5-Minuten-Takt ergibt deutliche Einsparungen bei Fahrzeugbeschaffung und Betriebskosten. Reichen die Angebote für die Abdeckung der Nachfrage aus, kann sich eine Optimierung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses ergeben.

## 4 / Ansätze mit alternativen Grundtakt

### Ansatz 5: 7,5-Minuten-Grundtakt

Wird das Kernnetz im 7,5-Minuten-Grundtakt mit 8 Fahrten je Stunde und Richtung bedient, ergibt sich im Überlagerungsabschnitt zwischen Isarstraße und Altstadt eine regelmäßige Taktfolge von 3,75 Minuten (bzw. 16 Fahrten). Die Südspange endet an der Otto-Schwerdt-Schule. Alternativ ist eine Verlängerung bis Burgweinting Bahnhof im reduzierten Takt möglich.

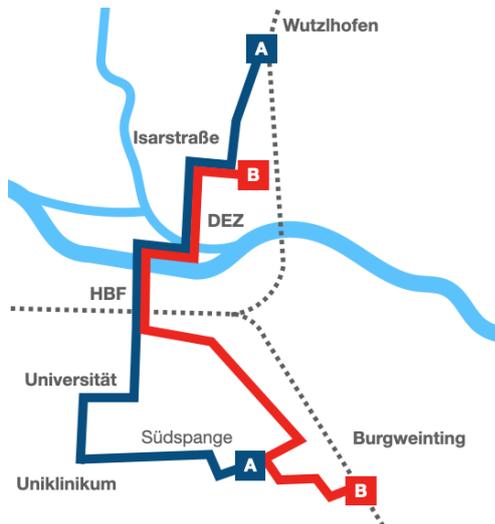


Abb. 8: Bedienungskonzept 7,5-Minuten-Grundtakt

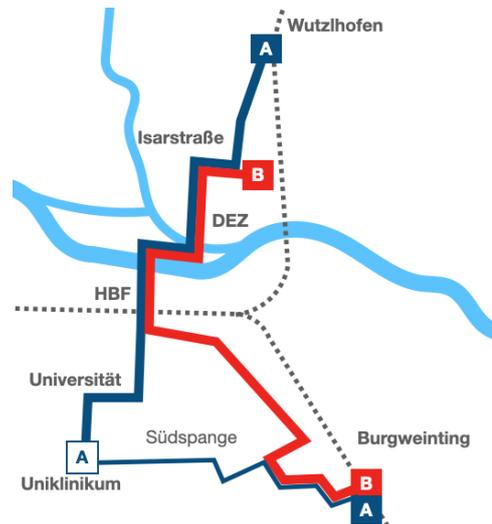


Abb. 9: Alternatives Bedienungskonzept 7,5-Minuten-Grundtakt

Durch den 7,5-Minuten-Takt ergibt sich ein Fahrzeugbedarf von etwa 23 Fahrzeugen. Dieser Ansatz liegt um 10 Fahrzeuge oder etwa ein Drittel niedriger als bei dem 5-Minuten-Takt im Ansatz 1. Mit dem Fahrzeugbedarf von etwa 23 Fahrzeugen kann der Abschnitt südlich Uniklinikum mit jeder zweiten Fahrt bis Burgweinting Bahnhof im 15-Minuten-Takt bedient werden.

Der Ansatz ermöglicht Einsparungen von etwa einem Drittel gegenüber Ansatz mit 5-Minuten-Takt durch reduzierte Fahrzeuganschaffung sowie bei den jährlichen Betriebskosten. Die sich ergebende „Fahrzeugdichte“ von ca. 1,3 Fz/km stellt einen deutlich besseren Kennwert dar und entspricht im Vergleich einem „Optimalwert“ (s. S. 12).

Es ist darauf hinzuweisen, daß eine Reduktion der Fahrtenfolge insbesondere auf dem innerstädtischen Abschnitt Vorteile in Bezug auf die Wechselwirkungen mit der Verkehrsregelung haben kann, da weniger priorisierte Fahrten an den Knoten zu berücksichtigen sind.

Reicht die Fahrzeugkapazität in diesem Ansatz mit 7,5-Minuten-Takt nicht aus, kann eine Verlängerung der Fahrzeuge auf 55 oder 60 m in Betracht gezogen werden.

**Hinweis:** Der 7,5-Minuten-Takt ordnet sich in die Taktfamilie 30/15/7,5-Minuten ein und weicht von der Taktfamilie 30/20/10/5 ab. Dies hat Bedeutung für die Organisation des Buszubringernetzes. Dieses kann nicht wie derzeit im geplanten 20-Minuten-Grundtakt bedient werden. Es ist jedoch anzumerken, daß der 20-Minuten-Takt nicht mit einem 30-Minuten-Takt im SPNV kompatibel ist und ggfs. ungünstige Übergangszeiten zwischen einer geplanten Regio-S-Bahn im Halbstundentakt und dem Bussystem aufweisen kann. Dieser Aspekt ist genauer zu untersuchen. Aus Sicht des Gutachters hat ein 20-Minuten-Takt keinen wesentlichen Vorteil gegenüber einem 30-Minuten-Takt. Die Kunden können in beiden Fällen nicht spontan zur Haltestellen gehen, da lange Wartezeiten entstehen. Dies ist nur bei den Takten von 10-Minuten oder dichter attraktiv. Ist der Kunde jedoch gezwungen einen Fahrplan zu konsultieren, ist der Unterschied zwischen der Anpassung des Fahrwunsches an einen 20- oder einen 30-Minuten-Takt vernachlässigbar. Das derzeitige Busnetz wird auf vielen Abschnitten in einem 20-Minuten-Takt bedient. Eine Ausdünnung auf einen 30-Minuten-Takt im Zusammenhang mit dem Stadtbahnprojekt ist daher als nicht opportun zu bewerten. Eine Verdichtung zum 15-Minuten-Takt kann hingegen Folgekosten beim Angebotsaufwand auslösen.

### Ansatz 6: 10-Minuten-Grundtakt mit einfacher kurzer Decklinie

Eine weitere Alternative besteht in einem 10-Minuten-Grundtakt auf den Linien A und B mit einer gezielten Verdichtung im Abschnitt zwischen DEZ und Universität/OTH.

Auf den Linien A und B ergibt sich eine Angebotsdichte von 6 Fahrten je Stunde und Richtung. Die Linie A wird dabei durch eine Decklinie mit Zwischenendpunkten oder eine Linie C im Kernabschnitt auf einen 5-Minuten-Takt verdichtet. Es ergeben sich dabei 12 Fahrten je Stunde und Richtung. Auf dem Überlagerungsabschnitt zwischen DEZ und Altstadt bestehen dabei 18 Fahrten je Stunde und Richtung, aber ein „Holpertakt“ der drei Linien mit einer Fahrtenfolge 2,5/5/2,5/5 etc. Die Fahrten der „Kurzläufer“ der Linie C werden aufgrund des kurzen Linienweges im Allgemeinen eine niedrigere Auslastung aufweisen und erlauben daher einen vorrangigen Anschluss von und zu den Buszubringern an DEZ und Uni.

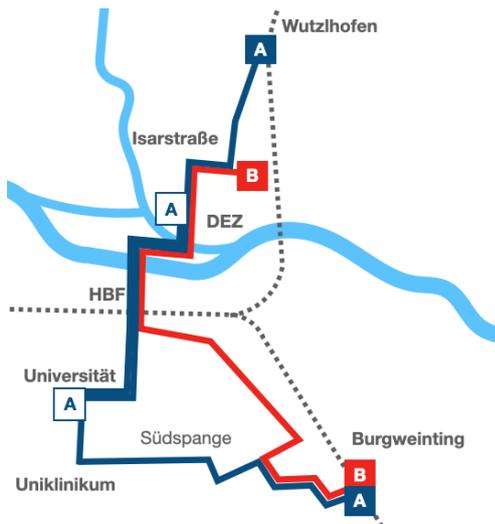


Abb. 10: Bedienungskonzept 10-Minuten-Grundtakt mit Verdichtung

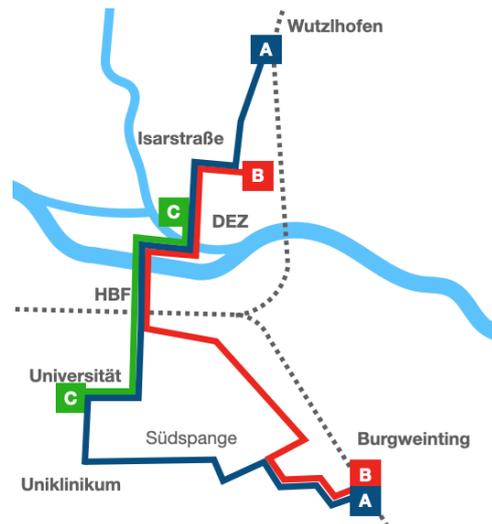


Abb. 11: Alternative mit zusätzlicher Linie C zwischen DEZ und Uni

Der Fahrzeugbedarf beträgt in diesem Ansatz 22 Fahrzeuge und ist damit im Grundsatz zwar ähnlich zu bewerten, wie der 7,5-Minuten-Takt. Die Fahrzeugdichte beträgt dabei 1,3 Fz/km. Ergänzend ist anzumerken, daß die Verdichtung der Linie C („Uni-Linie“) in diesem Ansatz nicht integral erfolgen muss – also nicht den ganzen Tag oder nicht das ganze Jahr. Dies ist insbesondere bei einem Verkehrserzeuger wie der OTH/Uni sinnvoll und erlaubt eine Anpassung der Bedienung an die Bedürfnisse. In den Semesterferien kann die Linie C bspw. entfallen. Natürlich ist dies mit den Busanschlüssen am DEZ und dem Verkehrsaufkommen abzustimmen.

Dieser Ansatz erlaubt es auch, daß die Linie C aufgrund der zu erwartenden geringeren Nachfrage mit kürzeren Fahrzeugen bedient wird. Dies betrifft vier ca. 30 m lange Fahrzeugeinheiten. Durch die zeitweise Einschränkung der Bedienung auf der Linie C sind weitere Einsparungen durch Reduktion der Betriebsstunden möglich.

Diese Angebotssystematik erfordert keine Anpassung der Takte bei den Buszubringern.

Auch hier kann die Reduktion der Fahrtenfolge Vorteile in Bezug auf die Verkehrsregelung haben kann, da weniger priorisierte Fahrten an den Knoten zu berücksichtigten sind.

Reicht die Fahrzeugkapazität in diesem Ansatz nicht aus, kann eine Verlängerung der Fahrzeuge auf 55 oder 60 m in Betracht gezogen werden.

Der Ansatz erlaubt wie der 7,5-Minuten-Takt eine Reduktion des Fahrzeugbedarfs gegenüber dem 5-Minuten-Takt im Kernnetz um etwa ein Drittel auf 22 Fahrzeuge.

### Bewertung Ansätze mit alternativen Grundtakt

Die Bedienung des Netzes mit Grundtakt von 7,5-Minuten bzw. 10-Minuten und gezielter Verdichtung erlaubt ein günstigeres Verhältnis zwischen Netzgröße und Fahrzeugzahl. Die Ansätze 5 und 6 kommen mit 22 bzw. 23 Fahrzeugen aus. Die Ansätze mit alternativen Grundtakt ermöglichen gegenüber dem Ansatz mit 5-Minuten-Grundtakt dabei ca. 30% Einsparungen durch reduzierte Fahrzeuganschaffung sowie bei den Betriebskosten. Der sich ergebende Kennwert der „Fahrzeugdichte“ von ca. 1,3 Fz/km kann als optimaler Wert für ein neues Netz bezeichnet werden und es scheint nicht möglich, diesen Wert in Regensburg im Kernnetz mit Südspange noch deutlich zu senken.

Es ist abzuwägen welcher Ansatz der alternativen Grundtakte in Bezug auf die Nachfrageverteilung im Regensburger Netz sinnvoller ist. Sind die Linien A und B in etwa gleich ausgelastet, spricht dies für einen 7,5-Minuten-Takt auf beiden Linien. Ergibt sich eine höhere Auslastung auf einer der beiden Linien, so ist ein 10-Minuten-Takt sowie eine Verdichtung mit einer Decklinie anzustreben. Sind beide Lösungen für die ermittelte Nachfrage knapp nicht ausreichend, so ist über den Einsatz von längeren Fahrzeugen von 50 bis 60 m Länge nachzudenken, um die Anschaffungs- und Betriebskosten zu senken.

Der 7,5-Minuten-Takt sollte an dieser Stelle nicht vorrangig weiterverfolgt werden, da die Taktsystematik mit dem Bussystem nur schwierig abzustimmen ist. Ein Angebot im 10-Minuten-Takt mit kurzer Verdichtung sollte hingegen als Kontrastvariante geprüft werden.

## 5 / Ergänzender Ansatz

### Verkürzung der Linie A im Stadtnorden

Einen weiteren Ansatz kann die Verkürzung der Linie A im Stadtnorden darstellen, in dem die Linie A bereits an der Aussiger Straße wendet und damit auf den betrieblich kritischen, weil eingleisigen und mit Tempo 30 langsamen Abschnitt in der Sandgasse verzichtet wird.

Eine Verkürzung der Linie A durch Verzicht auf den Abschnitt in der Sandgasse bis zum geplanten Bahnhof in Wutzlhofen kann je nach Situation ein bis zwei Fahrzeuge einsparen. Im Fall des 5-Minuten-Grundtaktes zwei Fahrzeuge (bzw. eine Reserve), im Falle des 7,5-Minuten-Grundtaktes und beim 10-Minuten-Grundtakt mit Verdichtung ein Fahrzeug. Damit ergibt sich in den beiden Ansätzen mit alternativen Grundtakt ein günstiger Kennwert von 1,2 bis 1,3 Fz/km. Im Ansatz mit 5-Minuten-Grundtakt bleibt der Wert mit knapp 1,8 Fz/km eher hoch.

Linie	Start	Ziel	Takt Min	Fz Min	Wz Min	Fz+Wz Min	Sum Min	Umlz Min	Uml Anz	Fz/km
Linie A	Aussiger Str.	Burgweinting Schule	5	29	6	35	70	70	14	
Linie B	Isarstraße	Burgweinting Bahnhof	5	26	6	32	64	65	13	
Fahrzeugreserve						15%:	4,1		4	
<b>Fahrzeugbedarf</b>									<b>31</b>	1,82
Linie A	Aussiger Str.	Burgweinting Schule	7,5	29	6	35	70	75	10	
Linie B	Isarstraße	Burgweinting Bahnhof	7,5	26	6	32,0	64	67,5	9	
Fahrzeugreserve						15%:	2,9		3	
<b>Fahrzeugbedarf</b>									<b>22</b>	1,29
Linie A	Aussiger Str.	Burgweinting Schule	10	29	6	35	70	70	7	
Linie C	DEZ	Uni/OTH	10	11	6	17	34	40	4	
Linie B	Isarstraße	Burgweinting Bahnhof	10	26	6	32	64	70	7	
Fahrzeugreserve						15%:	2,7		3	
<b>Fahrzeugbedarf</b>									<b>21</b>	1,24

Abb. 12: Tabelle mit Verkürzung der Linie A im Stadtnorden

## 6 / Vergleich Fahrzeugdichte

Der Indikator Fahrzeugdichte je Netzlänge (Fz/km) steht vor allem im Zusammenhang mit der Fahrzeuggröße und der Fahrgastnachfrage etc. In Bestandssystemen sind teilweise viele kurze Fahrzeugeinheiten im Einsatz, die zu Doppel- oder Mehrfachtraktionen gekoppelt werden (bspw. Tatra-Fahrzeuge). Einzelne Systeme weisen zudem eine sehr hohe Nachfrage auf, was sich ebenfalls in einer hohen Fahrzeuganzahl auswirken kann. In Zürich trifft beides zu, weswegen das Beispiel als Ausnahme hier nicht berücksichtigt wird. Auch die Reisegeschwindigkeit kann einen hohen Einfluss auf die Fahrzeugflotte haben, da für die gleiche Beförderungsleistung aufgrund der geringen Umlaufgeschwindigkeit bzw. Produktivität mehr Fahrzeuge erforderlich sind. Eine zu geringe Fahrzeugdichte kann hingegen dazu führen, daß für Nachfragesteigerungen zu wenige Fahrzeuge zur Verfügung stehen (wie dies bspw. in Nizza und Besançon der Fall ist). Damit kann es zu Überlastungen und folglich Verspätungen kommen oder bei Ausfällen bzw. Schäden von Fahrzeugen bestehen zu wenig Reserven. Die Werte von einem Fahrzeug je Netzkilometer scheinen im Vergleich außerordentlich niedrig und werden an dieser Stelle als „Ausreißer“ betrachtet.

Bestandssysteme Stadt	Netzlänge km	Fahrzeuge Anzahl	Fahrzeuge per km	Neue Stadtbahnsystem Stadt	Netzlänge km	Fahrzeuge Anzahl	Fahrzeuge per km
<b>Deutschland</b>			<b>1,7</b>	<b>Europa</b>		<b>25</b>	<b>1,3</b>
Leipzig	145	230	1,6	Bergen	29	34	1,2
Dresden	134	184	1,4	Helsinki Raide Jokeri	25	29	1,2
Mannhm./Ludwigshafen	94	96	1,0	Firenze	17	46	2,7
Munich	82	132	1,6	Tampere	16	19	1,2
Bremen	79	121	1,5	Granada	16	15	0,9
Frankfurt	67	120	1,8	Odense	15	16	1,1
Karlsruhe	65	145	2,2	Zurich-Limmattalbahn	14	18	1,3
Magdeburg	65	108	1,7	Zaragoza	13	12	0,9
Kassel	51	78	1,5	Luxtram	9	12	1,4
Ausgburg	50	82	1,6				
Erfurt	45	90	2,0	<b>Frankreich</b>			<b>1,7</b>
Nürnberg	38	56	1,5	Bordeaux	79	130	1,6
Freiburg	36	71	2,0	Lyon	73	122	1,7
				Montpellier	60	86	1,4
<b>Schweiz und Österreich</b>			<b>1,5</b>	Strasbourg	49	116	2,4
Basel	80	129	1,6	Grenoble	48	103	2,2
Graz	70	85	1,2	Nantes	44	91	2,1
Bern	40	48	1,2	Angers	22	37	1,7
Linz	30	56	1,9	Le Mans	19	34	1,8
				Dijon	19	33	1,7
<b>Belgien und Niederlande</b>			<b>2,0</b>	Toulouse	17	24	1,4
The Hague	117	130	1,1	Caen	16	23	1,4
Rotterdam	97	113	1,2	Tours	15	21	1,4
Amsterdam	95	227	2,4	Besancon	15	19	1,3
Antwerpen	75	227	3,0	Brest	14	20	1,4
Gent	32	67	2,1	<b>(kleine Systeme &lt; 25 km)</b>	<b>17</b>	<b>26</b>	<b>1,5</b>

Abb. 13: Tabelle mit Kennwerten der Fahrzeugdichte in bestehenden und neuen Systemen

In der Übersicht zeigt sich, daß ein Wert von etwa 1,2...1,4 Fz/km ein guter Richtwert ist. Für Regensburg bedeutet dies eine Flotte von etwa 20 bis 25 Fahrzeugen.

Ein Wert von etwa 1,2...1,4 Fz/km kann daher als Zielvorgabe für ein alternatives Betriebskonzept bzw. eine Kontrastvariante dienen.

## 7 / Gegenüberstellung Fahrzeugbedarf

Die Ansätze mit einem Angebot im 5-Minuten-Takt auf dem Kernnetz, wie es bisher vorgesehen war, erfordert einen sehr hohen Fahrzeugbedarf und Bedienungsaufwand mit bis zu 34 Fahrzeugen von 45 m Länge. Die Fahrzeugdichte von fast 2 Fz/km ist dabei im Vergleich hoch und die Wirtschaftlichkeit dieses Ansatzes ist im Rahmen der NKU zu prüfen.

Deutliche Reduktionen ergeben sich, wenn die Verdichtungen zum 5-Minuten-Takt auf Teilabschnitte beschränkt werden, wobei sich ein Bedarf von etwa 27 bis 28 Fahrzeugen ergibt. Der Faktor der Fahrzeugdichte von ca. 1,5 bis 1,6 Fz/km ist günstiger zu bewerten. Investitionen und Betriebsaufwand gegenüber dem 5-Minuten-Grundtakt sinken dabei um etwa 20%.

Eine weitergehende Reduktion ergibt sich bei einem 7,5-Minuten-Takt oder bei einer Begrenzung der Taktverdichtung zum 5-Minuten-Takt auf den Abschnitt DEZ-Uni. Dies erfordert nur 22 bis 23 Fahrzeuge. Hier ergeben sich günstigere Faktoren der Fahrzeugdichte von ca. 1,3 Fz/km, die besser den Werten von anderen neuen Stadtbahnsystemen entsprechen. Zudem hätte die Reduktion der Fahrtenfolge Vorteile in Bezug auf die Verkehrsregelung, da weniger Stadtbahnen an Knoten zu berücksichtigen sind und dies eine bessere Priorisierung erlaubt.

	Linie	Start	Ziel	Takt Min	Fz Min	Wz Min	Fz+Wz Min	Sum Min	Umlz Min	Uml Anz	Fz/km
<b>Ansatz 1</b>	Linie A	Wutzlhofen	Burgweinting Schule	5	34	6	40	80	80	16	
	Linie B	Isarstraße	Burgweinting Bahnhof	5	26	6	32	64	65	13	
	Fahrzeugreserve						15%:	4,4		5	
	<b>Fahrzeugbedarf</b>									<b>34</b>	<b>1,94</b>
<b>Ansatz 1 Variante</b>	Linie A1	Wutzlhofen	Burgweinting Bahnhof	10	38	6	44	88	90	9	
	Linie A2	Wutzlhofen	Uniklinikum	10	27	6	33	66	70	7	
	Linie B	Isarstraße	Burgweinting Bahnhof	5	26	6	32	64	65	13	
	Fahrzeugreserve						15%:	4,4		5	
<b>Fahrzeugbedarf</b>									<b>34</b>	<b>1,94</b>	
<b>Ansatz 2</b>	Linie A1	Wutzlhofen	Burgweinting Bahnhof	10	38	6	44	88	90	9	
	Linie A2	Isarstraße	Uniklinikum	10	19	6	25	50	50	5	
	Linie B1	Wutzlhofen	Burgweinting Bahnhof	10	33	6	39	78	80	8	
	Linie B2	Isarstraße	Kirchfeld	10	24	6	30	60	60	6	
	Fahrzeugreserve						15%:	4,2		4	
<b>Fahrzeugbedarf</b>									<b>32</b>	<b>1,83</b>	
<b>Ansatz 3</b>	Linie A1	Wutzlhofen	Burgweinting Schule	10	34	6	40	80	80	8	
	Linie A2	DEZ	Uni/OTH	10	11	6	17	34	40	4	
	Linie B1	Isarstraße	Burgweinting Bahnhof	10	26	6	32	64	70	7	
	Linie B2	DEZ	Odessaring	10	19	6	25	50	50	5	
	Fahrzeugreserve						15%:	3,6		4	
<b>Fahrzeugbedarf</b>									<b>28</b>	<b>1,60</b>	
<b>Ansatz 4</b>	Linie A	Isarstraße	Burgweinting Bahnhof	10	38	6	44	88	90	9	
	Linie A'	Isarstraße	Uniklinikum	10	25	5	30	60	60	6	
	Linie B	Wutzlhofen	Burgweinting Bahnhof	10	32	6	38	76	80	8	
	Fahrzeugreserve						15%:	3,5		4	
<b>Fahrzeugbedarf</b>									<b>27</b>	<b>1,54</b>	
<b>Ansatz 5</b>	Linie A	Wutzlhofen	Burgweinting Schule	7,5	34	6	40	80	82,5	11	
	Linie B	Isarstraße	Burgweinting Bahnhof	7,5	26	6	32	64	67,5	9	
	Fahrzeugreserve						15%:	3,0		3	
	<b>Fahrzeugbedarf</b>									<b>23</b>	<b>1,31</b>
<b>Ansatz 5 Variante</b>	Linie A1	Wutzlhofen	Burgweinting Bahnhof	15	38	6	44	88	90	6	
	Linie A2	Wutzlhofen	Uniklinikum	15	27	6	33	75	75	5	
	Linie B	Isarstraße	Burgweinting Bahnhof	7,5	26	6	32	64	67,5	9	
	Fahrzeugreserve						15%:	3,0		3	
<b>Fahrzeugbedarf</b>									<b>23</b>	<b>1,31</b>	
<b>Ansatz 6</b>	Linie A	Wutzlhofen	Burgweinting Bahnhof	10	38	6	44	88	90	8	
	Linie C	DEZ	Uni/OTH	10	11	6	17	34	40	4	
	Linie B	Isarstraße	Burgweinting Bahnhof	10	26	6	32	64	70	7	
	Fahrzeugreserve						15%:	2,9		3	
<b>Fahrzeugbedarf</b>									<b>22</b>	<b>1,26</b>	

Abb. 14: Tabelle Fahrzeugbedarf

Die Alternativen Bedienungsmodelle erlauben Einsparungen von 20 bis 30% bei Fahrzeugbeschaffung und Betriebskosten und ergeben durchschnittliche Werte der Fahrzeugdichte. Es empfiehlt sich daher eine Abklärung der Ansätze mit reduziertem Fahrzeugbedarf mit der Fahrgast- und Nachfragewirkung.

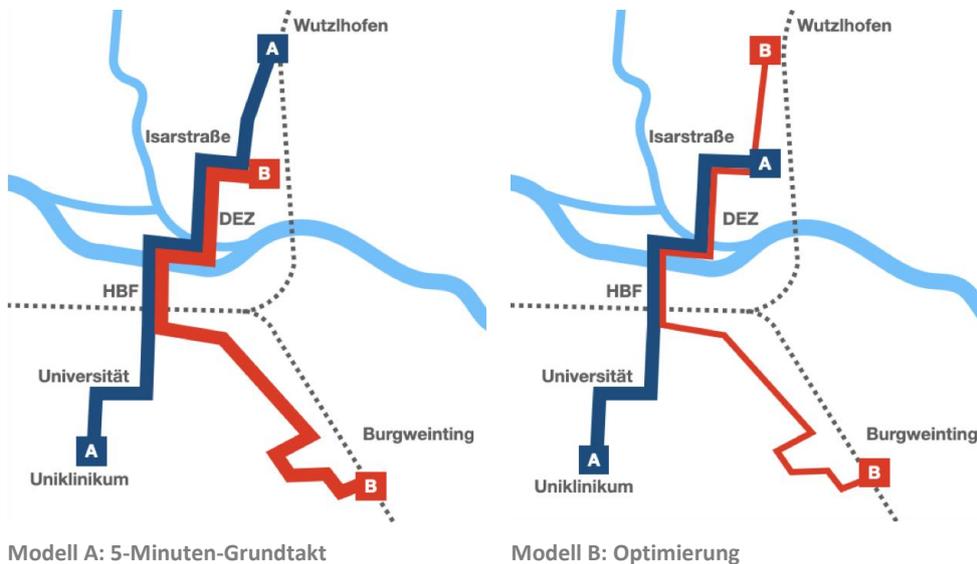
## 8 / Vergleich Bedienungsmodelle für die NKU

Für die Berechnungen im Rahmen der NKU ist einerseits das „Kernnetz“ ohne Südspange und andererseits das „neue Netz“ mit Südspange und den Anpassungen im Stadtnorden zu vergleichen. Dafür wurden entsprechende Bedienungsmodelle auf Basis der vorne durchgeführten Betrachtungen vorgeschlagen und mit dem Auftraggeber sowie der SMO abgestimmt.

### Betrachtung „Kernnetz“ (ohne Südspange)

In einem ersten Ansatz wird der Betriebsaufwand für das Kernnetz ohne Südspange verglichen. Das **Modell A** geht wie bisher angenommen von einer Bedienung der Linien A und B im 5-Minuten-Takt aus. Dies erfordert im Kernnetz (ohne Südspange) ca. 31 Fahrzeuge. Es entsteht ein sehr hoher Kennwert der Fahrzeugdichte von 2,1 Fz/km.

Das **Modell B** sieht alternativ eine Bedienung mit einer verkürzten Linie A zwischen Isarstraße und Uniklinikum im 5-Minuten-Takt und die Bedienung der Linie B zwischen Wutzlhofen und Burgweinting im 10-Minuten-Takt vor. Damit reduziert sich der Fahrzeugbedarf um 9 Einheiten auf ca. 22 Fahrzeuge. Der Kennwert Fahrzeugdichte verbessert sich auf 1,5 Fz/km.



	Linie	Start	Ziel	Takt Min	Fz Min	Wz Min	Fz+Wz Min	Sum Min	Umlz Min	Uml Anz	Fz/km	
<b>Kernnetz Modell A</b>	Linie A	Wutzlhofen	Uniklinikum	5	27	6	33	66	70	14		
	Linie B	Isarstraße	Burgweinting Bahnhof	5	26	6	32	64	65	13		
			Fahrzeugreserve				15%:	4,1			4	
		<b>Fahrzeugbedarf</b>									<b>31</b>	<b>2,14</b>
<b>Optimierung Modell B</b>	Linie A	Isarstraße	Uniklinikum	5	21	6	27	54	55	11		
	Linie B	Wutzlhofen	Burgweinting Bahnhof	10	32	6	38	76	80	8		
			Fahrzeugreserve				15%:	2,9			3	
		<b>Fahrzeugbedarf</b>									<b>22</b>	<b>1,52</b>

Abb. 15: Gegenüberstellung Fahrzeugbedarf für die Betrachtung des Kernnetzes

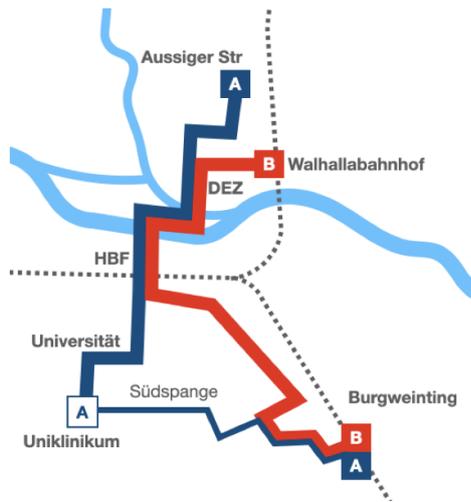
Das Modell B mit einem reduzierten 5-Minuten-Takt erlaubt gegenüber dem Modell A mit durchgehenden 5-Minuten-Takten eine deutliche Einsparung von etwa 30%. Es ist anzunehmen, daß dies auch eine positive Wirkung in der NKU haben wird. Die beiden Ansätze sind daher vergleichend zu untersuchen.

**Betrachtung „Kernnetz mit Südspange und Netzanpassungen im Stadtnorden“**

Im zweiten Ansatz werden die verschiedenen Bedienungsmodelle für das angepasste Netz mit Südspange sowie den Änderungen im Stadtnorden verglichen.

Das **Modell A** sieht wiederum die Bedienung der Linien A und B im 5-Minuten-Grundtakt vor. Die Linie A verkehrt dabei zwischen Aussiger Straße und Uniklinikum alle 5 Minuten und jede zweite Fahrt wird ab dem Uniklinikum nach Burgweinting Bahnhof verlängert. Die Linie B verkehrt zwischen Walhallabahnhof und Burgweinting Bahnhof alle 5 Minuten. Dies erfordert einen Bedarf von ca. 31 Fahrzeugen. Der Kennwert mit 1,7 Fz/km ist dabei überdurchschnittlich.

Das **Modell B** sieht die Linie A zwischen Aussiger Straße und Uniklinikum im 5-Minuten-Takt vor und die Linie B sowie die Bedienung der Südspange durch Linie A im 10-Min.-Takt. Dies erfordert ca. 24 Fahrzeuge. Der Kennwert beträgt 1,3 Fz/km und entspricht dem Durchschnitt.

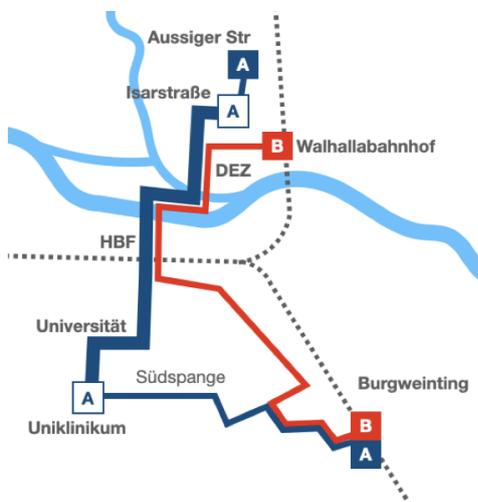


Modell A: 5-Min.-Takt auf beiden Linien

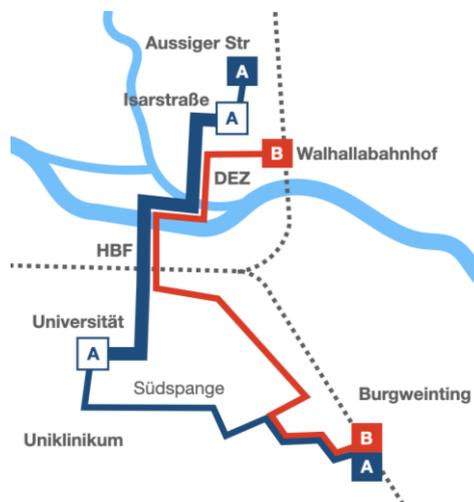


Modell B: 5-Min.-Takt nur auf Linie A

Die Anpassung im **Modell C** basiert auf Modell B, jedoch wird die Linie A dabei in der dichten Bedienung mit 5-Minuten-Takt eingekürzt. Die Linie A verkehrt dabei zwischen Isarstraße und Uniklinikum alle 5 Minuten; die Aussiger Straße wird dabei nur alle 10 Minuten angefahren. Dabei können weitgehend die bereits geplanten Wendestellen genutzt werden. Der Ansatz erfordert 24 Fahrzeuge und der Kennwert beträgt ca. 1,3 Fz/km. Als Untervariante des Modell C kann ein Zurückziehen des Verdichters der Linie A vom Uniklinikum bis Uni/OTH ein Fahrzeug einsparen (23 Fahrzeuge bzw. ebenfalls ca. 1,3 Fz/km).



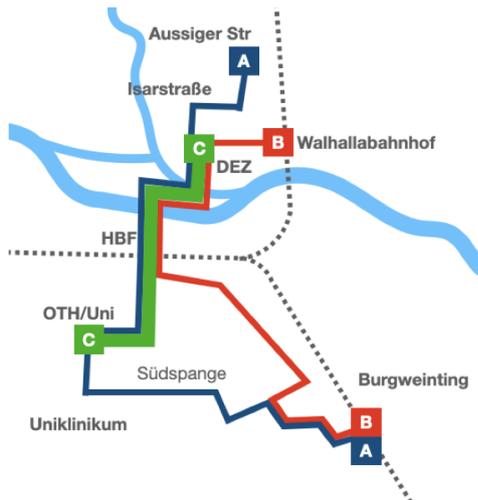
Modell C: Verkürzter 5-Min.-Takt auf Linie A



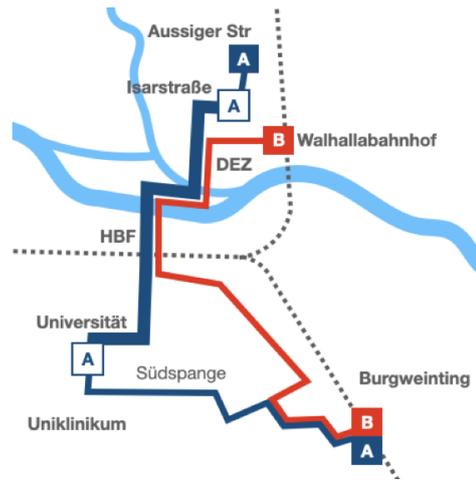
Modell C: Untervariante zum Modell C

Das **Modell D** sieht eine kurze Verdichterlinie C zwischen DEZ und Uni/OTH vor. Dabei gibt es zwei Untervarianten. Diese erfordern ebenfalls neue Wendestellen an DEZ und Uni/OTH. **Modell D1** sieht die Linien A und B im 10-Minuten-Grundtakt und die Verdichterlinie C zwischen DEZ und Uni ebenfalls im 10-Min.-Takt. Dies erfordert ca. 22 Fahrzeuge und der Kennwert liegt bei 1,2 Fz/km. Der Ansatz erfordert Wendestellen am DEZ und an der OTH/Uni. **Modell D2** sieht die Linien A und B ebenfalls im 10-Minuten-Takt vor, den Verdichter der Linie C zwischen DEZ und Uni jedoch im 5-Minuten-Takt, womit sich im Zentrum ein 2,5-Minuten-Takt ergibt. Damit entsteht ein Bedarf an 25 Fahrzeugen. Der Kennwert beträgt dann 1,4 Fz/km.

Eine weitere Variante im **Modell E** sieht eine Bedienung des Verdichters der Linie A zwischen Isarstraße und ZOB-Universität vor. Diese erfordert 23 Fahrzeuge (Faktor 1,3). Dieser Ansatz wurde mit Auftraggeber und SMO als Kontrastvariante abgestimmt.



Modell D: Verdichter im 10- oder 5-Min.-Takt



Modell E: Verdichter ZOB/Uni - Isarstr.

Während die Ausgangsvariante mit 5-Minuten-Takt einen hohen Fahrzeugbedarf von 31 Einheiten mit einem hohen Kennwert von 1,7 ergibt, weisen die alternativen Ansätze einen deutlich niedrigeren Fahrzeugbedarf aus. Die Varianten der optimierten Bedienungsmodelle unterscheiden sich dabei nur wenig: der Fahrzeugbedarf liegt jeweils in einer Spanne von 22 und 25 Fahrzeugen bzw. zwischen 1,2 und 1,4 Fz/km.

Es ist anzumerken, daß durch die Anpassung von Mindestwendezeiten und/oder Fahrzeiten, die Anpassung an einen realen Fahrplan Änderungen im Fahrzeugbedarf möglich sein können. Dabei kann sich ggfs. ein Mehrbedarf für den realen Fahrplan gegenüber den überschlägigen Abschätzungen auf Basis der Umlauf- und Wendezeiten ergeben.

Die Bedienungsmodelle sind in Bezug auf die Abwicklung der Nachfrage zu überprüfen.

	Linie	Start	Ziel	Takt Min	Fz Min	Wz Min	Fz+Wz Min	Sum Min	Umlz Min	Uml Anz	Fz/km
<b>Neues Netz Modell A</b>	Linie A1	Aussiger Str.	Burgweinting Bahnhof	10	<b>34</b>	6	40	80	80	<b>8</b>	
	Linie A2	Aussiger Str.	Uniklinikum	10	<b>22</b>	6	28	56	60	<b>6</b>	
	Linie B	Walhallabahnhof	Burgweinting Bahnhof	5	<b>26</b>	6	32	64	65	<b>13</b>	
	Fahrzeugreserve								15%:	4,1	<b>4</b>
<b>Fahrzeugbedarf</b>										<b>31</b>	1,72
<b>Neues Netz Modell B</b>	Linie A1	Aussiger Str.	Burgweinting Bahnhof	10	<b>34</b>	6	40	80	80	<b>8</b>	
	Linie A2	Aussiger Str.	Uniklinikum	10	<b>22</b>	6	28	56	60	<b>6</b>	
	Linie B	Walhallabahnhof	Burgweinting Bahnhof	10	<b>26</b>	6	32	64	70	<b>7</b>	
	Fahrzeugreserve								15%:	3,2	<b>3</b>
<b>Fahrzeugbedarf</b>										<b>24</b>	1,33
<b>Neues Netz Modell C</b>	Linie A1	Aussiger Str.	Burgweinting Bahnhof	10	<b>34</b>	6	40	80	80	<b>8</b>	
	Linie A2	Isarstraße	Uniklinikum	10	<b>20</b>	6	26	52	60	<b>6</b>	
	Linie B	Walhallabahnhof	Burgweinting Bahnhof	10	<b>26</b>	6	32	64	70	<b>7</b>	
	Fahrzeugreserve								15%:	3,2	<b>3</b>
<b>Fahrzeugbedarf</b>										<b>24</b>	1,33
<b>Neues Netz Modell C/</b>	Linie A1	Aussiger Str.	Burgweinting Bahnhof	10	<b>34</b>	6	40	80	80	<b>8</b>	
	Linie A2	Isarstraße	OTH/Uni	10	<b>16</b>	6	22	44	50	<b>5</b>	
	Linie B	Walhallabahnhof	Burgweinting Bahnhof	10	<b>26</b>	6	32	64	70	<b>7</b>	
	Fahrzeugreserve								15%:	3,0	<b>3</b>
<b>Fahrzeugbedarf</b>										<b>23</b>	1,28
<b>Neues Netz Modell D1</b>	Linie A	Aussiger Str.	Burgweinting Bahnhof	10	<b>34</b>	6	40	80	80	<b>8</b>	
	Linie C	DEZ	OTH/Uni	10	<b>11</b>	6	17	34	40	<b>4</b>	
	Linie B	Walhallabahnhof	Burgweinting Bahnhof	10	<b>26</b>	6	32	64	70	<b>7</b>	
	Fahrzeugreserve								15%:	2,9	<b>3</b>
<b>Fahrzeugbedarf</b>										<b>22</b>	1,22
<b>Neues Netz Modell D2</b>	Linie A	Aussiger Str.	Burgweinting Bahnhof	10	<b>34</b>	6	40	80	80	<b>8</b>	
	Linie C	DEZ	OTH/Uni	5	<b>11</b>	6	17	34	35	<b>7</b>	
	Linie B	Walhallabahnhof	Burgweinting Bahnhof	10	<b>26</b>	6	32	64	70	<b>7</b>	
	Fahrzeugreserve								15%:	3,3	<b>3</b>
<b>Fahrzeugbedarf</b>										<b>25</b>	1,39
<b>Neues Netz Modell E</b>	Linie A1	Aussiger Str.	Burgweinting Bahnhof	10	<b>34</b>	6	40	80	80	<b>8</b>	
	Linie A2	Isarstraße	Universität	10	<b>17</b>	6	23	46	50	<b>5</b>	
	Linie B	Walhallabahnhof	Burgweinting Bahnhof	10	<b>26</b>	6	32	64	70	<b>7</b>	
	Fahrzeugreserve								15%:	3,0	<b>3</b>
<b>Fahrzeugbedarf</b>										<b>23</b>	1,28

Abb. 16: Gegenüberstellung Fahrzeugbedarf für die Betrachtung des angepassten Kernnetzes

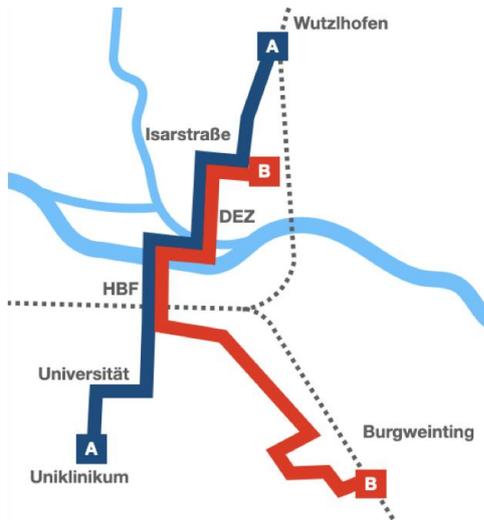
Während der Ansatz A mit 5-Minuten-Grundtakt auf den Linien A und B mit 31 Fahrzeugen einen hohen Aufwand bei Fahrzeugbeschaffung und Betrieb darstellt, erlauben die angepassten Modelle eine günstige Betriebsführung mit etwa 22 bis 25 Fahrzeugen. Das sind 6 bis 9 Einheiten weniger und ergibt niedrigere Anschaffungs- und Betriebskosten. Dies kann Einsparungen von einem Viertel bis zu einem Drittel ggü. Modell A entsprechen.

Für die NKU ist eine Bedienungsvariante mit optimiertem Aufwand basierend auf den Modellen B bis E für die vergleichende Bewertung auszuwählen. Dabei wurde Modell E wurde mit Auftraggeber und SMO als Kontrastvariante festgelegt.

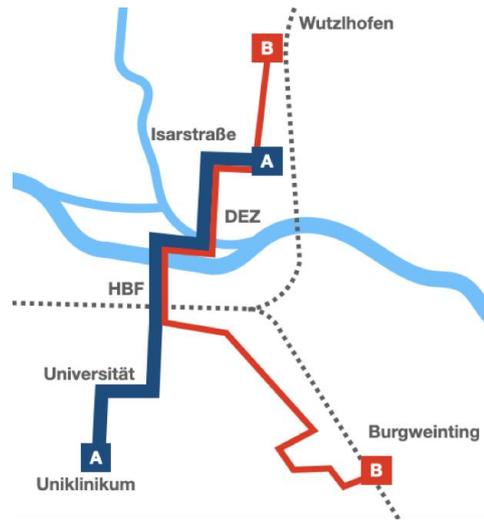
## 9 / Abschließende Auswahl der Bedienungsmodelle für die NKU

Nach Abstimmung mit dem Auftraggeber und dem Verkehrsunternehmen SMO wurden folgende Bedienungsmodelle für die Betrachtung im Rahmen der NKU ausgewählt. Dabei ist insbesondere zu prüfen ob die Ansätze ausreichende Kapazitäten für die Nachfrage bieten.

Bei der **Betrachtung des Kernnetzes** (ohne Südspange) erfolgt der Vergleich zwischen 5-Minuten-Grundtakt und einer Optimierung mit verkürzter Linie A im 5-Minuten-Takt und Linie B im 10-Minuten-Takt. Der Fahrzeugbedarf liegt im Modell A bei 31 Einheiten (2,1 Fz/km) und bei Modell B bei 22 Einheiten (1,5 Fz/km). Die erzielbare Differenz beträgt ca. 30%.



Modell A: 5-Minuten-Grundtakt

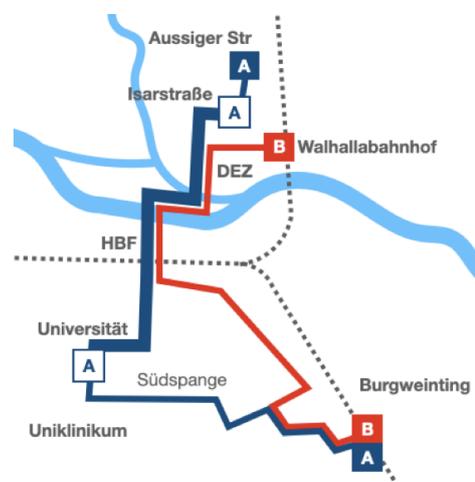


Modell B: Optimierter Vergleichsfall

Für die **Betrachtung des ergänzten Kernnetzes** mit Südspange, Anpassungen im Stadtnorden (Verkürzung Sandgasse und neuer Ast Donaustauer Straße) erfolgt analog ein Vergleich zwischen 5-Minuten-Grundtakt und einem reduzierten 5-Minuten-Takt auf der Linie A und einem 10-Minuten-Takt auf der Linie B. Der abgestimmte und modifizierte Vergleichsfall E basiert auf Modell D, sieht aber einen Zwischenendpunkt der Verstärkerfahrten der Linie A am ZOB Universität mit einer Wendestelle vor. Die Bedienung der Südspange erfolgt im 10-Minuten-Takt. Der Fahrzeugbedarf ist im Modell A bei 31 Einheiten (1,7 Fz/km) und bei Modell E bei 23 Einheiten (1,3 Fz/km). Die erzielbare Differenz beträgt knapp 25%.



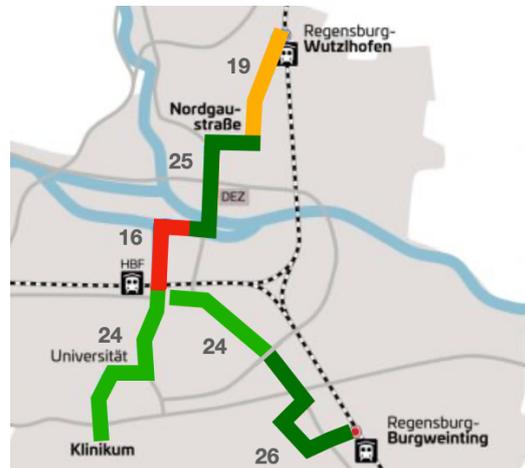
Modell A: 5-Min.-Takt auf beiden Linien



Modell E: Optimierter Vergleichsfall

Bei Übersetzung der Bedienungsmodelle in ein reales Fahrplankonzept kann sich durch verschiedene Zwangspunkte bei der Fahrplanerstellung ein Mehrbedarf an Fahrzeugen ergeben.

Regensburg



## Stadtbahn Regensburg Fahrzeitberechnung

Möglichkeiten zur Optimierung  
der Fahrzeit und Reisegeschwindigkeit

Regensburg

# **Stadtbahn Regensburg**

## **Fahrzeitberechnung**

Möglichkeiten zur Optimierung  
der Fahrzeit und Reisegeschwindigkeit

Auftraggeber:  
Stadt Regensburg

Auftragnehmer:  
**StadtBahnGestaltung**  
Dipl. Ing. Stephan Besier

**Inhaltsverzeichnis:**

<b>1 Grundlagen .....</b>	<b>3</b>
1.1 Aufgabenstellung und Vorgehensweise .....	3
1.2 Systemgeschwindigkeiten in anderen Städten .....	4
1.3 Reisegeschwindigkeiten auf Vergleichsstrecken .....	5
1.4 Methodik zur Bewertung der Verkehrsqualität im ÖPNV .....	6
1.5 Auswirkung Fahrleitungsloses Fahren auf die Fahrzeit .....	7
1.6 Orientierungswerte für die Stadtbahn in Regensburg .....	8
<b>2 Simulation und Berechnung der Fahrzeit .....</b>	<b>9</b>
2.1 Ergebnisse der Fahrzeitsimulation .....	9
2.2 Parameter und Einflussfaktoren auf die Fahrzeitberechnung .....	10
2.3 Bewertung der Fahrzeitberechnung .....	12
<b>3 Optimierungsvorschlag für die Fahrzeitberechnung .....</b>	<b>13</b>
3.1 Handlungsansatz für den Optimierungsvorschlag .....	13
3.2 Sensitivitätsrechnungen für die Einzelparameter .....	14
3.3 Optimierungsvorschlag für die Fahrzeitberechnung .....	15
3.4 Bewertung der Reserven und Betriebsstabilität im Optimierungsvorschlag .....	16
3.5 Optimierungsmöglichkeiten für die weitere Planung .....	17
<b>4 Zusammenfassung .....</b>	<b>18</b>

sbe / 2024 02 15 15h00

# 1 Grundlagen

## 1.1 Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Die Ermittlung der Fahrzeit für ein neues Stadtbahnsystem erfolgt im Allgemeinen auf Basis einer Simulation des Fahrverhaltens der Fahrzeuge auf der geplanten Infrastruktur. Als Ergebnis entsteht ein Idealwert, der auf einer gegebenen Strecke unter optimalen Umständen erreicht werden kann und muss um einen Zuschlag für Schwankungen der Fahrzeit durch das Verhalten des Fahrpersonals oder verschiedene Witterungsbedingungen in der Praxis ergänzt werden. Dazu kommen weitere Zeitzuschläge bspw. für Auswirkungen von Ampeln oder Stau sowie für Reserven, um einen pünktlichen Betrieb sicherzustellen. Diese Werte ergeben die Gesamtfahrzeit, welche einem Fahrplan zu Grunde gelegt wird.

Um die sich im Rahmen der Simulation und Fahrzeitberechnung in Regensburg ergebenden Fahrzeiten einschätzen zu können, sind Referenzwerte zu ermitteln. Diese können mit den Ergebnissen in Regensburg verglichen werden und erlauben im Vergleich eine Bewertung.

### Geschwindigkeiten und Qualitäten für Vergleich und Bewertung

An erster Stelle werden entsprechende Werte aus anderen Städten zusammengestellt. Bei neuen Stadtbahnssystemen in Deutschland gibt es keine Referenzfälle, weswegen ein Vergleich v.a. mit Frankreich sinnvoll ist, wo in den letzten Jahren viele Systeme entstanden. Ergänzend werden einzelne ausgewählte Streckenbeispiele dargestellt, die sich mit der Situation in Regensburg vergleichen lassen. Die einschlägigen Richtlinien und Empfehlungen werden ebenfalls berücksichtigt. Diese ergeben sich v.a. aus dem „Handbuch für die Bemessung von Straßen“ mit der Bewertung der Angebotsqualität im ÖPNV (Kapitel S7), das „Merkblatt für Maßnahmen zur Beschleunigung des öffentlichen Personennahverkehrs mit Straßenbahnen und Bussen“ sowie die aktuellen „E-Klima-Steckbriefe“ der FGSV.

Beispiele und Empfehlungen dienen zur Darstellung der Best-Practise und geben Orientierungswerte. Für das Projekt in Regensburg lassen sich daraus ideale Reisegeschwindigkeiten und erstrebenswerte Fahrzeiten ableiten, welche als Bewertungsgrundlage dienen können.

### Fahrzeitberechnung und Optimierungsvorschlag

Gesamtfahrzeit und Beförderungsgeschwindigkeit einer Stadtbahn leiten sich wie dargestellt aus verschiedenen Parametern ab. Die Simulationsergebnisse zeigen dabei den Einfluss der abschnittsweise niedrigen Streckengeschwindigkeiten auf die Fahrzeiten und Reisegeschwindigkeiten und es ergeben sich beim Projekt daher lediglich mittlere Qualitätsstufen. Im Rahmen der Verkehrsmodellierung wurden zudem Verlustzeiten (Wartezeiten für Stau und Ampeln) ermittelt, die zu einem weiteren Absinken der Fahrzeiten, Geschwindigkeit und Qualitätsstufen führen würden. Damit entstünde ein eher langsames Angebot, welches Attraktivität und Wirtschaftlichkeit der Stadtbahn ungünstig beeinflussen würde.

Sowohl im Vergleich mit den Referenzbeispielen als auch den Empfehlungen und Bewertungsverfahren zeigt sich daher Optimierungsbedarf. Um erstrebenswerte Wert aus den Beispielen und Empfehlungen zu erreichen, wurden entsprechende Vorschläge zur Beschleunigung abgeleitet und diese mittels einer Sensitivitätsuntersuchung quantifiziert. Auf dieser Basis wurden die Fahrzeiten neu berechnet und es konnte eine Übereinstimmung mit den erstrebenswerten Zielwerten hergestellt werden.

### Optimierung der Planung in den weiteren Leistungsphasen

Die Maßnahmen zur Optimierung der Reisegeschwindigkeit bedingen eine Weiterentwicklung der Planung in den weiteren Leistungsphasen. Dies betrifft die Streckengeschwindigkeiten, ausgewählte Punkte der Trassierung sowie insbesondere die Verlustzeiten. Die Vorschläge sind in der Masterplanung teilweise oder noch nicht berücksichtigt. Die Optimierungspotentiale sollten daher in die folgenden Planungsschritte des Stadtbahnprojekts integriert werden.

Können diese Maßnahmen nicht in dem erforderlichen Umfang umgesetzt werden, ergibt sich eine Reduktion der Geschwindigkeit und Fahrzeit, mit einer negativen Wirkung auf Fahrzeugbedarf, Betriebsaufwand oder Fahrgastnutzen. Daher wurden ergänzend weitere Möglichkeiten aufgezeigt, die Reisegeschwindigkeit und Fahrzeit zu verbessern, in dem die Infrastrukturplanung an weiteren Stellen angepasst wird.

## 1.2 Systemgeschwindigkeiten in anderen Städten

Bestehende **Straßenbahnsysteme in Deutschland** erreichen im Schnitt Reisegeschwindigkeiten von 19 bis 20 km/h, wobei der mittlere Halteabstand etwa 500 m beträgt. Bremen und Mainz sind hierbei „Spitzenreiter“ mit Werten von 21 km/h. Erfurt, Gera und Ulm erreichen Werte von 20 km/h auch bei dichtem Halteabstand. U-Stadtbahnsysteme wie Hannover oder Stuttgart erreichen zwar deutlich höhere Werte von 25 km/h, dies liegt jedoch v.a. an der Führung im Tunnel und an größeren Halteabständen. **Weitere Beispiele in Europa** zeigen, daß Werte von 20 km/h und mehr nur bei priorisierten Systemen wie Linz, Göteborg, Rotterdam und Den Haag erreicht werden. Andere Städte erreichen hingegen oft nur niedrigere Werte unter 18 km/h, wie Heidelberg bzw. in der Schweiz und Österreich, was in der Regel entweder an Störungen durch den Kfz-Verkehr oder an dichten Halteabständen liegt.

**Neue Stadtbahnen in Frankreich** erreichen oft Reisegeschwindigkeiten von etwa 20 km/h bei einem Halteabstand von etwa 500 m. **Weiteren neue Stadtbahnen in Europa** zeigen hingegen unterschiedliche Werte. Die meisten neuen Systeme sind relativ schnell, was jedoch wie in Odense oder Tampere oft an großen Haltestellenabständen liegt.

Die Ableitung von Idealgeschwindigkeiten auf Systemebene ist schwierig. Die Werte basieren auf Fahrplandaten und stellen keine theoretisch möglichen Geschwindigkeiten dar. Es lässt sich beobachten, daß viele Systeme in Deutschland Störungen durch die Verkehrsregelung (Stau und Ampeln) aufweisen, während bei den französischen Stadtbahnen (v.a. in Kurven usw.) im Vergleich trotz guter Trassierung und Priorisierung langsamer gefahren wird. Daher könnten viele Systeme auch höhere Reisegeschwindigkeiten auf der bestehenden Infrastruktur erreichen. Erfahrungsgemäß bestehen hier Beschleunigungspotenziale von 10 bis 20% und die Geschwindigkeiten könnten entsprechend höher liegen. Ideale Durchschnittswerte wären daher schätzungsweise eher mit 20 bis 22 km/h anzunehmen. Daher sind in einem weiteren Schritt auch Beispiele von „schnellen“ Strecken mit guter Beschleunigung darzustellen.

Stadt	Einwohner in 1000	Netzlänge km	Halteabstand m	Reisegeschw. km/h	Separierung Anteil
<b>Straßenbahn Deutschland</b>					
Leipzig	580	144	530	19	51%
Dresden	560	134	515	19	45%
<b>Bremen</b>	<b>550</b>	<b>79</b>	<b>525</b>	<b>21</b>	<b>68%</b>
Frankfurt (nur Tram)	750	67	525	19	
Kassel	200	51	395	18	83%
Augsburg	300	50	485	19	
<b>Erfurt</b>	<b>210</b>	<b>45</b>	<b>440</b>	<b>20</b>	<b>70%</b>
Nürnberg	510	38	490	19	
Freiburg	230	36	430	18	67%
<b>Mainz</b>	<b>220</b>	<b>30</b>	<b>475</b>	<b>21</b>	
Jena	110	25	470	22	69%
Heidelberg	160	25	390	18	
Schwerin	99	21	565	24	ca 75%
Würzburg	130	19	400	19	79%
<b>Ulm</b>	<b>130</b>	<b>19</b>	<b>430</b>	<b>20</b>	<b>81%</b>
<b>Gera</b>	<b>150</b>	<b>19</b>	<b>450</b>	<b>20</b>	<b>76%</b>
<b>Straßenbahn Schweiz und Österreich</b>					
Basel	180	80	420	16	ca 75%
Zürich	440	73	360	16	80%
Bern	135	40	360	17	ca 75%
Graz	290	70	360	16	25%
<b>Linz</b>	<b>210</b>	<b>30</b>	<b>441</b>	<b>20</b>	<b>98%</b>
Innsbruck	130	27	435	17	?
<b>Neue Stadtbahnen Frankreich</b>					
Strasbourg	510	49	510	20	100%
<b>Angers</b>	<b>155</b>	<b>22</b>	<b>510</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>
Le Mans	145	19	520	19	100%
<b>Dijon</b>	<b>160</b>	<b>19</b>	<b>545</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>
Caen	200	16	425	19	100%
<b>Besancon</b>	<b>120</b>	<b>15</b>	<b>450</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>
Tours	140	15	495	19	100%
<b>Neue Stadtbahnen Europa</b>					
Helsinki Raide Jokeri (FI)	630	25	735	24	80%
Tampere (FI)	250	19	670	22	90%
Florenz (I)	380	17	460	17	95%
<b>Odense (DK)</b>	<b>180</b>	<b>15</b>	<b>605</b>	<b>21</b>	<b>100%</b>
Zürich-Limmattalbahn (CH)		14	520	21	95%
Zürich-Glattalbahn (CH)		11	690	24	100%
<b>Luxembourg (LU)</b>	<b>130</b>	<b>9</b>	<b>500</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>

Abb. 1: Übersicht Reisegeschwindigkeit in verschiedenen Beispielstädten

### 1.3 Reisegeschwindigkeiten auf Vergleichsstrecken

Bei der Betrachtung von Stadtbahnen und deren Geschwindigkeit ist zu unterscheiden zwischen der separierten Führung auf besonderem Bahnkörper (BBK) mit Abgrenzung vom Straßenverkehr sowie der Führung im Mischverkehr auf straßenbündigem Bahnkörper (SBK). Auch diese Angaben basieren auf Fahrplanangaben und dienen dem orientierenden Vergleich.

Strecken auf **besonderem Bahnkörper** erreichen bei geradliniger Führung ohne Zwangspunkte (wie Kurven oder Weichen), einem Halteabstand von 500 m, sowie Priorität an den Ampelanlagen Werte von 23 bis 25 km/h. Dies entspricht somit einer „idealen Fahrzeit“ und als Referenzwert. Die Strecke der Luxtram auf dem Kirchberg mit ca. 23 km/h ist vergleichbar mit der Nordgaustraße, während die Delitzscher Straße in Leipzig vergleichbar ist mit der Furtmayr- und Landshuter Straße und eine Geschwindigkeit von 24 km/h erreicht.

Auch **Mischverkehrsstrecken** können bei guter Beschleunigung Werte von über 20 km/h erreichen. Der Südast der Stadtbahnlinie 11 in Leipzig verkehrt bei straßenbündiger Führung mit hoher Reisegeschwindigkeit von 23 km/h. Die Strecke zum Uni-Klinikum in Regensburg kann bspw. mit der Römerstraße in Ulm (Linie 2) verglichen werden, wo 21 km/h erreicht werden.

**Bei fehlender LSA-Priorisierung** werden hingegen lediglich niedrige Reisegeschwindigkeiten spürbar unter 20 km/h erreicht, wie drei ausgewählte Streckenbeispiele in Leipzig zeigen. Dies gilt sowohl für Führung auf besonderem wie auch bei straßenbündigem Bahnkörper.

In **Zentrumsbereichen** sind die Geschwindigkeiten ebenfalls niedriger. Dies liegt v.a. an dichten Haltestellenabständen, langen Fahrgastwechselzeiten, der Führung in verkehrsberuhigten Bereichen oder Fußgängerzonen etc. Hier sind oft Werte von unter 18 km/h anzutreffen.



Abb. 2: Luxtram Kirchberg mit Rasengleis



Abb. 3: Ulm Römerstraße mit Mischverkehr

Stadt und Streckenabschnitt		Länge Strecke m	Halteabstand m	Reisegeschw. km/h	Anmerkung
<b>Strecken mit besonderem Bahnkörper am Stadtrand</b>					<b>vgl. Nordgaustr / Stadtrand</b>
Hannover Podbielskistr. Äu.	Spannhagengarten - Paracelusweg	2.600	650	26	langer Halteabstand
Stuttgart Nürnberger Str.	Cannstatt W.-Pl. - Antwerpener S.	2.100	525	25	
Dresden SL 7	Pennrich - Wolfnitz	5.000	560	25	
Bremen SL 1	Neue Vahr - Kirchbachstr.	4.800	530	24	
Luxtram Kirchberg	Rote Brücke - Luxexpo	3.500	500	23	
<b>Strecken mit besonderem Bahnkörper in der inneren Stadt</b>					<b>vgl. Furtmeyer-/Landshuter Str.</b>
Hannover Podbielskistr. In.	Lortzingstr. - Spannhagengarten	1.800	600	24	keine bauliche Separierung
Stuttgart Hackstraße	Stöckach - Schlachthof	1.600	400	24	dichter Halteabstand
Leipzig SL 16	Essener Str. - Chauseehaus	2.400	480	24	Gutes Beispiel
Stgt. Bebelstr./Schlossstr.	Vogelsang - Berliner Platz	1.900	380	23	dichter Halteabstand
Hannover Vahrenwalder.	Büttnerstraße - Vahrenwalder Pl.	1.300	433	22	dichter Halteabstand
<b>Strecken im Mischverkehr oder ohne besonderen Bahnkörper</b>					<b>mit Tempo 50</b>
Heidelberg	Dossenheimer Landstraße	1.100	550	26	Simulation
Leipzig SL 11	Connowitz Kreuz - Dölitz	3.500	500	23	überwiegend Mischverkehr
Bremen SL 4	Huckelriede - Domsheide	3.600	450	22	überwiegend Mischverkehr
Dresden SL 4	Mickten - Neustädter Markt	3.200	460	21	kein besonderer Bahnkörper
Ulm SL 2	SZ Kuhberg - Ehinger Tor	2.400	400	21	dichter Halteabstand
<b>Strecken ohne Priorisierung an Ampelanlagen</b>					
Leipzig SL11	Leuschnerplatz - Connowitz	2.900	480	18	Besonderer BK ohne LSA-Prio
Leipzig SL15	Johannisplatz - Naunhofer Str.	2.700	450	18	Besonderer BK ohne LSA-Prio
Leipzig SL8	Hofmeisterstr - Emmausstr	3.100	440	18	Mischverkehr ohne LSA-Prio

Abb. 4: Übersicht über die Reisegeschwindigkeiten auf verschiedenen Referenzstrecken

## 1.4 Methodik zur Bewertung der Verkehrsqualität im ÖPNV

Eine allgemein angewandte Methode für die Bewertung und den Vergleich der erzielten Fahrzeit bzw. Geschwindigkeit im ÖPNV beruht auf dem „Handbuch für die Bemessung von Stadtstraßen“ der FGSV (HBS 2015). Das Verfahren „Bewertung der geschwindigkeitsbezogenen Angebotsqualität von Anlagen für den ÖPNV“ nach Kapitel S7 im HBS 2015 erlaubt den Nachweis, dass eine gewünschte Reise- bzw. Beförderungsgeschwindigkeit erreicht wird und ermöglicht dabei eine Bewertung der geschwindigkeitsbezogenen Angebotsqualität. Aus dem Index der Beförderungsgeschwindigkeit werden die Stufen der Angebotsqualität (SAQ) abgeleitet. Diese lehnen sich an die bekannten Verkehrsqualitätsstufen (VQS) A bis F an.

Der maßgebliche **Index der Beförderungsgeschwindigkeit** nach dem HBS2015 ermittelt sich aus der zu erwartenden mittleren Beförderungsgeschwindigkeit und der auf dem Streckenzug als ideal zu bewertenden Beförderungsgeschwindigkeit. Die **ideale Beförderungsgeschwindigkeit** ergibt sich v.a. aus der Fahrzeit bei unbehinderter Fahrt mit zulässiger Streckengeschwindigkeit und den regelmäßigen Haltezeiten ohne Stör- oder Verlustzeiten und entspricht damit der technisch möglichen Fahrzeit. Diese kann also weitgehend auf einer weitgehend simulierten Fahrzeit abgeleitet werden. Die zu erwartende **mittlere Beförderungsgeschwindigkeit** beinhaltet darüber hinaus auch Stör- oder Verlustzeiten etc. Zu der technischen Fahrzeit kommen dabei noch verschiedene Zeitzuschläge hinzu, was die effektive Fahrzeit entsprechend verlängert und die Reisegeschwindigkeit absenkt. Bei gut beschleunigten Systemen sind die Zuschläge sehr gering. Sie können aber auch Werte von etwa 10 bis 25% ausmachen.

Die Tabelle unten zeigt die Übersetzung des Index der Beförderungsgeschwindigkeit in zu erwartende Reisegeschwindigkeiten für Streckenabschnitte und Gesamtnetze. Die Angaben decken sich mit Praxis-Werten aus den Tabelle auf den Seiten 4 und 5.

Für **optimale Streckenzüge** mit einer Trassierung ohne Zwangspunkte wie Kurven oder Weichen und mit einem typischen Halteabstand von 500 m sind in der Tabelle Idealwerte der Beförderungsgeschwindigkeit (Reisegeschwindigkeit) dargestellt.

Für die **Systemgeschwindigkeit** eines Gesamtnetzes (ohne Tunnel) sind in der Regel Abschläge anzusetzen, die sich insbesondere aus geometrischen Zwangspunkten bei der Trassierung (bspw. Altstadt), aber auch durch Verlustzeiten an Ampeln etc. ergeben. Die Werte sind daher niedriger als jene für die Streckenzüge

VQS LOS SAQ	Index Beförderungsgeschwindigkeit	Beförderungsgeschwindigkeit optimale Strecke	Typische Geschwindigkeit Gesamtnetz
A	> 0,95	24 km/h	>21 km/h
B	> 0,90	22 km/h	20 km/h
C	> 0,80	20 km/h	18 km/h
D	> 0,65	16 km/h	16 km/h
E	> 0,50	12 km/h	12 km/h
F	< 0,50	< 12 km/h	< 12 km/h

Abb. 5: Qualitätsstufen für die Reisegeschwindigkeit des ÖPNV (Basis: HBS)

Für Verkehrssysteme des ÖPNV sind hohe Werte bspw. entsprechend den E-Klima-Steckbriefen der FGSV die Qualitätsstufen A und B vorzusehen. Dies setzt eine konsequente Priorisierung einer Stadtbahn voraus und vermeidet unnötige Warte- und Störzeiten im Betrieb.

Die Empfehlungen für hochwertige ÖPNV-Systeme ergeben sich aus den Verkehrsqualitätsstufen A und B. Dabei sollten die straßenbündigen Streckenabschnitte im Allgemeinen Geschwindigkeiten von über 22 km/h, separierte Strecken auf besonderen Bahnkörpern über 24 km/h und das Gesamtsystem Werte von über 20 km/h erreichen.

Die effektive Fahrzeit soll dabei möglichst wenig von der berechneten, technisch idealen Fahrzeit abweichen und die Zuschläge auf die Fahrzeit sollen möglichst gering sein.

Für ein neues Stadtbahnssystem empfiehlt sich mit der Stufe A zu rechnen.

## 1.5 Auswirkung Fahrleitungsloses Fahren auf die Fahrzeit

In Regensburg ist im Bereich der Altstadt auf einer Länge von etwa 600 bis 700 m ein Betrieb ohne Fahrleitung vorgesehen. Dabei soll die Technik von Energiespeichern auf dem Fahrzeug zur Anwendung kommen. Dies bedingt eine zusätzliche Ausrüstung, welche sich negativ auf das Fahrverhalten auswirken kann. Es ist daher nachzuweisen, daß die zum fahrleitungsfreien Betrieb möglichen Fahrzeuge mit Energiespeicher (On Board Energy Saving System OBES/O-ESS) vergleichbare Werte wie in anderen Städten erreichen können. Derartige Anwendungsfälle sind im Vergleich zu batterieelektrischen Bussen nach wie vor nicht sehr zahlreich.

### Systeme für Fahrleitungsloses Fahren

Bei einer Stromversorgung über Unterleitung wie APS bestehen zwar keine Einschränkungen beim Fahrverhalten bzw. beim fahrleitungsfreien Betrieb in Steigungen. Bei Unterleitungen ist jedoch bisher das Funktionieren bei Eis und Schnee nicht nachgewiesen und die Kosten für Bau und Betrieb sind erheblich. Daher kann ein Einsatz eher nicht empfohlen werden.

Stadt		km	Anteil
Granada	4 Abschnitte	2,9	13%
Lüttich	3 Abschnitte	ca 3	26%
Luxtram	1 Abschnitt	3,6	42%
Nizza Li1	2 Abschnitte	0,9	10%
Nizza Li2	1 Abschnitt	7,6	ca. 80%
Nizza Li3	1 Abschnitt	6,6	100%
West Midlands	1 Abschnitt	ca. 3	13%
Zaragoza	1 Abschnitt	2,2	17%

Fahrzeugseitige Energiespeicher kommen weltweit bei etwa 20 Stadtbahnsystemen zum Einsatz. Beispiele in Europa zeigt die Tabelle. Ein Einsatz in Deutschland war auf einer Neubaustrecke in Heidelberg geplant, diese wurde jedoch nicht realisiert. Besonderer Vorteil der Energiespeicher über das fahrleitungslose Fahren hinaus ist der Aspekt der Energieeinsparung.

Abb. 6: Beispiele fahrleitungslose Abschnitte

Die Energiespeicher sind in der Lage den beim Bremsen erzeugten Strom auf dem Fahrzeug zu speichern und beim Anfahren wieder zu nutzen. Es ergibt sich damit nicht nur die Möglichkeit ohne Fahrleitung zu fahren, sondern auch die Anlagen der Bahnstromversorgung geringer zu dimensionieren. Laut Herstellerangaben und Ergebnissen aus Fahrversuchen können sich Einsparungen von etwa 20 bis 25% ergeben. Durch die Reduktion des Spitzenstrombedarfs kann auch von geringeren Gestehungskosten bei der Stromversorgung ausgegangen werden.

### Leistungsparameter bei Fahrzeugen mit Energiespeichern

Die Reichweite von Superkondensatoren liegt auf flachen Strecken bei über 2 km, würde in Regensburg also den Verzicht auf die Nachladung in den Haltestellen ermöglichen. Diese Zeit wird mit 20 bis 30 Sekunden angesetzt und entspricht Haltezeiten bei hohem Aufkommen.

Es kann ein Gewicht von etwa 2 bis 3 Tonnen für die Energiespeicher angenommen werden. Das macht je nach Fahrzeuglänge ca. 3 bis 5 % des Fahrzeuggewichtes aus. Dies entspricht üblichen Schwankungen des Gewichts innerhalb von Fahrzeugserien eines Herstellers.

Ein Vergleich der Kennwerte für Motorisierung, Beschleunigung und Geschwindigkeit von Stadtbahnen mit Energiespeichern in Europa zeigt, daß das fahrleitungsfreie Fahren grundsätzlich keine Abstriche erfordert. Moderne Fahrzeuge mit fahrzeugseitigen Energiespeichern erreichen hohe Motorisierungen von über 10 KW/t und Beschleunigungswerte von 1.2...1,3 m/s<sup>2</sup>. Dies entspricht üblichen Werten von vergleichbaren Fahrzeugen ohne Energiespeicher. Einschränkungen bei der Fahrdynamik sind daher nicht zwingend anzunehmen. Dies gilt sowohl für die fahrleitungsfreie Altstadtstrecke selbst als auch für die Aussenstrecken.

Systeme mit fahrleitungslosen Abschnitten wie Granada, Zaragoza und Luxembourg erreichen dabei vergleichbare typische Reisegeschwindigkeiten von 19 bis 21 km/h. Die Luxtram erreicht auf besonderem Bahnkörper 23 km/h und in der Altstadt 15 km/h, sowie als Gesamtsystem 20 km/h. Dies sind Werte, die sich nicht von den ermittelten Beispielen unterscheiden.

Ein Bedarf für Zuschläge auf die Fahrzeitrechnung zeichnet sich beim Einsatz von Fahrzeugen mit Energiespeicher nicht ab. Damit können übliche Ansätze für die Fahrzeitberechnung sowie Referenzwerte für Vergleich und Bewertung verwendet werden.

Der Aspekt fahrleitungsloser Betrieb durch Fahrzeuge mit Energiespeichern ist bei der weiteren Planung jedoch besonders zu berücksichtigen und immer integriert zu denken.

## 1.6 Orientierungswerte für die Stadtbahn in Regensburg

Aus den vorangegangenen Betrachtungen können sich Orientierungswerte und Leitbilder für das Projekt der Stadtbahn in Regensburg ergeben.

In den **Städtebeispielen** ergeben sich bei typischen Halteabständen von etwa 500 m im Allgemeinen Reisegeschwindigkeit um 20 km/h. Diese Werte beinhalten dabei eine Mischung aus „schnellen Außenstrecken“ und eher langsamen Abschnitten im Stadtzentrum mit einer engen und kurvigen Altstadt oder in einer Fußgängerzone. „Gute“ Beispiele erreichen auch Geschwindigkeiten von 21 km/h oder mehr. Für das Gesamtsystem wäre dies ein Referenzwert.

Die **Vergleichsstrecken** erreichen allgemein die Qualitätsstufen A oder B. Dies bedeutet meist Werte von 23 bis 25 km/h. Die Verlustzeiten sind entsprechend gering (unter 10%) und die erzielten Fahrzeiten liegen nahe an den technisch idealen Fahrzeiten. Strecken ohne LSA-Priorisierung liegen im Bereich von C oder gar D und sie weisen entsprechende Verlustzeiten von mehr als 10% auf. Dies entspricht nicht den Anforderungen an moderne Stadtverkehrssysteme und ist auch nicht im Einklang mit den Empfehlungen.

Aus den Beispielen können demnach sowohl die Systemgeschwindigkeit des Gesamtsystem als auch die Geschwindigkeiten der Beispielstrecken als Referenzwerte herangezogen werden, um praxisorientierte Anhaltspunkte für die Einordnung der Fahrzeitberechnung zu erhalten:

Bei Annahme einer Systemgeschwindigkeit von 21 km/h (analog Stufe A) ergibt sich auf den Linien A und B bei einer Linienlänge von 9,2 km eine Fahrzeit von jeweils etwa 26 Minuten.

Bei Übertragung der Abschnittsgeschwindigkeiten von den Beispielstrecken auf die Strecken in Regensburg liessen sich Abschnittsgeschwindigkeiten wie in der Karte ableiten. Aus den Referenzwerten würde sich ebenfalls eine Reisegeschwindigkeit von 21 km/h ergeben. Diese Darstellung dient beispielhaft der Veranschaulichung und der Orientierung. Eine exakte Berechnung der Geschwindigkeiten ist erst durch eine Fahrzeitsimulation der Strecken möglich.

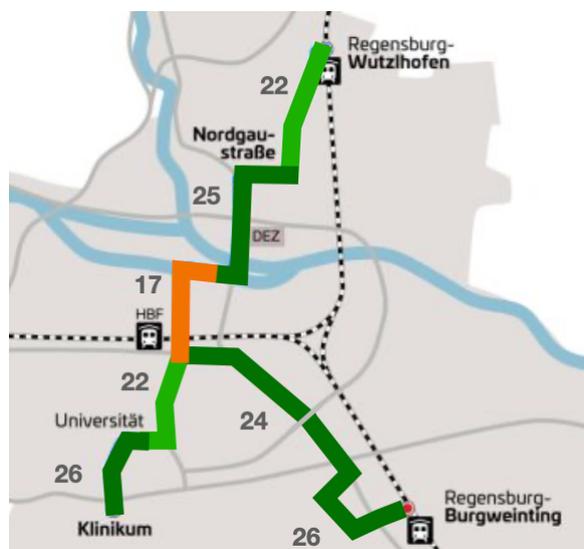


Abb. 7: Darstellung möglicher Beförderungsgeschwindigkeiten für die Streckenabschnitte der Stadtbahn Regensburg.

Für ein hochwertiges ÖPNV-System wie eine neue Stadtbahn sind die Qualitätsstufen A oder allenfalls B mit hoher Reisegeschwindigkeit und minimalen Verlustzeiten anzustreben.

Es lässt sich aus der Kenntnis und dem Vergleich verschiedene Stadt- und Straßenbahnsysteme festhalten, daß ein neues Stadtbahnssystem eine Reisegeschwindigkeit von 21 km/h erreichen kann. Dies entspricht einer Fahrzeit auf den Linien A und B von etwa 26 Minuten.

Auf den Außenstrecken mit besonderem Bahnkörper können Werte um 25 km/h erreicht werden und auch bei straßenbündiger Führung sind Werte über 20 km/h möglich.

Aus dem geplanten „fahrleitungslosen Fahren“ sind keine Einschränkungen zu erwarten.

Damit ergeben sich erste Anhaltspunkte für die Einschätzung der Fahrzeitsimulation.

## 2 Simulation und Berechnung der Fahrzeit

### 2.1 Ergebnisse der Fahrzeitsimulation

Die Fahrzeitberechnung wurde anhand eines Infrastrukturmodells und entsprechend mit dem Tool Viriato durch SMA ermittelt. Die errechneten Fahrzeiten ergeben sich aus der zugrunde gelegten Infrastruktur mit den Haltestellen, den festgelegten Streckengeschwindigkeiten sowie den Fahrzeugdaten. Die Trassierung mit Haltestellen wurden aus der Masterplanung von Schüller-Plan/Mailänder Consult übernommen und die entsprechenden Geschwindigkeiten dem Datenmodell der Simulation zu Grunde gelegt (Stand November 2023). Für die Haltezeiten wurden eine Mindestzeit von 0,3 Min. (18 Sek.) und eine verlängerte Haltezeit von 0,5 Min. (30 Sek.) an aufkommensstarken Stationen angesetzt. Für das Fahrzeug wurden „marktübliche“ Eingangswerte durch SMO zur Verfügung gestellt. Als Fahrzeugparameter für die erste Fahrzeitrechnung wurde ein typisches Zugkraftdiagramm eines Stadtbahnfahrzeugs mit 45 m Länge, einem Leergewicht von 60 t und Allachsantrieb mit 115 kN Anfahrzugkraft bei 1,5 MW Leistung angenommen. Die maximale Beschleunigung bzw. Bremsverzögerung wurden mit üblichem „Komfortwert“ von 1,0 m/s<sup>2</sup> angesetzt.



Abb. 8: Darstellung der Trassierung und einer Zugkraftkennlinie für Fahrzeug mit Allachsantrieb

Die technische Fahrzeit stellt das Ergebnis der Fahrzeitsimulation dar und kann unter optimalen äußeren Bedingungen auf der geplanten Infrastruktur erreicht werden. Ein allgemein üblicher und technisch notwendiger Zuschlag von 5% bildet Schwankungen in den Fahrweisen der Triebfahrzeugführer sowie die Auswirkungen ungünstiger Witterungsbedingungen ab.

Für das Kernnetz ergibt sich als Ergebnis der Simulation durch SMA und basierend auf den technischen Fahrzeiten eine Reisegeschwindigkeit von 20 km/h. Für die Linie A ermittelt sich ein Wert von 20,3 km/h und für die Linie B von 19,5 km/h. Diese Werte können zwar auf den ersten Blick durchschnittlichen Geschwindigkeiten der Beispielstädte auf Seite 4 entsprechen, es fällt jedoch auf, dass sich für die Außenäste im Norden und Südwesten unterdurchschnittliche Geschwindigkeiten von etwa 20 km/h und eine Stufe C ergeben. Nur der Südast zum Uniklinikum erreicht 23,7 km/h und die Stufe B. Dadurch ergibt sich sowohl für die Linien A und B als auch für das Kernnetz insgesamt lediglich Qualitätsstufe C.

Abschnitt	Länge km	Halteabstand m	Fahrzeit Min.	Reisegeschw. km/h	Index	Qualitäts- stufe
Linie A	9,2	482	27,1	20,3	0,88	C
Linie B	9,2	482	28,1	19,5	0,85	C
Nordast	4,4	489	12,8	20,6	0,86	C
Altstadt	1,8	438	5,9	17,8	0,85	C
Südast	3,0	600	7,6	23,7	0,91	B
Südwestast	5,1	500	15,2	20,3	0,85	C
Kernnetz	14,3	505	42,9	20,0	0,87	C

Abb. 9: Simulationsergebnisse für die technische Fahrzeit der Stadtbahn

Die Ergebnisse der Fahrzeitberechnung zeigen Werte, die den ermittelten best-practise Beispielen und Empfehlungen für hochwertige Verkehrssysteme noch nicht entsprechen. Daher sollten die Einflussfaktoren der Fahrzeitberechnung genauer betrachtet werden.

## 2.2 Parameter und Einflussfaktoren auf die Fahrzeitberechnung

Die Betrachtung der Zusammensetzung der Gesamtfahrzeit kann Handlungsspielräume aufzeigen. Die Fahrzeit von Straßenbahnen wird durch deren „Betriebsumgebung“ bestimmt und diese hat einen erheblichen Einfluss auf die erreichbare Beförderungsgeschwindigkeit. Die Gesamtfahrzeiten setzen sich zusammen aus der eigentlichen Fahrzeit, den Haltezeiten an den Haltestellen, sowie Verlustzeiten und Reserven. Zu den wesentlichen Parametern, welche die Gesamtfahrzeiten bestimmen, zählen technische Aspekte der Trassierung und des Fahrzeuges sowie betriebliche Aspekte der Verkehrsregelung und der Fahrplanplanung.

### Streckengeschwindigkeit und Trassierung

Die festgelegte Geschwindigkeit bzw. die Trassierung (Zwangspunkte Kurven, Weichen) auf einem Streckenabschnitt kann einen erheblichen Einfluss auf die Gesamtreisezeit haben.

Da die Simulation als Eingangsparameter die festgelegten Höchstgeschwindigkeiten beinhaltet, hat dies deutlichen Einfluss auf das Ergebnis. Während Abschnitte mit hohem Anteil „Tempo 30“ lediglich Qualitätsstufe C erreichen, ergibt sich auf den Strecken mit überwiegend 50 km/h die Qualitätsstufe B. Laut HBS kann eine Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h gegenüber 50 km/h zu einer Fahrzeitverlängerung von ca. 20% in einem Streckenzug führen. Dadurch wären auf den Außenstrecken technisch auch höhere Geschwindigkeiten möglich.

Die Wirkung auf Fahrzeit und Reisegeschwindigkeit ist mit schätzungsweise ein bis zwei Minuten nicht unerheblich. Dies liegt v.a. an den Abschnitten der Außenstrecken, wie die besonderen Bahnkörper in Burgweinting und den Geschwindigkeitseinbrüchen durch die Trassierung mit engen Radien in der Furtmayrstraße bzw. der Landshuter Straße.

Es wird daher empfohlen, den Anteil der Abschnitte auf denen weniger als 50 km/h gefahren werden kann zu untersuchen und deren Anteil am Projekt zu reduzieren. An anderen Stellen sollte eine Anhebung der Streckengeschwindigkeit auf 60 oder 70 km/h untersucht werden.

### Verkehrsregelung und Verlustzeiten

Bei gut beschleunigten Strecken treten allgemein nur geringe Verlustzeiten auf. Diese machen weniger als 5% der Gesamtfahrzeit aus und es ist damit die Qualitätsstufe A erreichbar. Dies ist auch bei den neuen Stadtbahnen im Ausland im Allgemeinen der Fall (siehe Seite 5). In vielen Bestandssystemen sind die Verlustzeiten durch ungünstige Ampelschaltungen und Stauercheinungen jedoch höher. Die erzielte Reisezeit kann dabei bis zu 25% unter der technisch möglichen Fahrzeit liegen. Dies übersetzt sich in unbefriedigenden Qualitätsstufen C bis D.

Die Verlustzeiten wurden durch das Zentrum für integrierte Verkehrssysteme (ZIV) im Rahmen der Verkehrsmodellierung errechnet. Diese Verlustzeiten bilden Wartezeiten an Lichtsignalanlagen (LSA) sowie Stauereffekte ab und betragen in der Hauptverkehrszeit 3,6 bzw. 4,1 Minuten. Damit würde sich die Fahrzeiten auf über 30 Minuten verlängern und die Reisegeschwindigkeit auf 17 bzw. 18 km/h sinken. Der Anteil der Verlustzeiten an der Fahrzeit ist mit ca. 13 bzw. 15% vergleichsweise hoch. Dies würde deutlich unter den Möglichkeiten der Verkehrsregelung und dem Stand der Technik liegen. Im „Merkblatt für Maßnahmen zur Beschleunigung des öffentlichen Personennahverkehrs mit Straßenbahnen und Bussen“ der FGSV wird empfohlen, daß bei einem Verlustzeitenanteil von mehr als 10% Beschleunigungsmaßnahmen zu ergreifen sind. Bei den Verlustzeiten besteht daher ein sehr hoher Spielraum und Handlungsbedarf.

### Beschleunigungswerte des Fahrzeugs

Der relevante Aspekt für das Fahrspiel sind die Werte für Beschleunigung und Verzögerung des Fahrzeugs. Übliche Werte der Anfahrbeschleunigung liegen bei 0,9...1,3 m/s<sup>2</sup>. Verzögerungswerte liegen aufgrund der Fähigkeit für Gefahrbremungen im Allgemeinen deutlich höher, diese werden im Normalbetrieb aber nicht genutzt. Es ist darauf hinzuweisen, daß nicht alle Fahrzeuge hohe Beschleunigungswerte über 1,1 m/s<sup>2</sup> tatsächlich erreichen.

Die Werte für Beschleunigung und Verzögerung des Fahrzeugs sind mit +/- 1,0 m/s<sup>2</sup> in der Fahrzeitberechnung zwar als „Komfortwert“ eher niedrig angesetzt, sollten aber umgekehrt den Wert nicht deutlich überschreiten. Damit können im späteren Betrieb Reserven entstehen, um Verspätungen aufzuholen. Es ist zu beachten, daß hohe Beschleunigungswerte negative Auswirkungen auf Instandhaltung und Verschleiß bei Fahrzeug und Infrastruktur auslösen können. Auch der Energiebedarf und die damit verbundenen Kosten sind bei hohen Beschleunigungswerten deutlich steigend. Bei diesem Aspekt besteht nur ein geringer Spielraum.

### Haltezeiten und Haltestellenabstand

Haltezeiten bei niederflurigen Stadtbahnen lassen sich im Allgemeinen mit einem Wert zwischen 15 und 20 Sekunden beschreiben. Diese Werte weiter zu senken ist an sich nur an wenigen schwach nachgefragten Haltestellen sinnvoll und hat damit auf die Gesamtfahrzeit nur einen geringen Einfluss. Im Gegenzug könnte dadurch die Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit in Spitzenzeiten reduziert werden, was für das Image des Systems nicht sinnvoll sein sollte.

Die Haltezeiten in Regensburg wurden im Regelfall mit 0,3 Minuten und an aufkommensstarken Haltestellen mit 0,5 Minuten angesetzt. Diese Werte entsprechen den Erfahrungen und Simulationen in anderen Städten. Hier besteht demnach kein wesentlicher Spielraum.

Der Halteabstand hat ebenfalls einen Einfluss auf die Geschwindigkeiten in einem Streckenzug bzw. einem System. Durch zu dichte Halteabstände verbessert sich die Erschliessung nicht mehr wesentlich, aber es kommt zu einer deutlichen Verlangsamung. Beispiele und Planungsempfehlungen zeigen, daß Halteabstände von 450 bis 550 m im Allgemeinen sinnvoll sind.

Es kann in Regensburg untersucht werden, Bereiche mit dichten Halteabständen zu optimieren und auf einzelne Haltestellen zu verzichten. Hierzu bietet sich vorrangig die Isarstraße sowie die südliche Landshuter Straße an, wo Haltestellen relativ dicht zusammen liegen.

### Fahrzeitzuschläge und Reserven

Verschiedene Aspekte der Betriebsumgebung wirken auf die zu erwartende Fahrzeitstreuung, die wiederum Betriebsstabilität und Pünktlichkeit bestimmen. Diese Aspekte werden normalerweise nicht in Simulationen der Fahrzeiten ermittelt. Die Pünktlichkeit gilt jedoch oftmals als zentrales Kriterium für die Kundenzufriedenheit. Reserven haben zwar einen Einfluss auf Geschwindigkeit und Fahrzeit, sind aber für einen pünktlichen Betrieb notwendig und können daher nicht beliebig minimiert werden. Dabei ist die Bewertung der Gesamtsituation der Reserven im System wesentlich, was die Wechselwirkung mit Haltezeiten, Wendezeiten, Verlustzeiten und Fahrdynamik einschließt.

Niedrige Fahrzeitzuschläge auf die simulierte Fahrzeit dienen dazu, unterschiedliche Fahrweisen des Fahrpersonals oder Einflüsse der Witterung abzubilden. Diese sind in Regensburg bereits mit einem Wert von 5% in die technische Fahrzeit integriert (siehe S. 9). Ergänzend sind Reserven für die Fahrplanstabilität und einen pünktlichen Betrieb erforderlich, um Fahrzeitstreuungen durch Ampeln oder Behinderungen durch den Autoverkehr aufzufangen. Dies wird in der Praxis unterschiedlich angesetzt: in der Regel liegen die Werte bei etwa 5 bis 10%.

Durch die hohen Verlustzeiten lässt sich eine hohe Streuung der Fahrzeiten erwarten. Aus Praxisbeispielen sind dabei Fahrzeitstreuungen von 10 bis 20% auch auf kurzen Streckenabschnitten bekannt. Dies kann bei einer Strecke von 10 Minuten Fahrzeit eine Streuung zwischen 9 und 11 Minuten oder mehr bedeuten. In Regensburg lassen sich im inneren Stadtgebiet vergleichbare Auswirkungen erwarten. Für die daher erforderlichen Fahrzeitzuschläge wäre ein Wert von 10% empfehlenswert. Dieser Zuschlag von 2 bis 3 Minuten würde sowohl Reisegeschwindigkeit als auch Qualitätsstufe weiter absenken.

Mit Reduktion der Verlustzeiten auf einen „üblichen Wert“ neuer Stadtbahnsysteme mit hoher Priorisierung, würde hingegen auch die erwartbare Fahrzeitstreuung abnehmen, es wären niedrigere Reserven ansetzbar und damit würden die Fahrzeiten insgesamt sinken.

Zu differenzieren ist bei den Reserven auch bei deren Anordnung, denn diese können entweder linear als Fahrzeitzuschlag angeordnet werden, mit der Folge, daß die Reisegeschwindigkeit der Linien deutlich reduziert wird. Alternativ werden die Reserven teilweise in den Wendezeiten angeordnet, was sich weniger stark auf die Fahrzeiten auswirkt.

Eine höheres Beschleunigungs- und Bremsvermögen der Fahrzeuge und die bisher angesetzten Haltezeiten sollten als „stille Reserve“ betrachtet werden. Diese dienen einem stabilen Betrieb und erlauben den Fahrern ein Aufholen von Verspätungen im Alltag.

Bei dem Aspekt Fahrzeitzuschläge für Reserven besteht demnach ein hoher Handlungsspielraum zur Optimierung, der im Folgenden genauer zu untersuchen ist.

### 2.3 Bewertung der Fahrzeitberechnung

Die Fahrzeitsimulation hat in den Werten des gesamten Kernnetzes auf den ersten Blick durchschnittliche Werte der Systemgeschwindigkeit von 20 km/h erbracht. Jedoch sind die Ergebnisse für die Außenstrecken im Norden und Südwesten nicht befriedigend und liegen unter den zu erwartenden und wünschenswerten Werten von etwa 25 km/h. Damit dämpfen diese Abschnitte die Gesamtbewertung des Systems in Bezug auf die Verkehrsqualitäten.

Insbesondere im Stadtnorden und Südwesten macht sich auf den Außenstrecken dabei die niedrige festgesetzte Streckengeschwindigkeiten bemerkbar („Tempo 30“), die zu Reisegeschwindigkeiten führen die etwa 20% unter den zu erwartenden Werten liegen. Dabei wären technisch auch höhere Geschwindigkeiten auf der bestehenden Infrastruktur möglich.

Die Verlustzeiten sind in Regensburg zwar geringer als in vielen Bestandnetzen, liegen aber mit bis zu 15% deutlich unter den optimalen Werten aus Vergleichsstrecken und Empfehlungen. Die Verlustzeiten entsprechen damit nicht den technischen Möglichkeiten bzw. der „best-practise“. Durch die Verlustzeiten ergibt sich zudem die Anforderung entsprechend hohe Fahrzeitzuschläge von 10% für Reserven und Pünktlichkeit vorzusehen. Durch die Integration der Verlustzeiten und Reserven in die Fahrzeitrechnung würden sich die Fahrzeiten auf über 30 Minuten erhöhen und die Reisegeschwindigkeiten in einen Bereich von 16 bis 17 km/h sinken. Können die Verlustzeiten reduziert werden, kann sowohl auf diese Fahrzeitzuschläge verzichtet werden als auch auf die andernfalls notwendigen hohen Reserven.

Die Simulation und technische Fahrzeit ergibt das Potenzial für hohe Reisegeschwindigkeiten, die jedoch durch die Fahrzeitzuschläge und die Trassierung reduziert würden. Es zeichnen sich in Regensburg zahlreiche Möglichkeiten zur Optimierung der Fahrzeitrechnung zur Verbesserung der Reisegeschwindigkeiten und Verkehrsqualitäten ab.

Es ist daher zu empfehlen einen Optimierungsvorschlag zu entwickeln und durchzurechnen, der eine hohe Verkehrsqualität der Stufe A erreicht, was einer Beförderungsgeschwindigkeit im Gesamtsystem von etwa 21 km/h entspricht.

Im Vordergrund sollte dabei eine Beschleunigung der Stadtbahn durch Reduktion der Verlustzeiten (Priorisierung statt Koordinierung), sowie wo sinnvoll möglich eine Erhöhung der Streckengeschwindigkeiten stehen. Die Reserven sind so auszubilden, daß sie ein Optimum zwischen stabilem Betrieb und attraktiver Fahrzeit ermöglichen.

## 3 / Optimierungsvorschlag für die Fahrzeitberechnung

### 3.1 Handlungsansatz für den Optimierungsvorschlag

An dieser Stelle die Wirkungen der Veränderung einzelner Parameter zur Verbesserung der Fahrzeit dargestellt und eine sinnvolle Kombination für die Beschleunigung der Stadtbahn entwickelt werden. Dies betrifft Aspekte wie die Haltezeiten, das Beschleunigungsverhalten, die Trassierung etc. Ausreichende Reserven im System, einerseits für die Betriebsführung („Pünktlichkeit“), aber andererseits auch die weitere Planung („Projektrisiken“) sind dabei wesentlich. Dabei sollen die Zuschläge zur technischen Fahrzeit möglichst minimiert werden. Ziel sollte es sein mit einer Kombination der Parameter eine Geschwindigkeit von 21 km/h zu erreichen, was einer Stufe der Angebotsqualität A in Anlehnung an das HBS (siehe Seite 6) entspricht.

- ▶ Um die hohen **Verlustzeiten** zu reduzieren ist zu empfehlen, eine Verkehrsregelung mit entsprechender Optimierung der Verkehrsmengen in den Straßenzügen im Bereich der Stadtbahn anzustreben, um die negativen Auswirkungen der LSA auf den Stadtbahnverkehr zu reduzieren. Hierbei sind voll verkehrsabhängige Steuerungen mit kurzen Umlaufzeiten zielführend. Die Knotengrößen sollten reduziert werden und geprüft werden ob auf einzelne, die Knotenleistungsfähigkeit besonders einschränkende Fahrbeziehungen (v.a. Linksabbieger o.ä.) verzichtet werden kann. Es wird vorgeschlagen für die Berechnung Verkehrsqualitäten für die Stadtbahn nach Stufe A mit Verlustzeiten unter 5% anzusetzen, wie dies im Allgemeinen bei neuen Stadtbahnprojekten erreicht wird und als Stand der Technik anzusehen ist.
- ▶ In Bezug auf **Streckengeschwindigkeit und Trassierung** ist zu empfehlen, Streckenabschnitte mit Tempo 30 deutlich zu reduzieren. Dies gilt v.a. bei besonderem Bahnkörper in Burgweinting, im Bereich der OTH/Uni und bei straßenbündiger Führung im Norden (Sandgasse). Die Trassierung in der Furtmayrstraße und der Landshuter Straße sollte in den nächsten Planungsphasen weiterentwickelt werden, so daß hier durchgehend Geschwindigkeiten von 50 km/h erreichbar werden. Dazu ist auf die Verschwenke der Masterplanung mit zu engen Radien zu verzichten. Abschnittsweise sind auch höhere Geschwindigkeiten von 60 oder 70 km/h zu prüfen.
- ▶ Die **Haltezeiten** können nur minimal reduziert werden. Hier besteht eher ein geringer Spielraum. Lediglich an einzelnen Haltestellen kann die Haltezeit reduziert werden.
- ▶ Auch die Werte für **Anfahr- und Bremsbeschleunigung** sollten nicht erhöht werden, da die Wirkungen insgesamt eher gering sind und die Wechselwirkung zu Anlagenverschleiß und Energieverbrauch zu beachten ist. Es kann jedoch möglich sein, das höhere Beschleunigungspotential als Reserve im Verspätungsfall zu betrachten.
- ▶ Die **Fahrzeitzuschläge für Reserven** können reduziert werden, wenn erstens die Verlustzeiten reduziert werden und damit eine Quelle für die Streuung der Fahrzeiten (Unpünktlichkeit) vermieden wird und zweitens eine Berücksichtigung der Reserven in den Wendezeiten sowie der Reserven bei den Beschleunigungswerten der Fahrzeuge erfolgt. Zur Vermeidung einer übermäßigen Verlangsamung der Fahrzeiten auf den Strecken, ist eine Aufteilung der Reserven zu prüfen, d.h. geringere Fahrplanabweichungen sollen auf der Strecke abgefangen werden können und größere Unregelmäßigkeiten mit den Wendezeiten.

Es ist nicht zu empfehlen, einseitig die betrieblichen Parameter anzupassen, um eine höhere Geschwindigkeit der Stadtbahn zu erreichen. Es ist in hohem Maße wünschenswert, daß im System gewisse Reserven verbleiben und nicht alle Elemente von Anfang an „ausgereizt“ werden. Einerseits, um im Rahmen einer Nutzen-Kosten-Bewertung in einer späteren Planungsphase noch Spielräume zu haben, um den Fahrzeugumlauf bei einem knappen Ergebnis zu optimieren, wozu sich eine Verkürzung der Haltezeiten und Fahrzeitreserven anbietet, da hierbei keine Änderungen an der Infrastruktur bzw. den Fahrzeugen erforderlich ist. Andererseits, sollten auch im späteren Betrieb noch Reserven vorhanden sein, damit das Fahrpersonal im Falle von Verspätungen kompensierend reagieren kann. Insbesondere sollte vermieden werden, die betrieblich „erforderlichen“ Parameter wie Haltezeiten und Beschleunigung überzustrapazieren, um eine „langsame“ Infrastruktur zu kompensieren (LSA-Verlustzeiten, Tempo 30).

### 3.2 Sensitivitätsrechnungen für die Einzelparameter

In den Testfällen der Sensitivitätsrechnung wird jeweils lediglich ein bestimmter Parameter in der Berechnung variiert und die sich ergebenden Fahrzeiten ermittelt. Damit können die Wirkungen der Einzelparameter auf die Fahrzeiten identifiziert und ein Synthesemodell für den Optimierungsvorschlag entwickelt werden.

#### Ergebnisse der Sensitivitätsrechnung

Die Simulationen im Rahmen der Sensitivitätsrechnung wurden durch SMA durchgeführt.

- ▶ An erster Stelle wurde eine Anhebung der Geschwindigkeiten auf 50 km/h untersucht. In der Sandgasse, an der OTH/Uni und in Burgweinting wurde die Geschwindigkeit heraufgesetzt. Lediglich in der Altstadt wurde „Tempo 30“ beibehalten. Es wurde zudem eine Optimierung der Trassierung in der Furtmayrstraße und Landshuter Straße unterstellt. Es ergeben sich Einsparungen in Größenordnung von etwa 1,5 Minute je Linie.
- ▶ Durch die Erhöhung der Anfahr- und Bremsbeschleunigung der Fahrzeuge auf 1,2 m/s<sup>2</sup> ergibt sich eine Fahrzeiteinsparung von knapp einer Minute je Linie.
- ▶ Die generelle Verkürzung der Haltezeiten von 0,3 bzw. 0,5 Sekunden auf 0,25 bzw. 0,4 Sekunden ermöglicht eine Verkürzung der Gesamtfahrzeit von etwa einer Minute.
- ▶ Werden die Verlustzeiten auf ein Maß unter 5% reduziert, ergeben sich deutliche Einsparungen von etwa drei Minuten oder etwa 10% der Fahrzeit. An einzelnen Punkten wurden dabei weiterhin geringe Verlustzeiten angenommen, die sich aus Eigenbehinderungen des ÖPNV untereinander (Stadtbahn-Stadtbahn oder Stadtbahn-Bus) ergeben können.
- ▶ Der Verzicht auf zwei Haltestellen in der Isarstraße bzw. der südlichen Landshuter Straße, hat Einsparungen von 0,5 Minuten bei Linie A bzw. 1,3 Minuten bei Linie B zur Folge.
- ▶ Die Fahrzeitzuschläge für Reserven machen bei einem Ansatz von 5% etwa 1,0 Minuten und bei 10% von 2,0 Minuten je Linie aus.

In Summe der Sensitivitätsprüfung ergibt sich eine Variabilität der Fahrzeiten auf den beiden Linien von 9 bis 10 Minuten. Dies entspricht etwa einem Drittel des technischen Fahrzeit.

Maßnahme	Linie A	Linie B
	Min	Min
Erhöhung auf 50 km/h (ohne Altstadt und Sandgasse)	1,5	1,5
Erhöhung Beschleunigungswert auf 1,2 m/s	0,9	1,0
Verkürzung Haltezeiten	1,0	1,0
Reduktion Verlustzeiten (Verkehrsqualität A)	2,7	3,2
Auflassung von zwei Haltestellen	1,0	1,0
Fahrzeitzuschlag Reserven 5%	1,0	1,0
Fahrzeitzuschlag Reserven 10%	2,0	2,1
<b>Maximale Summe</b>	<b>9,1</b>	<b>9,9</b>

Abb. 10: Fahrzeiteinsparungen in den berechneten Testfällen

#### Wechselwirkungen der Einzelparameter

Es ist zu berücksichtigen, daß nicht alle Ansätze gleichzeitig nutzbar sind. So ist eine Reduktion der Haltezeiten, die Nutzung einer höheren Beschleunigung und eine starke Minimierung der Reserven nicht zu empfehlen. Es entsteht die Gefahr, daß zu geringe Möglichkeiten bestehen, Verspätungen im Betrieb aufzuholen.

Die Fahrzeitzuschläge für Reserven können im Projekt erst dann niedrig angesetzt werden, wenn die Verlustzeiten auf das technisch sinnvolle Minimum reduziert werden. Zu bevorzugen ist v.a. eine Reduktion der Verlustzeiten, da dann auch die Reserven reduziert werden können.

Es ist eine Gesamtbetrachtung der Reserven in Abhängigkeit der Parameter Geschwindigkeit, Beschleunigung, Wenden etc. vorzunehmen. Eine Kürzung von der „stillen Reserven“ bei Fahrzeugbeschleunigung und Haltezeiten sowie gleichzeitig eine Minimierung von Reserven wird daher nicht berücksichtigt.

Die zur Kombination vorgeschlagenen Parameter zur Optimierung der Fahrzeiten und Geschwindigkeiten werden auf der folgenden Seite dargestellt.

### 3.3 Optimierungsvorschlag für die Fahrzeitberechnung

Auf Grundlage der Sensitivitätsrechnung wird vorgeschlagen, die Fahrzeitberechnung mit folgender Parameterkombination zu optimieren:

- ▶ Heraufsetzen der Geschwindigkeiten auf 50 km/h mit Ausnahme Sandgasse und Altstadt
- ▶ Wo sinnvoll möglich Erhöhung der Streckengeschwindigkeit auf über 50 km/h
- ▶ Annahme von Verlustzeitanteilen von weniger als 5% (Qualitätsstufe A)
- ▶ Entfall Haltestellen in der Isarstraße und der südlichen Landshuter Straße
- ▶ Alternativer Ansatz mit verteilter Anordnung der Reserven (siehe unten)

Diese Ansätze sind in eine entsprechende weitere Simulation der Fahrzeiten durch SMA eingeflossen und in der Tabelle unten dargestellt.

#### Ansatz zur Berücksichtigung der Reserven im Optimierungsvorschlag

Eine besondere Betrachtung empfiehlt sich in Bezug auf den Umfang der Reserven und deren Verteilung auf Strecke und Wende. Es wird vorgeschlagen, kleinere Fahrplanabweichungen von bis zu zwei Minuten durch lineare Reserven sowie das höhere Beschleunigungsvermögen der Fahrzeuge auf der Strecke aufzufangen. Größere Störungen werden durch eine ausreichende Wendezeit kompensiert, um die Rückleistung wieder pünktlich antreten zu können. Dieses Vorgehen ist mit dem Ziel von kurzen Fahrzeiten im System vorteilhaft.

Die linearen Reserven werden mit dem niedrigsten sinnvollen Wert von 2,5% angesetzt. Ergänzend ist eine Nutzung der technisch möglichen höheren Anfahr- und Bremsbeschleunigung (1,2...1,3 m/s<sup>2</sup>) im Verspätungsfall vorzusehen. Die Reserven im Zusammenhang der Wendezeiten werden im Nachgang der Fahrzeitberechnung ermittelt (siehe Seite 16).

#### Ergebnis der Fahrzeitsimulation im Optimierungsvorschlag

Nach der erneuten Ermittlung der technischen Fahrzeit ergibt sich durch den Optimierungsvorschlag für das Gesamtsystem eine Reisegeschwindigkeit von 20,9 km/h und damit eine Qualitätsstufe A. Die äußeren Streckenabschnitte erreichen höhere Reisegeschwindigkeiten und die Qualitätsstufe A (mit Ausnahme der Sandgasse). Auf den beiden Linien A und B ergibt sich eine Fahrzeit von 27 bzw. 26 Minuten. Dies bedeutet für die Linie B eine Reisegeschwindigkeit von 21,1 km/h bzw. eine Qualitätsstufe A. Für die Linie A ergibt sich eine niedrigere Reisegeschwindigkeit von 20,4 km/h bzw. die Qualitätsstufe B+, was an den Weichen im eingleisigen Abschnitt und „Tempo 30“ in der Sandgasse liegt. Kann auf diese Einschränkungen verzichtet werden, würde sich auf der Linie A ebenfalls ein Wert von etwa 21 km/h und Qualitätsstufe A ergeben. Es ist zu untersuchen, ob dieser Aspekt in der Planung noch optimiert werden kann. Der Abschnitt Furtmayrstraße / Landshuter Straße wird durch den Gleisabzweig an den Arcaden verlangsamt – ohne diesen erreicht der Streckenzug ebenfalls einen Wert von ca. 24 km/h.

Abschnitt		Fahrzeit Min.	Reisegeschw. km/h	Index nach HBS	Qualitäts- stufe
Wutzlhofen	Isarstraße	6,3	19,0	0,82	C
Isarstraße	Mobilitätsdrehsch.	5,7	25,2	0,95	A
Mobilitätsdrehsch.	Arcaden	6,4	16,4	0,86	C
Arcaden	Unklinikum	7,4	24,3	0,95	A
<b>Linie A</b>	<b>(ohne Südspange)</b>	<b>26,9</b>	<b>20,4</b>	<b>0,94</b>	<b>B+</b>
Isarstraße	Mobilitätsdrehsch.	5,7	25,2	0,95	A
Mobilitätsdrehsch.	Arcaden	6,4	16,4	0,86	C
Arcaden	Odessaring	6,2	21,2	0,95	A
Odessaring	Bf. Burgweinting	6,5	25,7	1,00	A
<b>Linie B</b>		<b>26,0</b>	<b>21,1</b>	<b>0,95</b>	<b>A</b>
<b>Gesamtsystem</b>			<b>20,9</b>	<b>0,95</b>	<b>A</b>

Abb. 11: Ermittelte Fahrzeiten und Reisegeschwindigkeiten im Optimierungsvorschlag (Index nach HBS entspricht dem Index der Beförderungsgeschwindigkeit siehe Seite 6)

Durch den Optimierungsvorschlag kann sich eine Reisegeschwindigkeit von knapp 21 km/h und Qualitätsstufe A ergeben, welche den Vergleichen und Zielvorgaben entspricht.

### 3.4 Betrachtung der Reserven und Betriebsstabilität

An dieser Stelle erfolgt eine Abschätzung der Reserven und der Betriebsstabilität, um sicherzugehen auch beim Ansatz der alternativen Verteilung der Reserven ein pünktlicher Betrieb sichergestellt werden kann. Entscheidend für die Betriebsqualität und erzielbare Pünktlichkeit sind die absoluten Zeiten der Reserven im Fahrplan. Es ist dabei abzuwägen zwischen kurzen und attraktiven Fahrzeiten und einem stabilen Betrieb.

Der vorgeschlagene Ansatz mit verteilten Reserven (niedrige Reserven auf der Strecke und ausreichende Puffer in der Wendezeit, siehe Seite 15) soll den Betrieb insgesamt zuverlässig halten, ohne jedoch die Fahrzeit zwischen den Endpunkten übermäßig zu verlängern. Dieser Ansatz aus dem spezifischen Projektanforderungen sowie dem Zusammenspiel von Fahrzeit, Taktichte und Wendezeit in Regensburg zu empfehlen.

Entlang der Strecken der Linien A und B ergeben sich durch lineare und vereinzelt punktuell Fahrzeitzuschläge sowie die Nutzung der technisch möglichen höheren Anfahr- und Bremsbeschleunigung der Fahrzeuge ( $1,2 \text{ m/s}^2$ ) im Verspätungsfall Zeitreserven in der Summe von 1,7 bzw. 1,5 Minuten (entspricht 7 bzw. 9% der Fahrzeit). Bei der geplanten Taktichte von 5 Minuten und den ermittelten Fahrzeiten von 26 bzw. 27 Minuten entstehen in den Umläufen an den Endhaltestellen neben der technisch notwendigen Wendezeit von 4 Minuten zusätzliche Zeitpuffer bei den Linien A und B von 2,5 bzw. 3,0 Minuten. Dies entspricht in dem Bedienungsmodell 13 bzw. 15% der Fahrzeit. Die Reserven in der Wendezeit wirken sich damit nicht negativ auf die Fahrzeiten der Linien oder den Fahrzeugbedarf aus. Es entsteht damit eine Gesamtreserve von 3,9 bzw. 4,7 Minuten (oder 20 bzw. 24% der Fahrzeit).

	Reserven Strecke		Reserven Wende		Gesamtreserve	
	Minuten	Fahrzeitanteil	Minuten	Fahrzeitanteil	Minuten	Fahrzeitanteil
Linie A	1,7	9%	3,0	15%	4,7	24%
Linie B	1,4	7%	2,5	13%	3,9	20%

Abb. 12: Darstellung der Reserven im System bei einem 5-Minuten-Takt

In den Reserven sollte zu dieser Projektphase auch ein pauschaler Risikozuschlag von einer Minute je Linie enthalten sein. Dieser soll verhindern, daß Projektänderungen bei Trassierung, Verkehrsregelung oder Fahrplanerstellung auf den Fahrzeugbedarf durchschlagen. Ergeben sich längere Fahrzeiten kann dies Auswirkungen auf den Nutzen-Kosten-Indikator haben. Die ermittelten Wert sind daher als Zielfahrzeiten für die weiteren Planungsphasen anzusehen.

Ergeben sich bei der Planung bei einem Parameter ungünstigere Werte, die sich spürbar auf die Fahrzeiten auswirken, so sind kompensierende Maßnahmen bei anderen Aspekten unerlässlich. Daher sind auch weitere Möglichkeiten zur Optimierung von Infrastruktur und Bedienungskonzept angeführt, die in der Simulation des Vorschlags nicht berücksichtigt sind.

Bei den Wendeanlagen wurde an dieser Stelle von einer nachgeschalteten Anordnung der Wendegleise ausgegangen. Damit ergeben sich hier keine negativen Auswirkungen auf die Fahrzeiten zwischen den Endstellen. Dies ist in der weiteren Planung zu berücksichtigen. Es kann daher auch untersucht werden, an einzelnen Stellen Wendeschleifen zur Verkürzung der technisch notwendigen Mindestwendezeit bzw. Erhöhung der Reserven vorzusehen.

Durch die vorgeschlagene aufgeteilte Anordnung der Reserven können Verspätungen eines Kurses von 4 bis 5 Minuten ohne Auswirkungen auf den Gegenkurs kompensiert werden. Bei Berücksichtigung des Risikozuschlags gilt dies für Verspätungen von 3 bis 4 Minuten.

Die Wendezeiten im Projekt sind in der Fahrplanerstellung ausreichend zu bemessen und sollten entsprechende Reserven enthalten. Zur technischen Wendezeit von 4 Minuten sind weitere Reserven in Höhe von 10% der Fahrzeit bzw. ca. 2,5 Minuten vorzusehen.

In der weiteren Planung der Trassierung und Fahrpläne ist darauf zu achten, daß diese Gesamtreserven nicht reduziert werden.

### 3.5 Optimierungsmöglichkeiten für die weitere Planung

#### Optimierung der Trassierungsplanung zur Beschleunigung der Fahrzeiten

Es haben sich im Rahmen der Untersuchung Optimierungsmöglichkeiten für die Fahrzeiten ergeben. Diese sollten alle in den weiteren Planungsschritten geprüft werden, denn erfahrungsgemäß ist damit zu rechnen, daß nicht jeder Vorschlag tatsächlich umgesetzt werden kann. Daher können weitere Möglichkeiten in Betracht gezogen werden, um die Zielfahrzeiten zu erreichen. Neben den Aspekten Verlustzeiten, Geschwindigkeiten und Haltestellen ist auch eine Weiterentwicklung der Trassierung möglich. Dies kann weitere Abschnitte für 60 oder 70 km/h bzw. die Aufweitung von Kurvenradien an gewissen Stellen umfassen.

Abschnitt	Vorschlag zur Prüfung
Wutzlhofen	Wendeschleife
Sandgasse	Erhöhung Geschwindigkeit (Entfall Streckenabschnitt)
Knoten Isarstraße	Optimierung LSA / Reduktion Verlustzeiten
Isarstraße	Entfall Haltestelle Schulzentrum, Erhöhung Geschwindigkeit
Nordgaustraße	Erhöhung Geschwindigkeit Optimierung LSA / Reduktion Verlustzeiten
Nibelungenbrücke	Optimierung LSA / Reduktion Verlustzeiten Optimierung Radius > 50 m
Unterer Wöhrd	Erhöhung Geschwindigkeit
Altstadt	Optimierung LSA / Reduktion Verlustzeiten
Galgenbergbrücke	Erhöhung Geschwindigkeit
Arcaden	Optimierung LSA / Reduktion Verlustzeiten
OTH/Uni	Erhöhung Geschwindigkeit Optimierung Radius > 50 m
ZOB Universität	Wendeschleife
Uniklinikum	Wendeschleife
Furtmayrstraße	Erhöhung Geschwindigkeit
Innere Landshuter Straße	Erhöhung Geschwindigkeit
Äußere Landshuter Straße	Erhöhung Geschwindigkeit Entfall Haltestelle
Burgweinting	Erhöhung Geschwindigkeit oder mehr Optimierung LSA / Reduktion Verlustzeiten
Burgweinting Bf.	Leistungssteigerung Wendeanlage (bei 2 Linien)

Abb. 13: Optimierungsmöglichkeiten für die weiteren Planungsschritte

#### Optimierung der Verkehrsregelung zur Reduzierung der Verlustzeiten

Zur Steigerung der Angebotsqualität ist eine volle Priorisierung an Knotenpunkten für attraktive Fahrzeiten anzustreben, wobei die Auswirkungen auf den motorisierten Individualverkehr (MIV) zu ermitteln und abzuwägen sind. Wenn diese Priorisierung nicht möglich ist, ergeben sich negative Auswirkungen auf Fahrzeiten, Fahrzeugbedarf, die Attraktivität und Effizienz des Systems sowie ggfs. den Nutzen-Kosten-Indikator.

Aus einigen Städten sind im Zusammenhang mit dem Ausbau von Stadtbahnssystemen stagnierende und zurückgehende Belastungen im Kfz-Verkehr bekannt. Dies ist insbesondere in den schweizerischen Städten der Fall, welche einen deutlichen niedrigeren Modal-Split-Anteil des Kfz-Verkehrs aufweisen und damit auch geringe Belastungen der Straßen. Hier besteht auch eine vollwertige Priorisierung des Tramverkehrs quasi ohne LSA-bedingte Verlustzeiten. In den französischen Städten Grenoble und Strasbourg ist mit den Stadtbahnprojekten eine Reduktion der Kfz-Belastungen im Zentrumsbereich erreicht worden. In Leipzig sind die Verkehrsbelastungen im Stadtzentrum trotz Bevölkerungswachstum in den letzten Jahren erkennbar zurückgegangen. Dieser Ansatz sollte auch in Regensburg im Stadtbahnprojekt den entsprechenden Prognosen und Verkehrsmodellen zu Grunde gelegt werden.

## 4 Zusammenfassung

Der Optimierungsvorschlag erlaubt in der Kombination der Maßnahmen eine deutliche Beschleunigung entsprechend dem Stand der Technik und den erwartbaren Geschwindigkeiten wie sie sich in anderen Städten bzw. bei vergleichbaren Strecken ergeben.

Der Richtwert von 21 km/h stellt ein gutes Ziel für ein neues Stadtbahnssystem dar und entspricht einer Verkehrsqualität der Stufe A. Außerhalb der Altstadt ergeben sich durch den Optimierungsvorschlag – mit Ausnahme der Sandgasse (eingleisig, T30) – hohe Reisegeschwindigkeiten von 24 bis 26 km/h. Mit der Kombination der angeführten Empfehlungen zur Optimierung der Planung scheint es auf Grundlage der durch SMA durchgeführten Simulationsberechnungen wird es demnach möglich, die angestrebten Fahrzeiten, Geschwindigkeiten und Qualitätsstufen im System der Stadtbahn Regensburg zu erreichen.

Der Zielwert der Beförderungsgeschwindigkeit stellt damit einen wichtigen Input bzw. die Ziel-fahrzeit und Reserven eine Vorgabe für die weiteren Planungsschritte in den folgenden Leistungsphasen dar, um ein wirtschaftliches und attraktives Nahverkehrssystem mit der Stadtbahn zu schaffen, welches in der Nutzen-Kosten-Untersuchung einen hohen Wert erzielt.

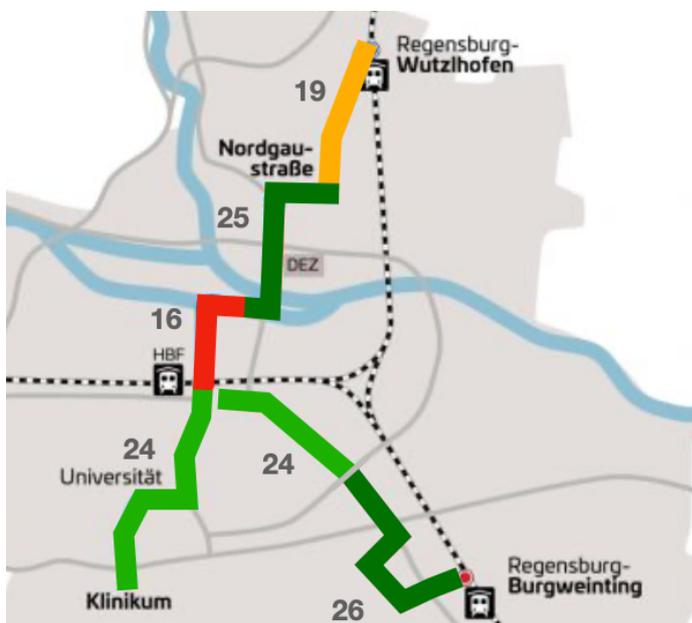


Abb. 14: Beförderungsgeschwindigkeiten als Ergebnis des Optimierungsvorschlags

# Stadtbahn Regensburg

## *Fortschreibung Nutzen-Kosten-Untersuchung*



## **Bericht**

Wien, Februar 2024

Erstellt im Auftrag von:

Stadt Regensburg

Amt für Stadtbahneubau

Regiebetrieb der Stadt Regensburg

Hemauerstraße 1 | 93047 Regensburg

**komobile**

komobile GmbH

Büro für Verkehrsplanung

Standort Wien

Schottenfeldgasse 51/17

A-1070 Wien

T: +43 1 8900681-0

E: [wien@komobile.at](mailto:wien@komobile.at)

W: [www.komobile.at](http://www.komobile.at)

# Stadtbahn Regensburg

## *Fortschreibung Nutzen-Kosten-Untersuchung*

### **Erstellt im Auftrag von**

Stadt Regensburg  
Amt für Stadtbahnneubau  
Regiebetrieb der Stadt Regensburg  
Hemauerstraße 1 | 93047 Regensburg

### **Bearbeitung:**

Dipl.-Ing. Dr. techn. Romain Molitor  
Dipl.-Ing.<sup>in</sup> Stéphanie Bauer-Ibili  
Dipl.-Ing. Marco Dernberger  
Dipl.-Ing. Julian Kammerlander  
Dipl.-Ing. Benjamin Kokoll (AIT)

**komobile**

komobile GmbH  
Büro für Verkehrsplanung

Standort Wien

Schottenfeldgasse 51/17  
A-1070 Wien

T: +43 1 8900681-0  
E: wien@komobile.at  
W: www.komobile.at

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Rückblick</b>	<b>1</b>
1.1	Ergebnisse der gesamtwirtschaftlichen Bewertung 2018	1
1.2	Aktualisierung der NKU	4
<b>2</b>	<b>Untersuchte Fälle</b>	<b>5</b>
2.1	Grundlagen zur Fortschreibung der NKU	5
2.2	Mitfall „Kernnetz ohne Südspange“	5
2.3	Mitfall „Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung“	6
2.4	Mitfall „Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden“	7
2.5	Ohnefall	9
<b>3</b>	<b>Nutzen-Kosten-Untersuchung</b>	<b>13</b>
3.1	Ergebnisse Mitfall „Kernnetz ohne Südspange“	18
3.2	Ergebnisse Mitfall „Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung“	21
3.3	Ergebnisse Mitfall „Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden“	24
3.4	Vergleich der „Mitfälle“	28
<b>4</b>	<b>Fazit</b>	<b>29</b>
	<b>Anhang 1: Kosten</b>	<b>30</b>
	<b>Anhang 2: Plandarstellungen</b>	<b>32</b>
	<b>Anhang 3:</b>	<b>33</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schema zum Angebot Kernnetz ohne Südspange.....	5
Abbildung 2: Schema zum Angebot Kernnetz ohne Südspange- mit betrieblicher Optimierung.....	6
Abbildung 3: Angebot Kernnetz ohne Südspange: Stadtbahn und Buslinien (Anhang 2, Plan 1) .....	7
Abbildung 4: Schema zum Angebot modifiziertes Netz Stadtbahn .....	8
Abbildung 5: Angebot Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden: Stadtbahn und Buslinien (Anhang 2, Plan 2) .....	9
Abbildung 6: Modal-Split - Ohnefall.....	10
Abbildung 7: Querschnittsbelastungen Ohnefall (Anhang 2: Plan 3).....	11
Abbildung 8: Querschnittsbelastungen Kernnetz ohne Südspange (Anlage 2, Plan 4).....	19
Abbildung 9: Modal-Split Mitfall Kernnetz ohne Südspange.....	20
Abbildung 10: Querschnittsbelastungen Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung (Anlage 2, Plan 5).....	22
Abbildung 11: Modal-Split Mitfall Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung .....	23
Abbildung 12: Querschnittsbelastungen Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden (Anlage 2, Plan 6) .....	25
Abbildung 13: Modal-Split Mitfall Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden.....	26

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grobabschätzung   Gesamtwirtschaftliche Teilindikatoren und Nutzen-Kosten-Verhältnis der Straßenbahn-Untersuchungsszenarien.....	3
Tabelle 2: Fahrgäste je Werktag Ohnefall .....	10
Tabelle 3: Abschlagsfaktoren zur Bewertung der Anschaffungskosten ÖSPV Bus Elektro.....	17
Tabelle 4: Fahrgäste je Werktag Kernnetz ohne Südspange .....	19
Tabelle 5: Ergebnisse Mitfall Kernnetz ohne Südspange.....	21
Tabelle 6: Zusätzliche Fahrgäste je Werktag im Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung im Vergleich zum Ohnefall .....	22
Tabelle 7: Ergebnisse Mitfall Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung.....	24
Tabelle 8: Fahrgäste je Werktag Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden .....	25
Tabelle 9: Ergebnisse Mitfall Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden..	27
Tabelle 10: Vergleich NKU der drei „Mitfälle“ .....	28

# 1 Rückblick

Im April 2018 wurde die Studie zur Einführung eines „höherwertigen ÖPNV-Systems“ in Regensburg abgeschlossen. Ausgangslage für die Beauftragung der Studie waren Überlegungen seitens der Stadt Regensburg zu Möglichkeiten der Attraktivierung ihres ÖV-Angebotes. Herausfordernd ist dabei die große zusammenhängende Altstadt, die als Weltkulturerbe geschützt ist, und die Segmentierung des Stadtgebietes durch die Barrieren Flüsse, Eisenbahn und Hauptverkehrsstraßen, mit teilweise nur wenigen Quermöglichkeiten. Auf dieser Grundlage beauftragte der Stadtrat im Juni 2018 die Planung zur Einführung eines schienengebundenen Verkehrsmittels mit zwei Nord-Süd-Linien, die auf einem Netz verkehren, das von Wutzlhofen im Norden über Konradsiedlung, Nordgaustraße, Donau-Einkaufszentrum, Donaumarkt, Hauptbahnhof/Albertstraße bis zur Friedenstraße verlaufen soll und dann zum einen über die Universität zum Universitätsklinikum führen soll bzw. über die Furtmayr- und Landshuter Straße zum Haltepunkt Burgweinting führt. Eine Verlängerung vom Universitätsklinikum nach Burgweinting erfolgte im Zuge der Vorplanung entsprechend der Festlegung zum Betriebshof und der weiteren Stadtentwicklung südlich der Bundesautobahn A3. Baulich sind für die Linien teilweise bereits Vorbereitungen getroffen (z.B. im Zuge der Nibelungenbrücke oder durch Mittel- oder Seitenstreifen auf Straßenzügen).

Die Untersuchungen zeigten, dass der Anteil des öffentlichen Verkehrs sowohl in der Stadt als auch im Stadt-Umland-Verkehr durch Angebotsverbesserungen steigerbar ist. Um künftige Überlastungserscheinungen im Straßennetz zu vermeiden, erscheint eine Strategie zur Stärkung des öffentlichen Verkehrs als zweckmäßig. Aufgrund der prognostizierten Fahrgastzahlen 2030 wurde eine Stadtbahn als das zweckmäßigste Verkehrsmittel empfohlen.

## 1.1 Ergebnisse der gesamtwirtschaftlichen Bewertung 2018

Das relevante Ergebnis einer gesamtwirtschaftlichen Bewertung gemäß der „Standardisierten Bewertung“ ist der „Nutzen-Kosten-Indikator“. Dieser stellt das Verhältnis zwischen der Summe des projektinduzierten gesamtwirtschaftlichen Nutzens (monetarisiert) und den Kosten (annuisiert) dar.

Der in der gegenständlichen Studie ermittelte Indikator basierte auf einer ersten - dem damaligen Planungsstand und Projektstatus in Anlehnung an das Instrumentarium der

„Standardisierten Bewertung“ entsprechend vereinfachten - Abschätzung der Dimension des gesamtwirtschaftlichen Nutzen-Kosten-Verhältnisses. In der gesamtwirtschaftlichen Bewertung, die auf Basis eines vereinfachten Ansatzes der „Standardisierten Bewertung“ erfolgte, zeigte sich ein hoher gesamtwirtschaftlicher Nutzen. Vergleicht man den Nutzen mit den Investitionskosten, so ist zu erkennen, dass ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von größer 1,0 erreichbar ist.

Die Berechnungen im Zuge der Machbarkeitsstudie zeigten dabei, dass mit einer Zunahme der Fahrgastzahlen im ÖPNV im Binnenverkehr von 6.400 bis zu 17.000 (+6.360 im „Mitfall Streng“ und +16.696 im „Mitfall Max“) und im Ziel-Quell-Verkehr von 2.800 bis zu 6.700 (+2.788 im „Mitfall Streng“ und +6.703 im „Mitfall Max“)<sup>1</sup> Fahrgästen pro Tag gerechnet werden kann.

Setzt man die konkreten, unten beschriebenen Teilindikatoren der gesamtwirtschaftlichen Nutzen bzw. Kosten des untersuchten Straßenbahnsystems in Regensburg ins Verhältnis, ergeben sich für die Modellszenarien („MAX“, „MITTEL“, „STRENG“) folgende Nutzen-Kosten-Indikatoren.

---

<sup>1</sup> S. Studie zur Einführung eines „höherwertigen ÖPNV-Systems“ in Regensburg, 2018, S. 95

Tabelle 1: Grobabschätzung | Gesamtwirtschaftliche Teilindikatoren und Nutzen-Kosten-Verhältnis der Straßenbahn-Untersuchungsszenarien

GESAMTWIRTSCHAFTLICHE BEWERTUNG <sup>1)</sup>	TRAM MAX	TRAM MITTEL	TRAM STRENG
Teilindikatoren 1)	[T€/Jahr]	[T€/Jahr]	[T€/Jahr]
Reisezeitdifferenzen im ÖV (abgemindert)	10.597	9.177	9.122
Saldo der Pkw-Betriebskosten	6.109	4.361	3.707
Nutzen der Schaffung zusätzlicher Möglichkeiten	1.596	1.534	1.524
Saldo der ÖPNV-Betriebskosten	- 6.203		
Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur des ÖV im Ohnefall	-		
Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Mitfall	- 1.837		
Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Ohnefall	-		
Saldo der Unfallfolgekosten	1.995	1.320	1.067
Saldo der CO2 Emissionen	313	162	106
Saldo der Schadstoffemissionskosten	79	47	35
Saldo der Geräuschbelastung	-		
Summe monetär bewerteter Einzelnutzen	12.648	8.560	7.522
Kapitaldienst für ortsfeste Infrastruktur des ÖV im Mitfall	7.807		
Nutzen - Kosten - Differenz	4.841	753	- 285
<b>Nutzen - Kosten - Indikator</b>	<b>1,62</b>	<b>1,10</b>	<b>0,96</b>

1) teilweise vereinfachte Ermittlung in Anlehnung an das Regelverfahren der "Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen im schienengebundenen öffentlichen Personennahverkehr" (Version 2016).

Quelle: Eigene Darstellung, 2018

Der solcherart ermittelte Nutzen-Kosten-Indikator des Szenarios „MAX“<sup>2</sup> liegt mit 1,62 sehr deutlich über der Schwelle von 1, auch das Szenario „MITTEL“ liegt mit 1,10 eindeutig über dieser Schwelle. Im Szenario „STRENG“ wird mit 0,96 immerhin ein Wert erreicht der in unmittelbarer Nähe des angestrebten Nutzen-Kosten-Verhältnisses von >1 liegt. Die Grundlage zum damaligen Zeitpunkt war die Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen im schienengebundenen öffentlichen Personennahverkehr, Version 2016, 2017.

<sup>2</sup> Tram STRENG: hohe Übereinstimmung mit Standardisierter Bewertung, keine Berücksichtigung zusätzlicher Potenziale

Tram MITTEL: zzgl. der Potenziale städtebauliche Verdichtung, P+R Wutzlhofen & Benzstraße (im übrigen hohe Übereinstimmung mit Standardisierter Bewertung)

Tram MAX: zzgl. Potenziale städtebauliche Verdichtung, P+R Wutzlhofen & Benzstraße, NMV-Verlagerungen zu ÖPNV, Nachfrageänderungen Schülerverkehre, Eingriffe mIV-Netz (Rest: hohe Übereinstimmung mit Standardisierter Bewertung)

## 1.2 Aktualisierung der NKU

Die gesamtwirtschaftliche Bewertung 2023 erfolgt auf Basis geänderte Rahmenbedingungen, indem die „Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen im schienengebundenen öffentlichen Personennahverkehr, Version 2016+, 2022“ zur Anwendung kommt, in der im Vergleich zur Version 2016, weitere Nutzenaspekte berücksichtigt werden können.

Des Weiteren wurde das angewendete Bestandsverkehrsmodell (Verkehrsmodell Regensburg 2018) hinsichtlich des zwischenzeitlich erweiterten Angebots im ÖPNV in der Stadt Regensburg sowie im Landkreis Regensburg aktualisiert. Das in Zukunft vorgesehene Angebot im SPNV („Regensburger Stern“) wurde in das Verkehrsmodell mit aufgenommen. Ebenso wurden die Daten zur Prognose der Einwohner:innen und der Arbeitsplätze aktualisiert und auf den neuen Planungshorizont 2035 aktualisiert.

## 2 Untersuchte Fälle

### 2.1 Grundlagen zur Fortschreibung der NKU

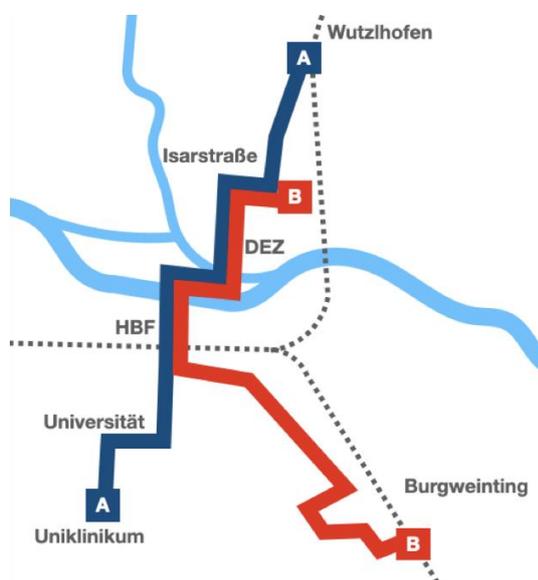
Als Grundlage der aktuellen Fortschreibung diente die sog. Masterplanung, die den Stand einer Vorplanung umfasst. Auf dieser Grundlage liegen zwei Netze mit zugehöriger Kostenschätzungen vor. Des Weiteren konnten betreiberseitig zwischenzeitlich ein Betriebsbahnhofstandort im Stadtsüden sowie die Fahrzeuggröße (45 m statt vormals 37 m Länge) konkretisiert werden. Zudem fanden nochmals Optimierungsüberlegungen zur Gestaltung des Betriebskonzepts der Stadtbahn statt, die in den nachfolgenden Mitfällen betrachtet werden.

### 2.2 Mitfall „Kernnetz ohne Südspange“

Im Mitfall „Kernnetz ohne Südspange“ wird die Stadtbahn auf zwei Linien geführt:

- ▶ Linie A: Wutzlhofen – Uniklinikum im 5-Minuten-Takt
- ▶ Linie B: Isarstraße/Heilig-Geist-Kirche – Burgweinting im 5-Minuten-Takt

Abbildung 1: Schema zum Angebot Kernnetz ohne Südspange



Quelle: Stadtbahngestaltung (Leipzig), Stadtbahn Regensburg Bedienungsmodelle, 2024

Für das gegenständliche Stadtbahnnetz werden bei einem durchgehenden 5-Minuten-Takt pro Linie insgesamt 31 Fahrzeuge (inkl. Fahrzeugreserve) benötigt.

Das Busnetz wird auf das neue Angebot der Stadtbahn hin adaptiert und entlang des Kernnetzes auf die Stadtbahn als Zubringer orientiert. Das ÖPNV-Netz in Regensburg wird als Einheit betrachtet, wobei die Stadtbahn als „höherwertiges ÖV-System“ das Rückgrat bildet. Die Buslinien sind reorganisiert und ergänzen das Streckennetz der Stadtbahn. Die Buslinien werden in Hauptbuslinien, die im 10-Minuten-Takt, und in Nebenbuslinien, die im 20-Minuten-Takt verkehren, unterteilt (s. Anlage 2, ÖPNV-Angebot „Kernnetz ohne Südspange“).

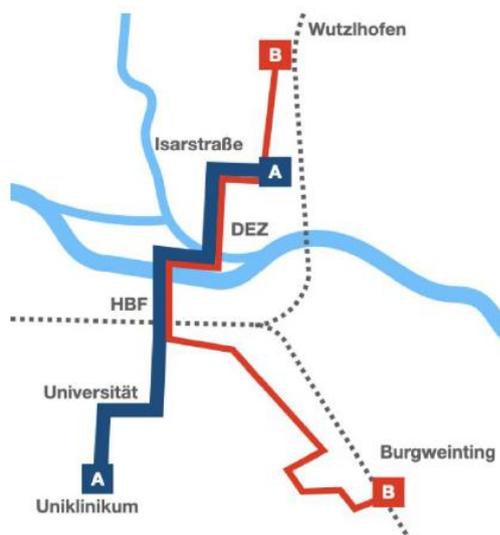
Bei Betrachtung im Rahmen der NKU zeigten sich für dieses Angebot bei dem o.g. Fahrzeug mit 45 m Länge hohe Betriebskosten des Stadtbahnangebots. Dies führte zu einer betrieblichen Optimierung des Angebotes unter Beibehalten der o.g. Infrastruktur.

### 2.3 Mitfall „Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung“

Im Mitfall „Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung“ wird die Stadtbahn auf zwei Linien geführt:

- ▶ Linie A: Isarstraße/Heilig-Geist-Kirche – Uniklinikum im 5-Minuten-Takt
- ▶ Linie B: Wutzlhofen – Burgweinting im 10-Minuten-Takt

Abbildung 2: Schema zum Angebot Kernnetz ohne Südspange- mit betrieblicher Optimierung

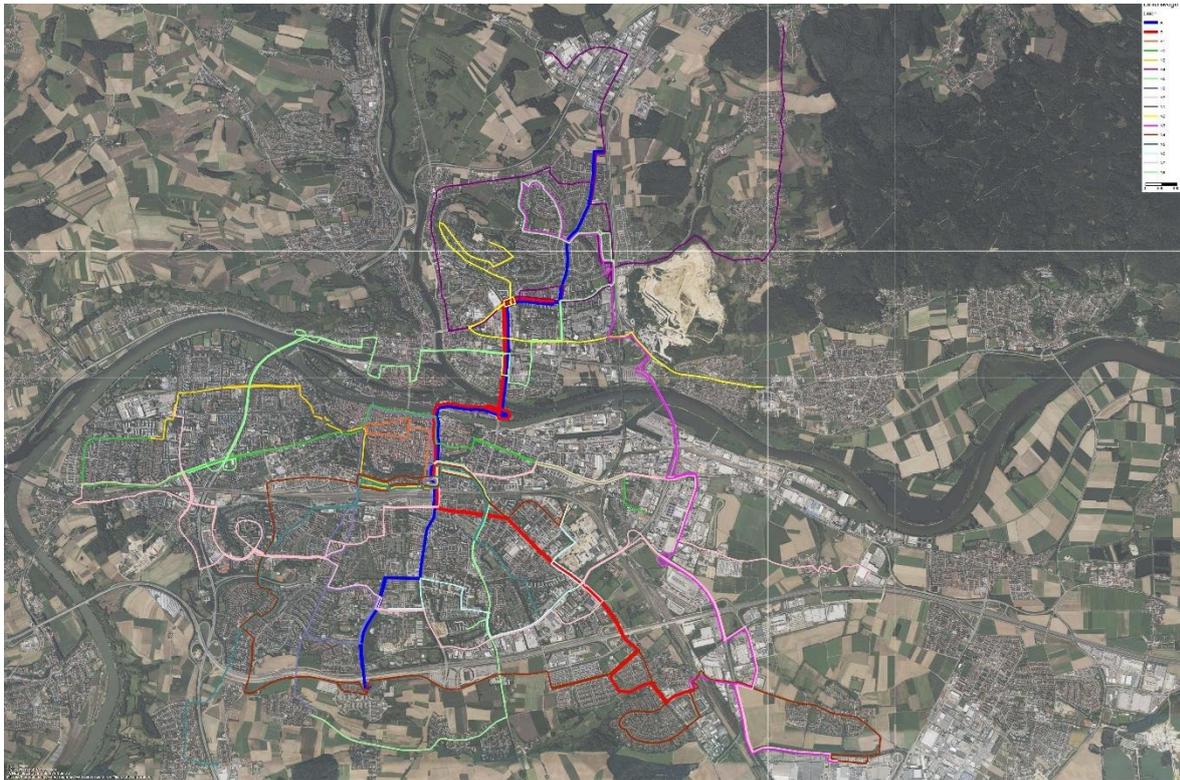


Quelle: Stadtbahngestaltung (Leipzig), Stadtbahn Regensburg Bedienungsmodelle, 2024

Das Busnetz wird analog zum Kernnetz ohne Südspange auf das neue Angebot der Stadtbahn hin adaptiert und entlang des Kernnetzes auf die Stadtbahn als Zubringer orientiert.

Für das gegenständliche Stadtbahnnetz werden insgesamt 22 Fahrzeuge (inkl. Fahrzeugreserve) benötigt.

Abbildung 3: Angebot Kernnetz ohne Südspange: Stadtbahn und Buslinien (Anhang 2, Plan 1)



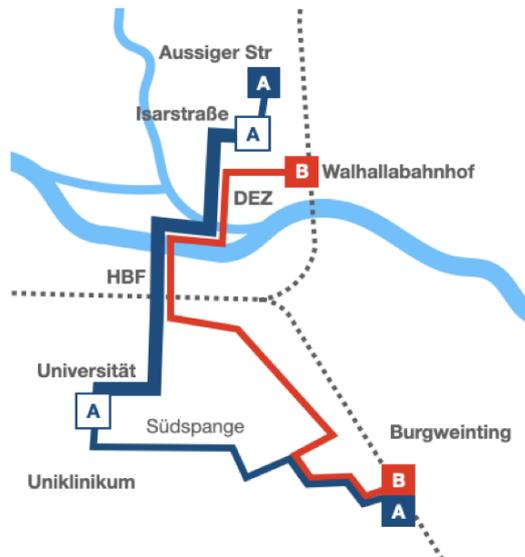
Quelle: Verkehrsmodell Regensburg/komobile

## 2.4 Mitfall „Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden“

Die Planungen im Zuge des Masterplans mit der Festlegung des Betriebshofstandortes, sowie insbesondere auch die Betrachtung von Alternativen im Stadtnorden führten zum Mitfall „Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden“. Hierbei wird die Stadtbahn auf drei Linien geführt:

- ▶ Linie A1: Aussiger Straße – Isarstraße – Universität – UKR – Südspange – Burgweinting im 10-Minuten-Takt
- ▶ Linie A2: Isarstraße – Universität – Burgweinting und im 10-Minuten-Takt
- ▶ Linie B: Walhalla Bahnhof – Landshuter Straße – Burgweinting im 10-Minuten-Takt

Abbildung 4: Schema zum Angebot modifiziertes Netz Stadtbahn

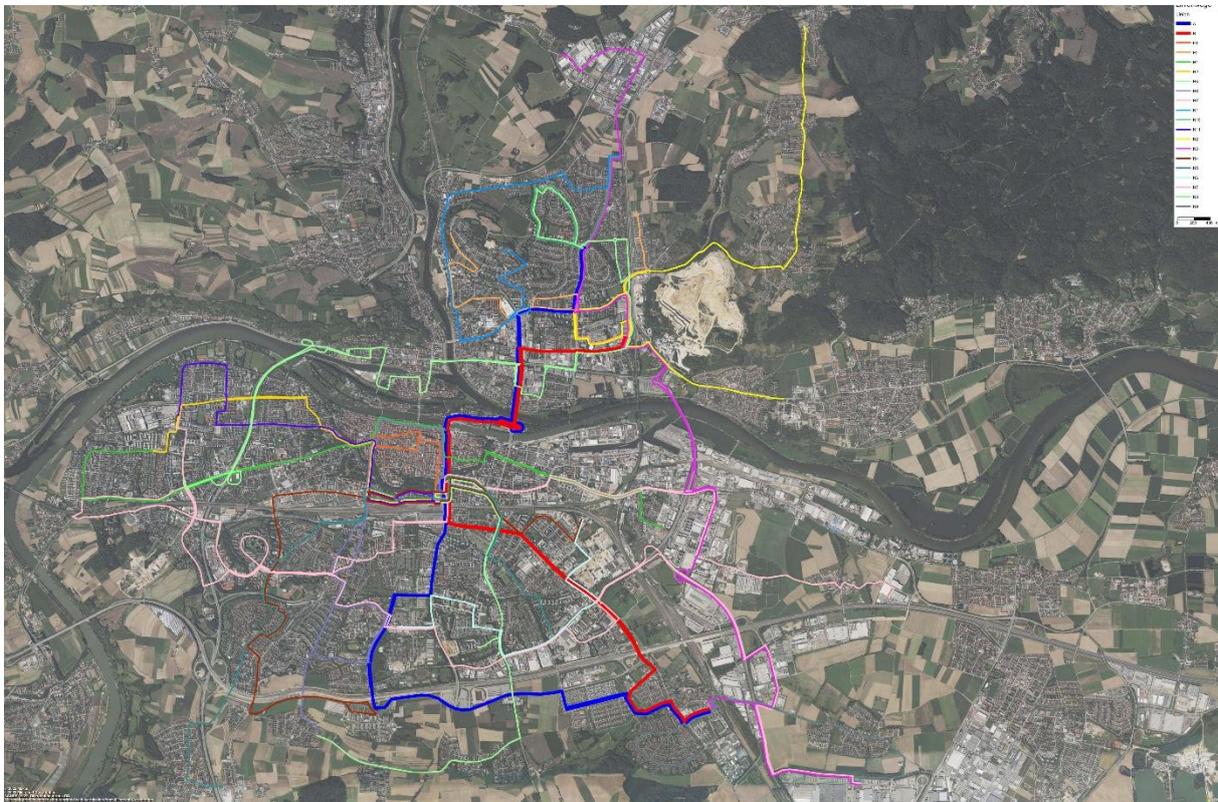


Quelle: Stadtbahngestaltung (Leipzig), Stadtbahn Regensburg Bedienungsmodelle, 2024

Das Busnetz wird analog auf das neue Angebot der Stadtbahn hin adaptiert und entlang des Kernnetzes auf die Stadtbahn als Zubringer orientiert. Gegenüber den zuvor genannten Mitfällen gibt es hierbei Anpassungen des Stadtbusnetzes im Stadtnorden (s. Anlage 2, ÖPNV-Angebot „Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden“). Die Regionalbuslinien 5 und 36 werden statt am DEZ bereits am Walhalla Bahnhof eingekürzt.

Für das gegenständliche Stadtbahnnetz werden insgesamt 24 Fahrzeuge (inkl. Fahrzeugreserve) benötigt.

Abbildung 5: Angebot Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden: Stadtbahn und Buslinien (Anhang 2, Plan 2)



Quelle. Verkehrsmodell Regensburg/komobile

## 2.5 Ohnefall

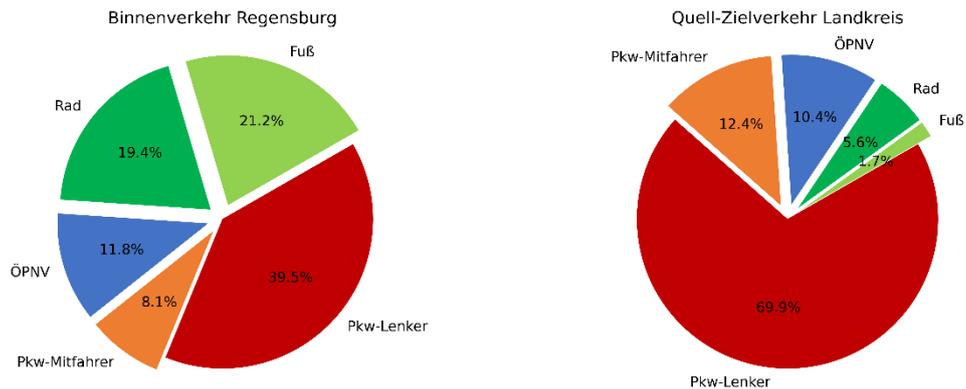
Der „Ohnefall“ bildet als Vergleichsfall zu den Mitfällen das ÖPNV-Angebot ohne Stadtbahn ab. Hierbei wird das bestehende Busnetz für 2035 übernommen. Es werden keine weiteren als bereits beschlussmäßig behandelte Maßnahmen angenommen; das bestehende Angebot im ÖPNV wird übernommen und für 2035 um die bereits beschlossenen Maßnahmen adaptiert. Dies betrifft insbesondere das verdichtete SPNV Angebot auf dem Regensburger Stern. Das Angebot im Busverkehr entspricht dem aktuellen Angebot (2023) mit der aktuellen Bedienungshäufigkeit (Taktfolge). Bei den Regionalbuslinien, die auf das Stadtbahnnetz zulaufen und mit diesem verknüpft werden können, wird – bei ansonsten unverändertem Taktangebot - eine entsprechende Einkürzung der Linien unterstellt (diese fahren nicht mehr bis Hauptbahnhof). Regionalbusfahrten im morgendlichen Schülerverkehr bleiben unverändert erhalten.

Um die zukünftigen Entwicklungen bis 2035 adäquat abzubilden, wurden die Fahrzeiten auf ausgewählten Linien adaptiert, und zwar nur auf jenen Abschnitten auf denen der MIV im

Vergleich zum Bestand in Zukunft signifikant zunehmen wird. Die Annahme ist, dass die Fahrtzeit auf den ausgewählten Linien aufgrund zunehmender Behinderungen (Kreuzungen, Straßenabschnitten) sich etwas verlängert (jeweils +1 Minute an wenigen ausgewählten Knoten und Abschnitten).

Weitere Maßnahmen wurden keine angesetzt.

Abbildung 6: Modal-Split - Ohnefall



Quelle: eigene Darstellung

Im Ohnefall sind rund 64.000 Fahrten und Wege im Binnenverkehr und 50.700 Fahrten im Ziel- und Quellverkehr zu erwarten. Dabei ist von insgesamt 114.700 Fahrten auszugehen. Der ÖV-Anteil im Binnenverkehr von Regensburg im Ohnefall liegt bei 11,8%.

Tabelle 2: Fahrgäste je Werktag Ohnefall

Fahrgäste/Tag	Anzahl (gerundet)
<b>Binnenverkehr Regensburg</b>	64.000
<b>Quell-Ziel-Verkehr Regensburg</b>	50.700
<b>Summe</b>	114.700

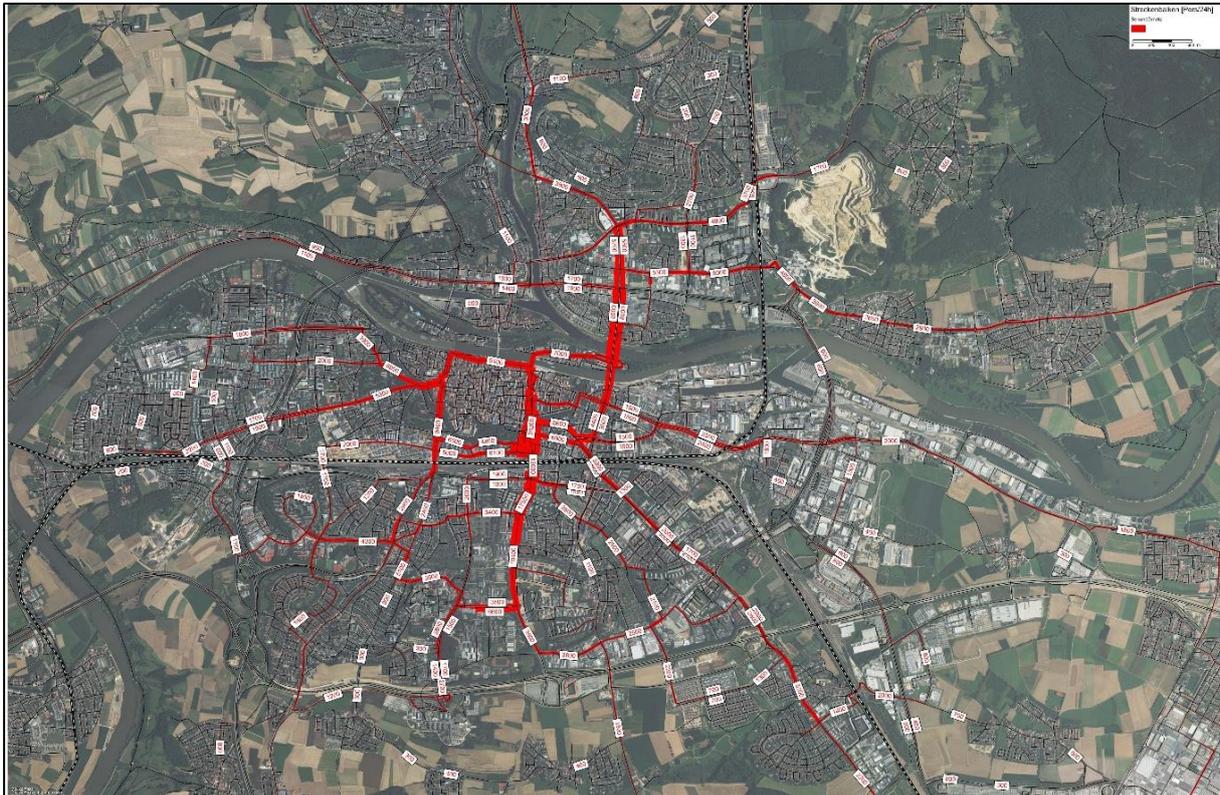
Quelle: eigene Darstellung

### Verkehrsentwicklung

Die Zunahme der Zahl der Einwohner:innen und der Arbeitsplätze bis 2035 schlägt sich positiv auf die Nutzung des ÖPNV nieder. Die adaptierten Fahrzeiten aufgrund höherer Belastungen im Straßenverkehr hingegen wirken leicht dämpfend auf die Nutzung auf ausgewählten

Relationen. Im Binnenverkehr in Regensburg steigt die Zahl der Fahrgäste im ÖV um gerundet 1.000 Personen am Tag im Vergleich zum Bestand an. Dennoch ist insgesamt von einer marginalen Veränderung im Modal Split von -0,3% im Vergleich zum Bestand zuungunsten des ÖV auszugehen.

Abbildung 7: Querschnittsbelastungen Ohnefall (Anhang 2: Plan 3)



Quelle: Verkehrsmodell Stadt Regensburg/komobile

Die Gesamtzahl an Fahrgästen ist in der untenstehenden Tabelle dokumentiert. Der ÖV-Anteil im Binnenverkehr von Regensburg im Ohnefall liegt bei 11,8%.

### *Kosten*

Im Ohnefall, analog zu den Mitfällen, wird angenommen, dass die Busflotte der SMO in Regensburg zu 100% mit elektrischem Antrieb unterwegs sein wird.<sup>3</sup> Daher werden die Investitions- und Betriebskosten der Busflotte für elektrisch angetriebene Linien- und Gelenkbusse im Ohnefall für 2035 angenommen.

<sup>3</sup> Vorgabe aus dem „European Green Deal“, Konzept mit dem Ziel, bis 2050 in der Europäischen Union die Netto-Emissionen von Treibhausgasen auf null zu reduzieren. Beschluss der Stadt Regensburg, dass auch städtische Unternehmen wie die SMO bis 2035 klimaneutral sind.

Es werden keine zusätzlichen Kosten für die Ladeinfrastruktur an den Endhaltestellen angenommen, da davon auszugehen ist, dass diese sowohl im Ohne- als auch im Mitfall anfallen würden und sich daher nicht auf die NKU auswirken.

### 3 Nutzen-Kosten-Untersuchung

Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit der drei „Mitfälle“ erfolgt nach der Verfahrensanleitung "Standardisierten Bewertung von Verkehrsweginvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs" (vereinfachend "Standardisierte Bewertung" genannt), Version 2016+, 2022. Dieses Verfahren dient dem Nachweis der Gesamtwirtschaftlichkeit und der Förderwürdigkeit nach dem Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG).

Im Rahmen dieser standardisierten Bewertung werden die projektinduzierten Kosten (diese entsprechen den Mehrkosten durch Projektumsetzung im „Mitfall“ gegenüber einem Planungsnullfall, dem „Ohnefall“) den zu erwartenden volkswirtschaftlichen Nutzen gegenübergestellt. In die Bewertung fließen also jeweils die Salden zwischen „Mitfall“ und „Ohnefall“ ein. Basis der Bewertung bildet eine auf dem Verkehrs- und einen Angebotsmodell basierende Nachfrageprognose.

Auf Basis dieser Inputs wird der volkswirtschaftliche Nutzen ermittelt. Dieser wird monetär bewertet und setzt sich zusammen aus:

- ▶ Saldo Fahrgastnutzen ÖPNV:

Die Ermittlung der Reisezeitveränderungen erfolgt für alle Fahrgäste des Untersuchungsraumes. Es wird – vereinfacht ausgedrückt – die Differenz der mittleren Beförderungszeit aller betroffenen Fahrten mit Ohne- und im Mitfall bestimmt. Nimmt die mittlere Beförderungszeit im Mitfall im Vergleich zum Ohnefall ab, fließt der bewertete Saldo als positiver Nutzen in die Nutzen-Kosten-Untersuchung ein.

- ▶ Saldo ÖPNV-Fahrgeld:

Aufgrund von zusätzlichen oder geringeren Personenfahrten im ÖPNV verändert sich die Beförderungsleistung, ausgedrückt in Personenkilometer. Die Einnahmen (gehen mit + in die Bewertung) oder Verluste (gehen mit – in die Bewertung) basieren auf den Personenkilometer pro Jahr. Personenkilometer errechnen sich aus der Anzahl der Fahrgäste multipliziert mit der durchschnittlichen Fahrtweite.

- ▶ Saldo ÖPNV-Betriebskosten:

Die ÖPNV-Betriebskosten beinhalten die Fahrzeugkosten (Kapitalkosten für die Beschaffung von Stadtbahnen und Bussen, fahrleistungs- und zeitabhängigen Unterhaltungs- und Wartungskosten der Fahrzeuge, Energiekosten des Fahrbetriebs und Personalkosten). Mehrausgaben und Einsparungen (z.B. Einsparung von Bussen im Mitfall) fließen in die Bewertung ein.

- ▶ **Unterhaltungskosten für ortsfeste Infrastruktur:**  
Nach vorgegebenen Kostensätzen werden die Unterhaltungskosten berechnet. Die Unterhaltungskosten berücksichtigen alle erforderlichen Einrichtungen der Infrastruktur (z.B. Unterbau, Gleise, elektrische Anlagen).
- ▶ **Verlagerung von MIV-Fahrten auf den ÖPNV<sup>4</sup> und dadurch Saldo eingesparte Pkw-Betriebskosten:**  
Die vermiedene Pkw-Fahrleistung ergibt sich aus den vermiedenen Pkw-Fahrten (unter Berücksichtigung des verfahrensseitig vorgegebenen Pkw-Besetzungsgrades von 1,3 Personen/Pkw und dem Hochrechnungsfaktor von 300 (Werktage auf ein Jahr)) und der Fahrtweiten, die verkehrsmodellbasiert ermittelt wurden. Die monetäre Bewertung erfolgt über die verfahrensseitig vorgegebenen Wertansätze.
- ▶ **Saldo Unfälle:**  
Aus dem Saldo der Betriebsleistung zwischen Ohne – und Mitfall wird getrennt nach Fahrzeug-Kilometer (MIV) und Fahrplan-Kilometer (ÖPNV), eine vorgegebene Unfallkostenrate angesetzt.
- ▶ **Saldo Luftschadstoffemissionen:**  
Die Umweltfolgen des Verkehrs setzen sich aus drei Bereichen zusammen:
  - aus der Herstellung der Infrastruktur,
  - aus der Herstellung der Fahrzeuge im MIV und ÖPNV sowie
  - aus dem Fahrzeugbetrieb im MIV und ÖPNV.Für die ersten beiden Bereiche werden die jährlichen Treibhausgasemissionen ermittelt, für den Fahrzeugbetrieb zusätzlich auch die Emissionen von Luftschadstoffen zusammengefasst berücksichtigt.
- ▶ **Saldo der Geräuschbelastung:**  
Die Differenz zwischen Beurteilungspegel und Zielpegel in dB(A) der betroffenen Lärmeinwohnergleichwerte fließt in die vorgegebene Bewertung. In der Beurteilung wurden nur die investiven passiven Lärmschutzmaßnahmen berücksichtigt.
- ▶ **Nutzen gesellschaftlich auferlegter Investitionen:**  
Die erhöhten Anforderungen spiegeln den gesamtgesellschaftlichen Nutzen wider, den die Gesellschaft der in diesem Sinne verbesserten Infrastruktur beimisst. Bedingung für die Berücksichtigung in der Bewertung ist, dass durch die Maßnahme ein höheres

---

<sup>4</sup> Es ist darauf hinzuweisen, dass diese Werte im Rahmen der Standardisierten Bewertung keine Einschränkungen für die anderen Verkehrsteilnehmer – insb. den MIV - beinhalten dürfen. Werden die in der Masterplanung vorgesehenen entfallenden Fahrbeziehungen und Verkehrsreduzierenden Maßnahmen im Modell betrachtet, und für die NKU-Berechnung nicht relevanten Faktoren in der Modal Split Betrachtung berücksichtigt, so erhöht sich der ÖV-Anteil auf 15%. Dies entspricht dem Szenario „Max“ aus der Machbarkeitsstudie von 2018.

Niveau der Barrierefreiheit bzw. des Brandschutzes als im Ohnefall erreicht wird, z.B. durch Errichtung von barrierefreien Stationen.

- ▶ Funktionsfähigkeit der Verkehrssysteme bzw. Flächenverbrauch:  
Verkehrsverlagerungen vom MIV zum ÖPNV schaffen Kapazitätsreserven im straßengebundenen Verkehrsraum, die z. B. für Nachverdichtungen, Staureduktion oder die Umwidmung von Verkehrsflächen für andere Verwendungen genutzt werden können. Dadurch kann ein Vorhaben zur Stärkung der Funktionsfähigkeit der Verkehrssysteme und einer Senkung des verkehrlich bedingten Flächenverbrauchs beitragen. Diese Effekte werden in der Nutzenkomponente „Funktionsfähigkeit der Verkehrssysteme / Flächenverbrauch“ abgebildet.
- ▶ Primärenergieverbrauch:  
Der sparsame Umgang mit Energie hat gerade vor dem Hintergrund der Anstrengungen zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors eine besondere Bedeutung. Darüber hinaus ist es ein übergeordnetes Ziel, die Abhängigkeit der Energieversorgung einer Volkswirtschaft von Importen so weit wie möglich zu reduzieren. Dies ist umso leichter möglich, je weniger Energie verbraucht wird. Der sparsame Umgang mit Energie ist deshalb ein Wert an sich. Der Saldo des Energieverbrauchs des ÖPNV und der Primärenergieverbrauch MIV fließen in die Bewertung ein.

Anfallende Kosten für die Infrastrukturerhaltung im „Mitfall“ mindern diesen Nutzen ab. Dem resultierenden volkswirtschaftlichen Nutzen werden die volkswirtschaftlichen Kosten des Kapitaldienstes (Abschreibungen und Verzinsungen) für die erforderliche Infrastruktur gegenübergestellt. Soweit erforderlich werden dafür sämtliche Nutzen monetär bewertet und mit dem Saldo des Kapitaldienstes für die ortsfeste Infrastruktur für den ÖPNV verglichen.

Eine volkswirtschaftliche positive Bewertung eines Projektes nach dem Verfahren der „Standardisierten Bewertung“ liegt dann vor, wenn das Verhältnis zwischen Nutzen und Kosten über 1 liegt.

Im vorliegenden Fall wurde für die Bewertung konkret folgende Vorgangsweise gewählt:

- ▶ Als Verkehrsmodell und Nachfragemodell kam das Bestandsverkehrsmodell Regensburg (2018) analog wie 2018 zum Einsatz.
- ▶ Gemäß den Vorgaben der Standardisierten Bewertung wurde der Preisstand von 2016 als Preisbasis für Kostenermittlung und Monetarisierung festgelegt.
- ▶ Auf Grundlage der vom Masterplaner Schüßler-Plan & Mailänder Consult ermittelten Investitionen für die Baukosten wurden der Kapitaldienst und die Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Mitfall gemäß den Vorgaben durchgeführt.
- ▶ Keine Ansetzung von Kosten im Ohnefall.

- ▶ Bei der Ermittlung der Annuitäten wurde die Bauzeit mit 3 Jahren angenommen, da zum Zeitpunkt der Bewertung sowohl Umsetzungszeitpunkt als auch Zeitplan der Realisierung noch offen sind.
- ▶ Bei der Berücksichtigung der Anzahl an eingesetzten Fahrzeugen wurden die Fahrzeuge der Stadtbahn gemäß Fahrplanangebot und erforderlichen Reserven berücksichtigt. Gemäß der Verfahrensanleitungen wurde die Anzahl an Bussen, unterschieden nach Standard-Linienbussen (12m) und Gelenkbussen (18m), im Ohne- und Mitfall auf Basis der Angaben der SMO (hinterlegter Fahrplan und daraus resultierende Umläufe samt Reservefahrzeugen) berechnet. Entsprechend der Zielsetzung der Stadt Regensburg wird die Busflotte zu 100% elektrisch angetrieben. Die Einsparung der Anzahl an Bussen ebenso wie die Reduktion an Servicekilometer im Busnetz wurde in die Teilindikatoren übernommen. Auch die regionale Busflotte wird zu 100% elektrisch angetrieben angenommen.
- ▶ Der Nutzen gesellschaftlich auferlegter Investitionen wurde mit 5% der Kosten für
  - Haltestellen und Bahnsteige (z.B. Rampen, taktile Beläge)
  - Fernmeldeanlagen (Lautsprecher für Durchsagen, Akustiksignale für sehbehinderte Menschen, Echtzeitanzeigen)
  - Lichtversorgungsnetz (Beleuchtung zur Erhöhung des subjektiven Sicherheitsgefühls, für sehbehinderte Menschen) angenommen.
- ▶ Auf eine Ermittlung des Nutzens anderer Netznutzer konnte gemäß Verfahrensanleitung zur Standardisierten Bewertung (S. 152) verzichtet werden, da im SPNV-Netz im Mitfall gegenüber dem Ohnefall keine Änderungen vorgenommen werden.
- ▶ Auf eine Ermittlung der Daseinsvorsorge/ raumordnerische Aspekte konnte gemäß Verfahrensanleitung zur Standardisierten Bewertung (S.158) verzichtet werden, da sich bei diesem Infrastrukturprojekt nur um ein rein städtisches Projekt im gleichen regionalstatischen Raumtypen handelt. Somit werden bislang keine anderen Orte durch neue Linienführungen im Mitfall erschlossen.

Nicht vertieft wurden vorerst folgende Aspekte:

- ▶ Berücksichtigung von zusätzlichen P+R Anlagen, da keine neuen Anlagen angenommen werden und die bestehenden Anlagen (z.B. P+R Jahnstadion) im Ohne- und Mitfall berücksichtigt sind
- ▶ Städtebauliche Verdichtung rund um die Trasse der Stadtbahn
- ▶ Taktverdichtung der Buslinien im Ohnefall und in den Mitfällen

Eine in der „Standardisierten Bewertung“ als Ergänzung zur gesamtwirtschaftlichen Bewertung vorgesehene betriebswirtschaftliche Bewertung in Form einer Folgekostenrechnung für den Maßnahmenträger, Infrastrukturbetreiber und Verkehrsunternehmer wurde im Rahmen der vorliegenden Grobbewertung noch nicht durchgeführt.

Für die Fahrzeugkonfiguration wurden durch die SMO folgende Kosten zugeliefert und angesetzt:

### Anschaffungskosten:

- ▶ Straßenbahn: 4,5 Mio. € (Preisniveau 2016)
- ▶ eMidi: 450.000 € (Preisniveau 2023) \* 0,84 (Abschlagsfaktor) = 378.000 €
- ▶ eSL: 650.000 € (Preisniveau 2023) \* 0,84 (Abschlagsfaktor) = 546.000 €
- ▶ eGL: 850.000 € (Preisniveau 2023) \* 0,84 (Abschlagsfaktor) = 714.000 €

Für Busse mit alternativen Antrieben bestanden zum Jahre 2016 noch keine etablierten Marktpreise, die angesetzt werden können<sup>5</sup>. In der Verfahrensanleitung sind deshalb ersatzweise Abschlagsfaktoren vorgegeben, mit denen die Anschaffungskosten nach dem jeweiligen Jahr der Schätzung auf den Preisstand 2016 rückzurechnen sind. Richtwerte für Abschlagsfaktoren auf die Anschaffungskosten nach dem jeweiligen Jahr der Schätzung der Anschaffungskosten sind in Tabelle B-14 dargestellt.

Tabelle 3: Abschlagsfaktoren zur Bewertung der Anschaffungskosten ÖSPV Bus Elektro

Abschlagsfaktor	Jahr der Kostenschätzung								
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030+
SPNV Batterie	0,83	0,85	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00
SPNV Wasserstoff	0,87	0,89	0,90	0,92	0,93	0,95	0,96	0,98	1,00
ÖSPV Bus Elektro	0,82	0,84	0,86	0,89	0,91	0,93	0,95	0,98	1,00
ÖSPV Bus Wasserstoff	0,78	0,81	0,83	0,86	0,89	0,91	0,94	0,97	1,00

Tabelle B-14: Abschlagsfaktoren zur Berücksichtigung der erwarteten Preisdegression bei Fahrzeugen mit alternativen Antrieben

Aus den Kostenannahmen des Masterplans zur Infrastruktur wurden nachfolgende Werte übernommen.

<sup>5</sup> Kosten zum Preisstand 2016 sind insofern nicht eruiert, da die großen Nutzfahrzeughersteller in Europa bis ca. 2017/2018 keine seriellen Batterie-Busse (Normal- und Gelenkbusse) angeboten haben. Der Einsatz von einzelnen Batterie-Bussen als Versuchsfahrzeuge – zumeist mit Midibussen – wurde ab Beginn der 2010er Jahre versuchsweise in einigen Städte in Europa erprobt, später dann ab ca. 2014/2015 auf Normalbusse, 2015/2016 auf Gelenkbusse und kleinere Flotteneinheiten ausgeweitet.

**Ausgaben für passiven Schallschutz:**

- ▶ Kernnetz ohne Südspange: 7,930 Mio. € (Preisniveau 2023)
- ▶ Kernnetz mit Südspange und Anpassung im Stadtnorden: 8,931 Mio. € (Preisniveau 2023)

**Investitionen für gesellschaftliche auferlegte Investitionen im Mitfall (Preisniveau 2023)**

Annahme: Jeweils 5% des Investitionsvolumens der Kostenpositionen für Barrierefreiheit und Brandschutz

- ▶ Kernnetz ohne Südspange:
  - Haltestellen (Anlagenteil Nr. 90): 78.000 €
  - Bahnsteige und Rampen (inkl. Überdachung) (Anlagenteil Nr. 100): 243.000 €
  - Fernmeldeanlagen (Anlagenteil Nr. 120): 168.000 €
  - Lichtversorgungsnetz (Anlagenteil Nr. 140): 100.000 €
- ▶ Kernnetz mit Südspange und Anpassung im Stadtnorden:
  - Haltestellen (Anlagenteil Nr. 90): 87.000 €
  - Bahnsteige und Rampen (inkl. Überdachung) (Anlagenteil Nr. 100): 271.000 €
  - Fernmeldeanlagen (Anlagenteil Nr. 120): 197.000 €
  - Lichtversorgungsnetz (Anlagenteil Nr. 140): 113.000 €

**Sensitivitätsanalyse:**

Zur Betrachtung möglicher Kostenrisiken erfordert die Standardisierte Bewertung eine Sensitivitätsbetrachtung. Zum aktuellen Stadium des Projekts (Vorplanung) sind 20 % Kostenerhöhung nach Standardisierter Verfahrensanleitung anzunehmen. Die Kosten wurden als „Unvorhersehbares“ kalkuliert und als „Einmalige Aufwendungen“ (Anlagenteil Nr. 20) in die Kostenaufstellung integriert.

### 3.1 Ergebnisse Mitfall „Kernnetz ohne Südspange“

*Verkehrsentwicklung*

Insgesamt werden im Binnen- und Quell-Ziel-Verkehr Regensburg im Mitfall (Prognose 2035) rund 127.500 Fahrgäste je Werktag befördert. Davon entfallen rund 74.200 Fahrgäste auf den Binnenverkehr innerhalb der Stadt Regensburg und rund 53.300 Fahrgäste auf den Quell-Ziel-Verkehr nach Regensburg.

Hierbei erfolgt keine Differenzierung mehr nach „Streng“, „Mittel“, „Max“ wie im Rahmen der damaligen Machbarkeitsstudie (komobile 2018). Die vorliegende Masterplanung entspricht dabei eher den Szenarien zwischen „streng“ und „mittel“. Zusätzliche neue P+R Einrichtungen im Mitfall, wie in der Benzstraße in der Machbarkeitsstudie angedacht, sind jetzt nicht mehr

enthalten. P+R Einrichtungen an den neuen Bahnhöfen in Wutzlhofen und Walhalla sind im Ohne- und Mitfall enthalten.

Die Gesamtzahl an Fahrgästen ist in der untenstehenden Tabelle dokumentiert.

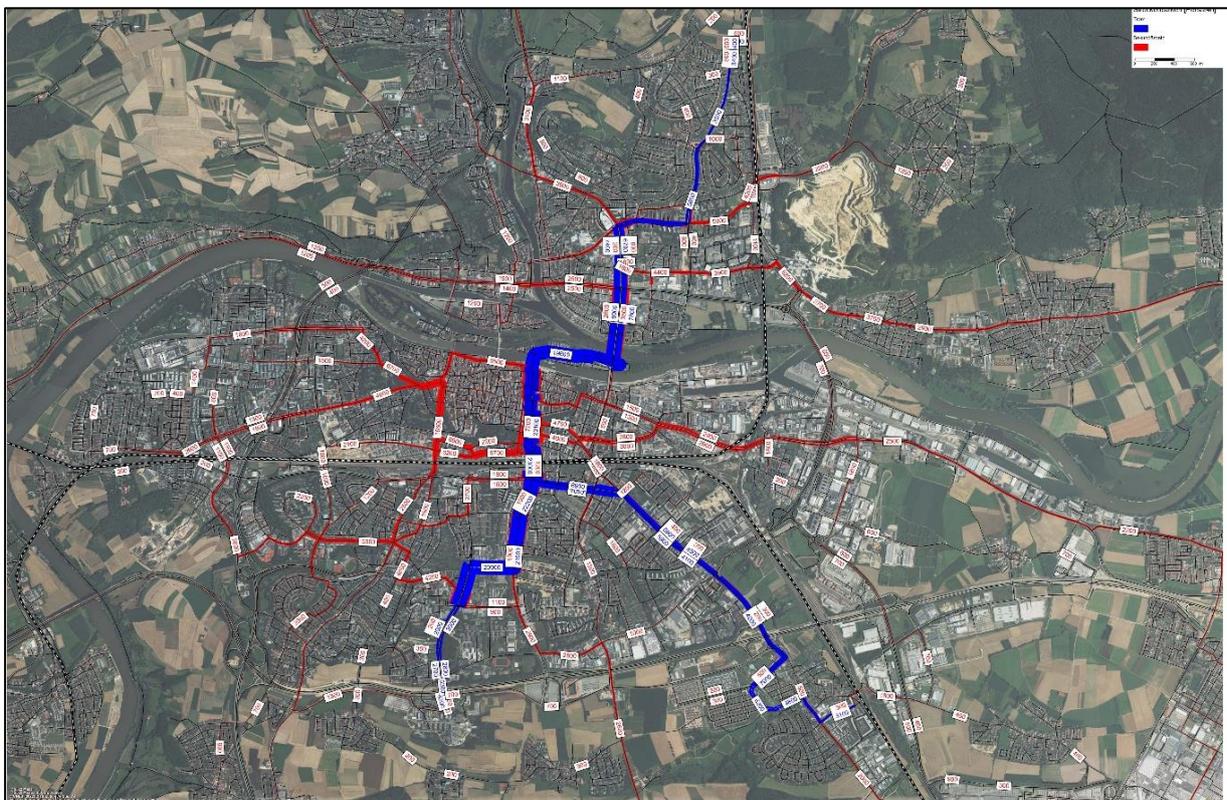
Tabelle 4: Fahrgäste je Werktag Kernnetz ohne Südspange

Fahrgäste/Tag (gerundet)	Kernnetz ohne Südspange	Ohnefall	Zusätzliche Fahrgäste gegenüber Ohnefall
<b>Binnenverkehr Regensburg</b>	74.200	64.000	+10.200
<b>Quell-Ziel-Verkehr Regensburg</b>	53.300	50.700	+2.600
<b>Summe</b>	127.500	114.700	+12.800

Quelle: eigene Darstellung

Die stärksten Aufkommen im Mitfall Stadtbahn im Kernnetz ohne Südspange treten im Querschnitt am Dachauptplatz und in der Galgenbergstraße auf.

Abbildung 8: Querschnittsbelastungen Kernnetz ohne Südspange (Anlage 2, Plan 4)



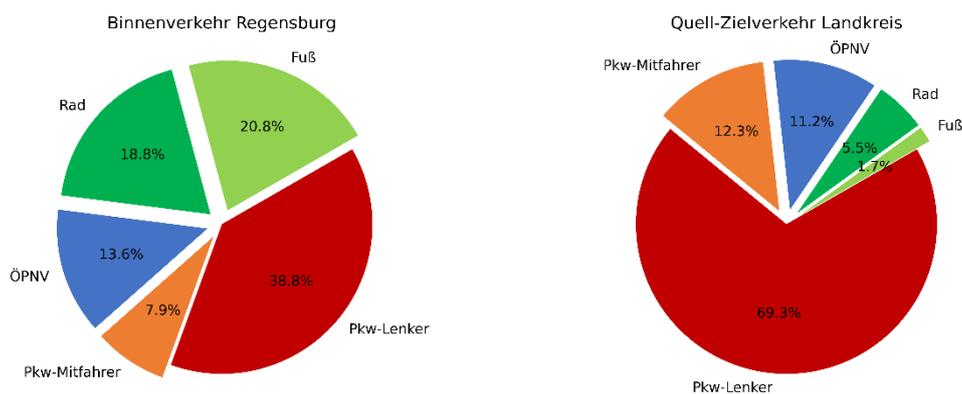
Quelle: Verkehrsmodell Stadt Regensburg/komobile

Insgesamt werden im Binnen- und Quellzielverkehr Regensburg im Mitfall rund 12.800 zusätzliche Fahrgäste je Werktag gegenüber dem Ohnefall befördert. Davon entfallen rund 10.200 Fahrgäste auf den Binnenverkehr innerhalb der Stadt Regensburg und rund 2.600 Fahrgäste aus und vom Landkreis Regensburg nach Regensburg.

Dies bedeutet im Vergleich zur Betrachtung in der Machbarkeitsstudie von 2018 mit 6.400 bis 10.400 Fahrgästen im Binnenverkehr und 2.800 bis 2.900 Fahrgästen im Ziel- und Quellverkehr ähnlich hohe Werte.

Im Mitfall Kernnetz ohne Südspange nimmt der ÖV-Anteil im Vergleich zum Ohnefall um 1,8% von 11,8% auf 13,6% zu bezogen auf den **Gesamtverkehr-Binnenverkehr in Regensburg**. Die zusätzlichen Fahrgäste stammen aus Verlagerungen aus dem MIV (ca. 9.100 Fahrten) und aus dem induzierten Verkehr (ca. 3.700 Fahrten).

Abbildung 9: Modal-Split Mitfall Kernnetz ohne Südspange



Quelle: Verkehrsmodell Stadt Regensburg/komobile

### Kosten

Für den Mitfall werden die Kosten für die Erstellung der Infrastruktur aus der Vorplanung übernommen und für den Betrieb der Stadtbahn ermittelt (s. Anhang).

Entsprechend der Adaptierung des gesamten ÖPNV-Netzes durch die Einführung der Stadtbahn werden weniger Busse als im Ohnefall benötigt. Daraus folgen Einsparungen in Investitions- und Betriebskosten, welche sich positiv auf die Nutzen-Kosten-Untersuchung auswirkt.

Unter diesen Prämissen, dichter Takt der Stadtbahn auf beiden Strecken, würde der Nutzen-Kosten-Indikator bei 1,1 liegen (s. Tabelle 5).

Tabelle 5: Ergebnisse Mitfall Kernnetz ohne Südspange

Teilindikator		Dimension der originären Größe	Wert in der originären Größe	Bewertungsansatz	monetäre Bewertung [T€/Jahr] (1)	
		(a)	(b)*	(c)	(d)*	
monetarisierbar	Saldo Fahrgastnutzen ÖPNV	(1)	[1.000 h/Jahr]	- 1 512	- 6,6 €/h	9 976
	Saldo ÖPNV-Fahrgeld	(2)	[1.000 Pkm/Jahr]	34 012	0,13 €/Pkm	4 422
	Saldo der ÖPNV-Betriebskosten	(3)	[T€/Jahr]	6 683	- 1	- 6 683
	Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Mitfall	(4)	[T€/Jahr]	1 388	- 1	- 1 388
	Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Ohnefall	(5)	[T€/Jahr]	-	+ 1	-
	Saldo der Unfallfolgekosten	(6)	[T€/Jahr]	- 650	- 1	650
	Saldo der CO2 Emissionen*	(7)	[t CO2/Jahr]	- 970	- 670 €/t CO2	650
	Saldo der Schadstoffemissionskosten	(8)	[T€/Jahr]	- 28	- 1	28
	Saldo der Geräuschbelastung	(9)	[T€/Jahr]	268	+ 1	268
	Nutzen gesellschaftlich auferlegter Investitionen	(10)	[T€/Jahr]	32	+ 1	32
	Nutzen anderer-Netznutzer	(11)	[T€/Jahr]	—	+1	—
nutzwert- analytisch	Funktionsfähigkeit der Verkehrssysteme/ Flächenverbrauch	(12)	[1.000 Punkte]	76	15,5 €/(Punkte x Jahr)	1 171
	Primärenergieverbrauch	(13)	[1.000 Punkte]	7	15,5 €/(Punkte x Jahr)	103
	Daseinsvorsorge/ raumordnerische Aspekte	(14)	[1.000-Punkte]	—	15,5-€/(Punkte x Jahr)	—
	Resilienz von Schienennetzen	(15)	[1.000-Punkte]	—	15,5-€/(Punkte x Jahr)	—
	Summe monetär bewerteter Einzelnutzen	(16)				9 229
Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur ÖPNV im Mitfall	(17)	[T€/Jahr]	8 354	+ 1	8 354	
Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur ÖPNV im Ohnefall	(18)	[T€/Jahr]	-	- 1	-	
Saldo Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur	(19)	[T€/Jahr]			8 354	
<b>Nutzen - Kosten - Indikatoren</b>						
Nutzen - Kosten - Differenz	(20)	[T€/Jahr]			874,57	
Nutzen - Kosten - Verhältnis	(21)	[-]			1,10	

Quelle: eigene Darstellung<sup>6</sup>

### 3.2 Ergebnisse Mitfall „Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung“

#### Verkehrsentwicklung

Insgesamt werden im Binnen- und Quell-Ziel-Verkehr Regensburg im Mitfall rund 125.700 Fahrgäste je Werktag befördert. Davon entfallen rund 72.900 Fahrgäste auf den Binnenverkehr innerhalb der Stadt Regensburg und rund 52.800 Fahrgäste auf den Quell-Ziel-Verkehr von und nach Regensburg.

<sup>6</sup> Anmerkung: Durchgestrichene Zeilen wurden in der Nutzen-Kosten-Untersuchung nicht betrachtet, da diese im gegenständlichen Fall keine Relevanz haben. Nutzen anderer Netznutzer sowie Resilienz von Schienennetzen trifft nicht zu, da es nur einen Betreiber der Stadtbahn geben soll. Die raumordnerischen Aspekte bleiben unberücksichtigt, da kein neuer Raum erschlossen wird.

Durch die Optimierung (10-Minuten-Takt auf der Linie B) werden gerundet insgesamt 1.800 Fahrgäste weniger befördert als im Kernnetz ohne Südspange.

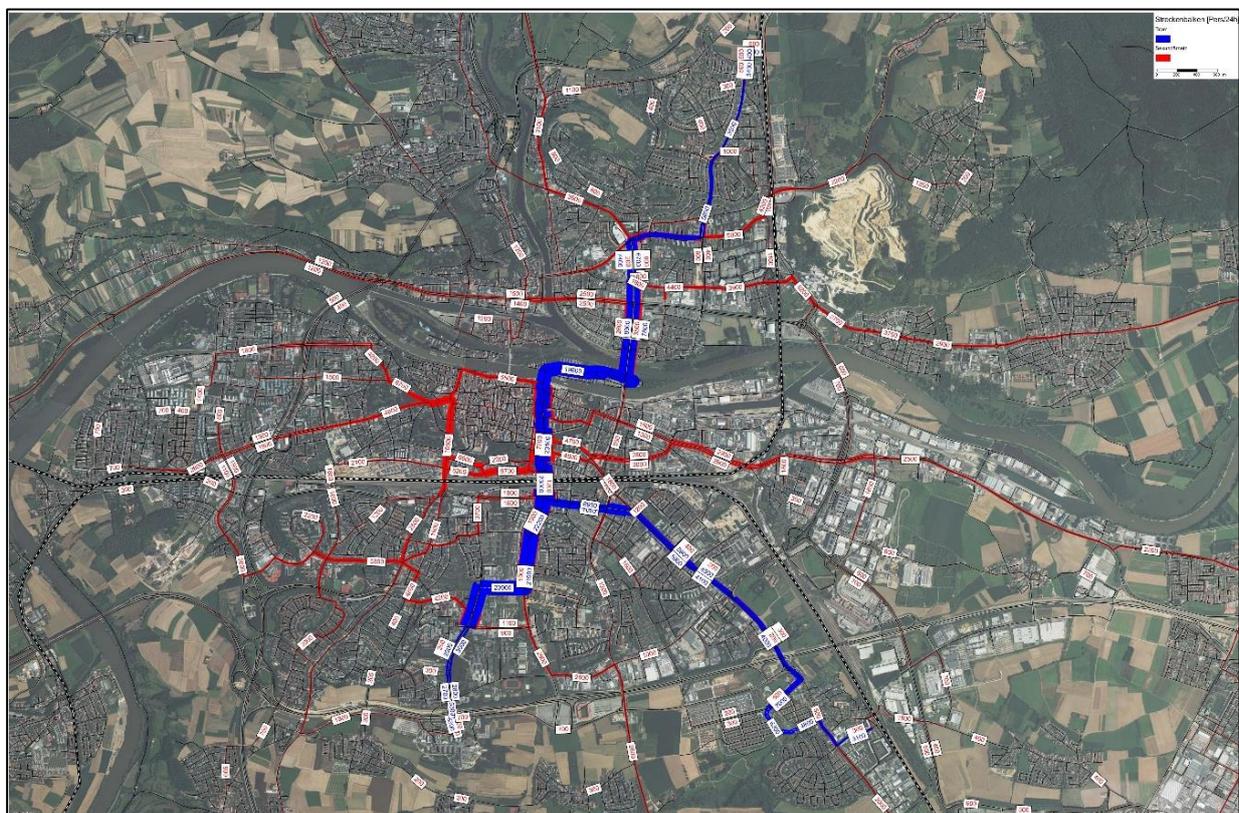
Die Gesamtzahl an Fahrgästen ist in der untenstehenden Tabelle dokumentiert.

Tabelle 6: Zusätzliche Fahrgäste je Werktag im Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung im Vergleich zum Ohnefall

Fahrgäste/Tag (gerundet)	Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung	Ohnefall	Zusätzliche Fahrgäste gegenüber Ohnefall
<b>Binnenverkehr Regensburg</b>	72.900	64.000	+8.900
<b>Quell-Ziel-Verkehr Regensburg</b>	52.800	50.700	+2.100
<b>Summe</b>	125.700	114.700	+11.000

Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 10: Querschnittsbelastungen Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung (Anlage 2, Plan 5)



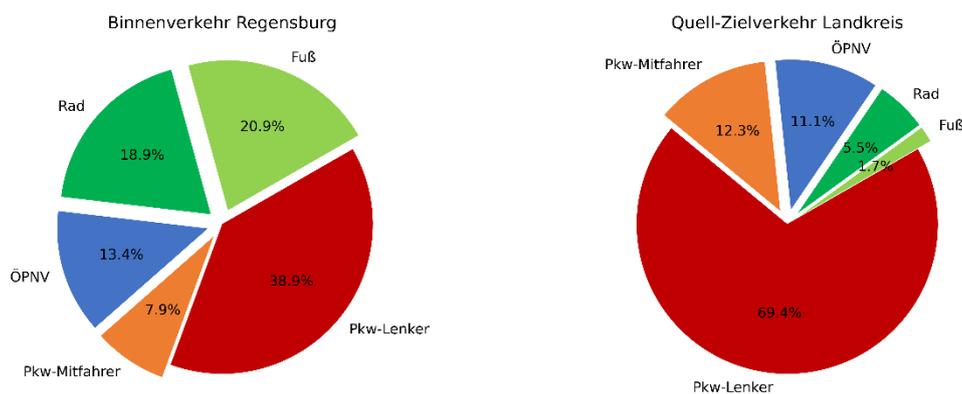
Quelle: Verkehrsmodell Stadt Regensburg/komobile

Insgesamt werden im Binnen- und Quell-Ziel-Verkehr Regensburg im Mitfall „Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung“ rund 10.900 zusätzliche Fahrgäste je Werktag gegenüber dem Ohnefall befördert. Davon entfallen rund 8.800 Fahrgäste auf den Binnenverkehr innerhalb der Stadt Regensburg und rund 2.100 Fahrgäste auf den Quell-Ziel-Verkehr aus und vom Landkreis Regensburg nach Regensburg.

Aufgrund der Optimierung des Angebots auf der Stadtbahn fällt die Modal-Split Verlagerung im Binnenverkehr zugunsten des ÖV geringfügig schwächer als im Vergleich zum Kernnetz ohne Südspange aus (ÖV-Anteil um 0,2% niedriger) und auch etwas geringer als in der Machbarkeitsstudie 2018 aus.

Die zusätzlichen Fahrgäste stammen aus Verlagerungen aus dem MIV (ca. 7.300 Fahrten) und aus dem induzierten Verkehr (ca. 3.700 Fahrten).

Abbildung 11: Modal-Split Mitfall Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung



Quelle: Verkehrsmodell Stadt Regensburg/komobile

### Kosten

Für den Mitfall werden die Kosten für die Erstellung der Infrastruktur aus der Vorplanung übertragen und den Betrieb der Stadtbahn ermittelt (s. Anhang). Daraus folgen Einsparungen in Investitions- und Betriebskosten, welche sich positiv auf die Nutzen-Kosten-Untersuchung auswirkt.

Zwischen dem Kernnetz ohne Südspanne und der betrieblichen Optimierung und dem Kernnetzes ohne Südspanne (und ohne betriebliche Optimierung) besteht dabei kein Kostenunterschied bezüglich der Erstellung der Infrastruktur.

Die deutliche Verringerung der Anzahl an Stadtbahn-Fahrzeugen im Mitfall mit betrieblicher Optimierung wirkt sich auf die Kosten positiv aus. Ebenso wirkt sich der geringere Takt positiv auf die Betriebskosten (Personal, fahrleistungsabhängige Fahrzeugkosten) aus, wodurch der Nutzen-Kosten-Indikator signifikant steigt und mit 1,55 positiv ist.

Tabelle 7: Ergebnisse Mitfall Kernnetz ohne Südspanne – mit betrieblicher Optimierung

Teilindikator		Dimension der originären Größe	Wert in der originären Größe	Bewertungsansatz	monetäre Bewertung [T€/Jahr] (1)
		(a)	(b)*	(c)	(d)*
monetarisierbar	Saldo Fahrgastnutzen ÖPNV	(1) [1.000 h/Jahr]	- 1 428	- 6,6 €/h	9 425
	Saldo ÖPNV-Fahrgeld	(2) [1.000 Pkm/Jahr]	28 588	0,13 €/Pkm	3 716
	Saldo der ÖPNV-Betriebskosten	(3) [T€/Jahr]	2 263	- 1	- 2 263
	Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Mitfall	(4) [T€/Jahr]	1 388	- 1	- 1 388
	Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Ohnefall	(5) [T€/Jahr]	-	+ 1	-
	Saldo der Unfallfolgekosten	(6) [T€/Jahr]	- 701	- 1	701
	Saldo der CO2 Emissionen*	(7) [t CO2/Jahr]	- 1 736	- 670 €/t CO2	1 163
	*THG- Fzg-Herstellung (Anz. Fzg je Fahrzeugtyp (Bus im MF+OF) benötigt)				
	Saldo der Schadstoffemissionskosten	(8) [T€/Jahr]	- 45	- 1	45
	Saldo der Geräuschbelastung	(9) [T€/Jahr]	268	+ 1	268
	Nutzen gesellschaftlich auferlegter Investitionen	(10) [T€/Jahr]	32	+ 1	32
Nutzen anderer-Netznutzer	(11) [T€/Jahr]	—	+1	—	
nutzwert- analytisch	Funktionsfähigkeit der Verkehrssysteme/ Flächenverbrauch	(12) [1.000 Punkte]	60	15,5 €/(Punkte x Jahr)	937
	Primärenergieverbrauch	(13) [1.000 Punkte]	18	15,5 €/(Punkte x Jahr)	276
	Daseinsvorsorge-/raumordnerische Aspekte	(14) [1.000-Punkte]	—	15,5 €/(Punkte x Jahr)	—
	Resilienz von Schienennetzen	(15) [1.000-Punkte]	—	15,5 €/(Punkte x Jahr)	—
Summe monetär bewerteter Einzelnutzen					12 912
	Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur ÖPNV im Mitfall	(17) [T€/Jahr]	8 353	+ 1	8 353
	Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur ÖPNV im Ohnefall	(18) [T€/Jahr]	-	- 1	-
	Saldo Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur	(19) [T€/Jahr]			8 353
<b>Nutzen - Kosten - Indikatoren</b>					
	Nutzen - Kosten - Differenz	(20) [T€/Jahr]			4 558,54
	Nutzen - Kosten - Verhältnis	(21) [-]			1,55

Quelle: eigene Darstellung

### 3.3 Ergebnisse Mitfall „Kernnetz mit Südspanne und Netzanpassung im Stadtnorden“

#### Verkehrsentwicklung

Insgesamt werden im Binnen- und Quell-Ziel-Verkehr Regensburg im Mitfall „Kernnetz mit Südspanne und Netzanpassung im Stadtnorden“ rund 129.100 Fahrgäste je Werktag befördert. Davon entfallen rund 75.400 Fahrgäste auf den Binnenverkehr innerhalb der Stadt Regensburg und rund 53.700 Fahrgäste auf den Quell-Ziel-Verkehr aus und vom Landkreis Regensburg nach Regensburg.

Durch die Optimierung (Differenziertes Angebot auf der Stadtbahn und Netzanpassung im Stadtnorden) werden gerundet insgesamt 1.600 Fahrgäste mehr befördert als im Kernnetz ohne Südspange.

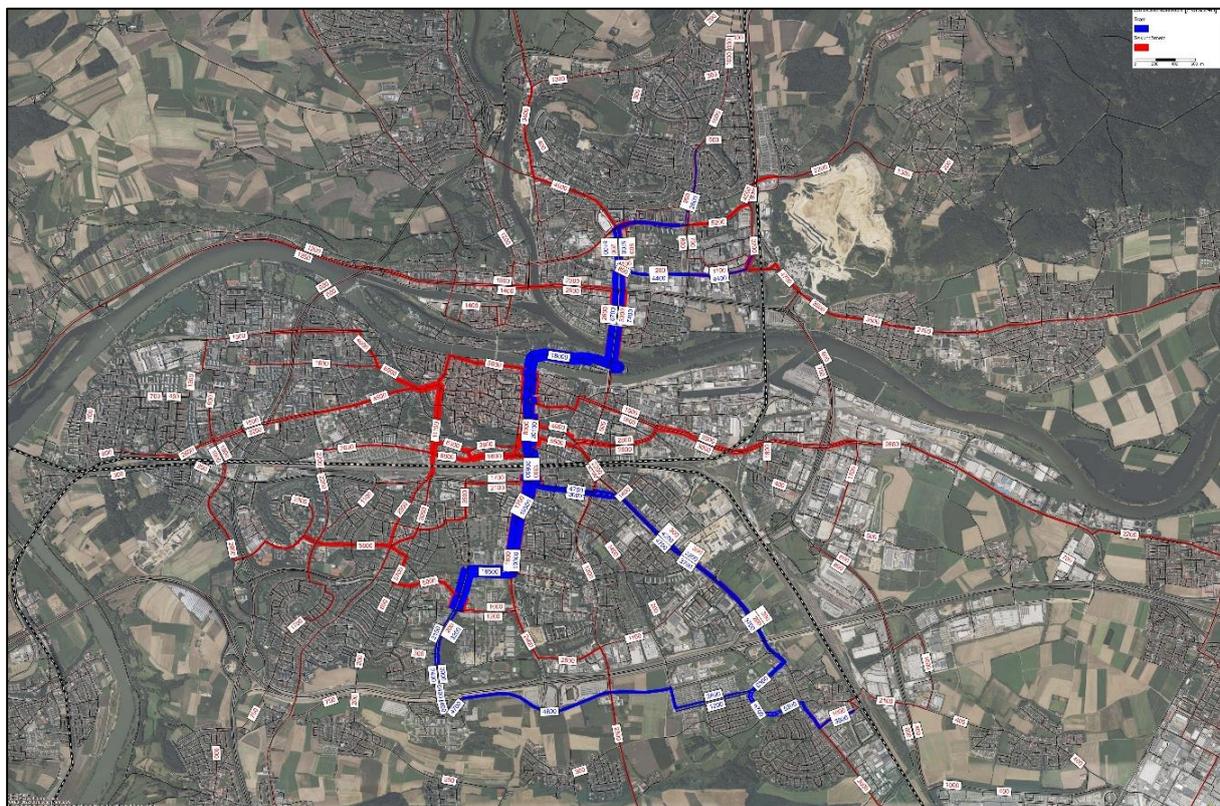
Die Gesamtzahl an Fahrgästen ist in der untenstehenden Tabelle dokumentiert.

Tabelle 8: Fahrgäste je Werktag Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden

Fahrgäste/Tag (gerundet)	Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden	Ohnefall	Zusätzliche Fahrgäste gegenüber Ohnefall
<b>Binnenverkehr Regensburg</b>	75.400	64.000	+11.400
<b>Quell-Ziel-Verkehr Regensburg</b>	53.700	50.700	+3.000
<b>Summe</b>	129.100	114.700	+14.400

Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 12: Querschnittsbelastungen Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden (Anlage 2, Plan 6)



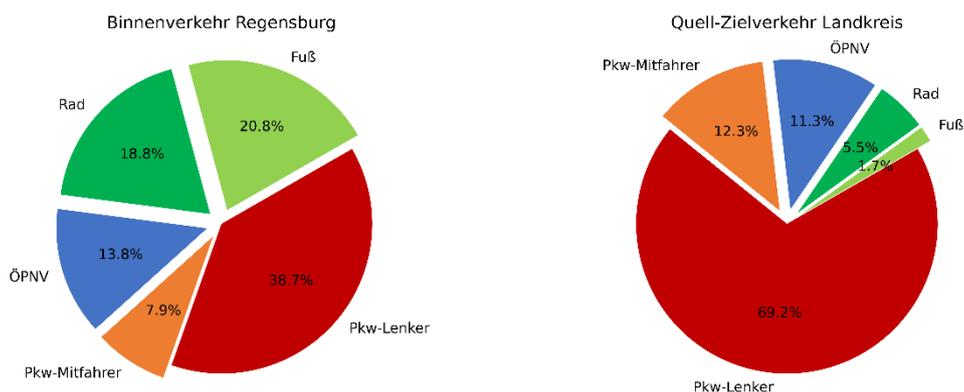
Quelle: Verkehrsmodell Stadt Regensburg

Insgesamt werden im Binnen- und Quellzielverkehr Regensburg im Mitfall „Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden“ rund 14.400 zusätzliche Fahrgäste je Werktag gegenüber dem Ohnefall befördert. Davon entfallen rund 11.400 Fahrgäste auf den Binnenverkehr innerhalb der Stadt Regensburg und rund 3.000 Fahrgäste auf den Quell-Ziel-Verkehr aus und vom Landkreis Regensburg nach Regensburg.

Aufgrund der größeren Erschließungswirkung und Optimierung des erweiterten Angebots auf der Stadtbahn fällt die Modal-Split Verlagerung im Binnenverkehr zugunsten des ÖV geringfügig stärker aus als im Vergleich zum Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung (ÖV-Anteil um 0,1% höher).

Die zusätzlichen Fahrgäste stammen aus Verlagerungen aus dem MIV (ca. 9.900 Fahrten) und aus dem induzierten Verkehr (ca. 4.500 Fahrten).

Abbildung 13: Modal-Split Mitfall Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden



Quelle: eigene Darstellung

### Kosten

Für den Mitfall werden die Kosten für die Erstellung der Infrastruktur aus der Vorplanung übertragen und den Betrieb der Stadtbahn ermittelt (s. Anhang).

Entsprechend der Adaptierung des gesamten ÖPNV-Netzes durch die Einführung der Stadtbahn werden weniger Busse als im Ohnefall benötigt. Daraus folgen Einsparungen in Investitions- und Betriebskosten, welche sich positiv auf die Nutzen-Kosten-Untersuchung auswirkt.

Zwischen dem Kernnetz ohne Südspange und dem Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden kommen zusätzliche Kosten in der Infrastruktur hinzu (Südspange), hingegen können im Stadtnorden durch die Einkürzung der Strecke zwischen Aussiger Straße und Wutzlhofen Kosten wegfallen.

Die deutliche Verringerung der Anzahl an Stadtbahn-Fahrzeugen im Vergleich zum Kernnetz ohne Südspange (24 statt 31 Stadtbahn-Fahrzeuge) wirkt sich auf die Kosten positiv aus. Ebenso wirkt sich der differenzierte Takt positiv auf die Betriebskosten (Personal, fahrleistungsabhängige Fahrzeugkosten) aus. Die zusätzlichen Fahrgäste wirken sich positiv auf den Nutzen aus, wodurch Nutzen-Kosten-Indikator mit 1,54 positiv und vergleichbar mit dem Kernnetz ohne Südspange und betrieblicher Optimierung ist.

Tabelle 9: Ergebnisse Mitfall Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden

Teilindikator		Dimension der originären Größe (a)	Wert in der originären Größe (b)*	Bewertungsansatz (c)	monetäre Bewertung [T€/Jahr] (1) (d)*
monetarisierbar	Saldo Fahrgastnutzen ÖPNV	(1) [1.000 h/Jahr]	- 1.548	- 6,6 €/h	10.214
	Saldo ÖPNV-Fahrgeld	(2) [1.000 Pkm/Jahr]	40.346	0,13 €/Pkm	5.245
	Saldo der ÖPNV-Betriebskosten	(3) [T€/Jahr]	1.947	- 1	- 1.947
	Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Mitfall	(4) [T€/Jahr]	1.718	- 1	- 1.718
	Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Ohnefall	(5) [T€/Jahr]	-	+ 1	-
	Saldo der Unfallfolgekosten	(6) [T€/Jahr]	- 687	- 1	687
	Saldo der CO2 Emissionen*	(7) [t CO2/Jahr]	- 1.716	- 670 €/t CO2	1.150
	Saldo der Schadstoffemissionskosten	(8) [T€/Jahr]	- 47	- 1	47
	Saldo der Geräuschbelastung	(9) [T€/Jahr]	302	+ 1	302
	Nutzen gesellschaftlich auferlegter Investitionen	(10) [T€/Jahr]	36	+ 1	36
	Nutzen anderer Netznutzer	(11) [T€/Jahr]	—	+ 1	—
nutzwert- analytisch	Funktionsfähigkeit der Verkehrssysteme/ Flächenverbrauch	(12) [1.000 Punkte]	55	15,5 €/(Punkte x Jahr)	854
	Primärenergieverbrauch	(13) [1.000 Punkte]	20	15,5 €/(Punkte x Jahr)	311
	Daseinsvorsorge/ raumordnerische Aspekte	(14) [1.000 Punkte]	—	15,5 €/(Punkte x Jahr)	—
	Resilienz von Schienennetzen	(15) [1.000 Punkte]	—	15,5 €/(Punkte x Jahr)	—
	Summe monetär bewerteter Einzelnutzen	(16)			15.180
Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur ÖPNV im Mitfall	(17) [T€/Jahr]	9.845	+ 1	9.845	
Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur ÖPNV im Ohnefall	(18) [T€/Jahr]	-	- 1	-	
Saldo Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur	(19) [T€/Jahr]			9.845	
<b>Nutzen - Kosten - Indikatoren</b>					
Nutzen - Kosten - Differenz	(20) [T€/Jahr]				5.334,67
Nutzen - Kosten - Verhältnis	(21) [-]				1,54

Quelle: eigene Darstellung

### 3.4 Vergleich der „Mitfälle“

Die drei betrachteten Mitfälle, Kernnetz ohne Südspanne, Kernnetz ohne Südspanne – betriebliche Optimierung und Kernnetz mit Südspanne und Netzanpassung im Stadtnorden zeigen für alle drei Mitfälle einen Nutzen-Kosten-Indikator >1,0. Unter Berücksichtigung einer Sensitivitätsanalyse von +20% für die einmaligen Kosten rutscht der Nutzen-Kosten-Indikator im Mitfall Kernnetz ohne Südspanne hingegen ganz knapp unter 1,0 (NKI 0,99). In den beiden anderen Fälle bleibt der Nutzen-Kosten-Indikator auch bei Sensitivitätsbetrachtung mit 20% höheren Kosten für die Fahrweginfrastruktur über 1,0.

Tabelle 10: Vergleich NKU der drei „Mitfälle“

Nutzen-Kosten-Untersuchung		Kernnetz ohne Südspanne		Kernnetz mit Südspanne und Anpassungen im Stadtnorden
GESAMTWIRTSCHAFTLICHE BEWERTUNG		MF Modell A + OF Bestandstakt	MF opt. Modell B + OF Bestandstakt	MF Modell E + OF Bestandstakt
monetarisierbar	Saldo Fahrgastnutzen ÖPNV	9 976	9 425	10 214
	Saldo ÖPNV-Fahrgeld	4 422	3 716	5 245
	Saldo der ÖPNV-Betriebskosten	-6 683	-2 263	-1 947
	Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Mitfall	-1 388	-1 388	-1 718
	Unterhaltungskosten für die ortsfeste Infrastruktur im Ohnefall	0	0	0
	Saldo der Unfallfolgekosten	650	701	687
	Saldo der CO2 Emissionen	650	1 163	1 150
	Saldo der Schadstoffemissionskosten	28	45	47
	Saldo der Geräuschbelastung	268	268	302
	Nutzen gesellschaftlich auferlegter Investitionen	32	32	36
<b>Nutzen anderer Netznutzer</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
nutzwert-analytisch	Funktionsfähigkeit der Verkehrssysteme/ Flächenverbrauch	1 171	937	854
	Primärenergieverbrauch	103	276	311
	Baseinsvorsorge/raumordnerische Aspekte	0	0	0
	Resilienz von Schienennetzen	0	0	0
Summe monetär bewerteter Einzelnutzen		9 229	12 912	15 180
Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur ÖPNV im Mitfall		8 353	8 353	9 845
Kapitaldienst für die ortsfeste Infrastruktur ÖPNV im Ohnefall		0	0	0
Nutzen - Kosten - Differenz		876	4 559	5 335
<b>Nutzen - Kosten - Indikator</b>		<b>1,10</b>	<b>1,55</b>	<b>1,54</b>
Sensitivitätsanalyse: 20% Unvorhersehbares (Einmalige Kosten)		0,99	1,38	1,38

## 4 Fazit

Auf Basis der vorliegenden Planungen im Masterplan und der Prognosewerte der Zahl der Einwohner:innen und der Arbeitsplätze in Regensburg bis 2035 sowie daraus abgeleitet der Verkehrsentwicklung bis 2035 wird in beiden Mitfällen „Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung“ und „Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden“ ein hoher Nutzen-Kosten-Indikator (NKI) von 1,55 bzw. 1,54 erreicht.

Die Untersuchung wurde nach dem standardisierten, vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr vorgegebenen Bewertungsverfahren in der aktuellen Fassung von 2022 durchgeführt, das Kriterien wie Reisezeiten von ÖPNV-Fahrgästen, weniger Pkw-Fahrten, Klima- und Umweltwirkungen, Verkehrssicherheitsaspekte sowie die Kosten des ÖPNV-Betriebs berücksichtigt und Auskunft über die Wirtschaftlichkeit des untersuchten Vorhabens gibt.

Die Ergebnisse zeigen, dass der gesamtwirtschaftliche Nutzen einer Stadtbahn in Regensburg deutlich die Kosten des Projekts übersteigt – und zwar um gut 55 Prozent. Damit kann damit gerechnet werden, dass der Bau der Stadtbahn nach dem GVFG auch förderwürdig ist.

Nicht vertieft wurden vorerst folgende Aspekte:

- ▶ Berücksichtigung von zusätzlichen P+R Anlagen, da keine neuen Anlagen angenommen werden und die bestehenden Anlagen (z.B. P+R Jahnstadion) im Ohne- und Mitfall berücksichtigt sind
- ▶ Städtebauliche Verdichtung rund um die Trasse der Stadtbahn, die etwa analog moderat wie in der Machbarkeitsstudie angesetzt werden könnte (Verlagerung von Einwohner:innen und Arbeitsplätzen).

Es ist darauf hinzuweisen, dass im Rahmen der Standardisierten Bewertung keine Einschränkungen für die anderen Verkehrsteilnehmer – insb. den MIV – rechnerisch berücksichtigt werden dürfen. Hierdurch fallen die Verlagerungswirkungen vom MIV zum ÖPNV geringer aus, als sie bei Projektrealisierung tatsächlich zu erwarten wären. Die Modalsplit-Wirkungen unter Einbeziehung der Einschränkungen für den MIV sind in einer separaten Auswertung aufzuzeigen.

## Anhang 1: Kosten

Kernnetz ohne Südspange - Kostenaufstellung		
Anlagenteil-Nr	Anlagenteilbezeichnung	Kostenzuordnung (Preisniveau 2023)
<b>Teil A: Verkehrswege ÖPNV</b>		
10	Grunderwerb	14 931 616,80 €
20	einmalige Aufwendungen	86 501 320,83 €
30	Trassen (Unterbau Bahnen und Straßen1, Erdbauwerke, Dämme, Einschnitte, Entwässerung)	2 483 124,93 €
40	Stützbauwerke	467 500,00 €
60	Brücken inkl. Bahnsteigunter-/überführungen	11 640 792,93 €
72	Gleise: Feste Fahrbahn	52 447 699,90 €
73	Weichen inkl. Heizungen und Antriebe	5 057 000,00 €
81	Betriebs-, Verkehrs- und Sozialgebäude (oberirdisch)	800 000,00 €
90	Haltestellenausstattung und Zubehör inkl. B+R-Ausstattung	1 552 500,00 €
100	Bahnsteige und Rampen (inkl. Überdachungen)	4 860 000,00 €
110	Zugsicherungs- und Signalanlagen inkl. BÜ-Sicherungsanlagen	20 965 000,00 €
120	Fernmeldeanlagen, Leitsysteme, Telekommunikationsanlagen, DFI	3 367 740,00 €
131	Fahr- und Speiseleitungen (inkl. Masten), Stromschienen	24 455 005,00 €
132	Umformerwerke, Unterwerke (elektrischer und maschineller Teil), Ladeinfrastruktur für Batteriebusse	7 700 000,00 €
140	Lichtversorgungsnetz, Außenbeleuchtung	2 004 500,00 €
160	Lärmschutzwände und -fenster	7 929 600,00 €
170	Landschaftsbau, Bepflanzungen	2 661 120,00 €
<b>Teil B: Verlegung von Anlagen Dritter</b>		
300	Straßen und Wege inkl. Ausstattung	40 772 100,51 €
310	Stützmauern	230 580,00 €
340	Leitungen für Strom, Telekom, Gas, Öl, Wasser, Abwasser, Fernwärme	120 599 341,30 €
<b>Teil C: Planung</b>		
400	Planungsleistungen	59 212 559,56 €
<b>Summe</b>		<b>470 639 101,74 €</b>

<b>Kernnetz mit Südspange und Anpassungen im Stadtnorden - Kostenaufstellung</b>		
<b>Anlagenteil-Nr.</b>	<b>Anlagenteilbezeichnung</b>	<b>Kostenzuordnung (Preisniveau 2023)</b>
<b>Teil A: Verkehrswege ÖPNV</b>		
10	Grunderwerb	19 364 276 €
20	einmalige Aufwendungen	103 743 706 €
30	Trassen (Unterbau Bahnen und Straßen <sup>1</sup> , Erdbauwerke, Dämme, Einschnitte, Entwässerung)	3 241 044 €
40	Stützbauwerke	3 189 500 €
60	Brücken inkl. Bahnsteigunter-/überführungen	18 700 793 €
72	Gleise: Feste Fahrbahn	63 565 688 €
73	Weichen inkl. Heizungen und Antriebe	8 576 000 €
81	Betriebs-, Verkehrs- und Sozialgebäude (oberirdisch)	800 000 €
90	Haltestellenausstattung und Zubehör inkl. B+R-Ausstattung	1 732 500 €
100	Bahnsteige und Rampen (inkl. Überdachungen)	5 430 000 €
110	Zugsicherungs- und Signalanlagen inkl. BÜ-Sicherungsanlagen	23 795 000 €
120	Fernmeldeanlagen, Leitsysteme, Telekommunikationsanlagen, DFI	3 933 940 €
131	Fahr- und Speiseleitungen (inkl. Masten), Stromschienen	30 484 815 €
132	Umformerwerke, Unterwerke (elektrischer und maschineller Teil), Ladeinfrastruktur für Batteriebusse	8 800 000 €
140	Lichtversorgungsnetz, Außenbeleuchtung	2 256 000 €
160	Lärmschutzwände und -fenster	8 931 200 €
170	Landschaftsbau, Bepflanzungen	3 170 640 €
<b>Teil B: Verlegung von Anlagen Dritter</b>		
300	Straßen und Wege inkl. Ausstattung	46 442 393 €
310	Stützmauern	230 580 €
340	Leitungen für Strom, Telekom, Gas, Öl, Wasser, Abwasser, Fernwärme	124 418 014 €
<b>Teil C: Planung</b>		
400	Planungsleistungen (in NKU mit 10% gesondert berechnet)	68 750 077 €
<b>Summe</b>		<b>549 556 166 €</b>

## Anhang 2: Plandarstellungen

Plan 1: Angebot Mitfall Kernnetz ohne Südspange: Stadtbahn und Buslinien

Plan 1A: : Angebot Mitfall Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher Optimierung:  
Stadtbahn und Buslinien

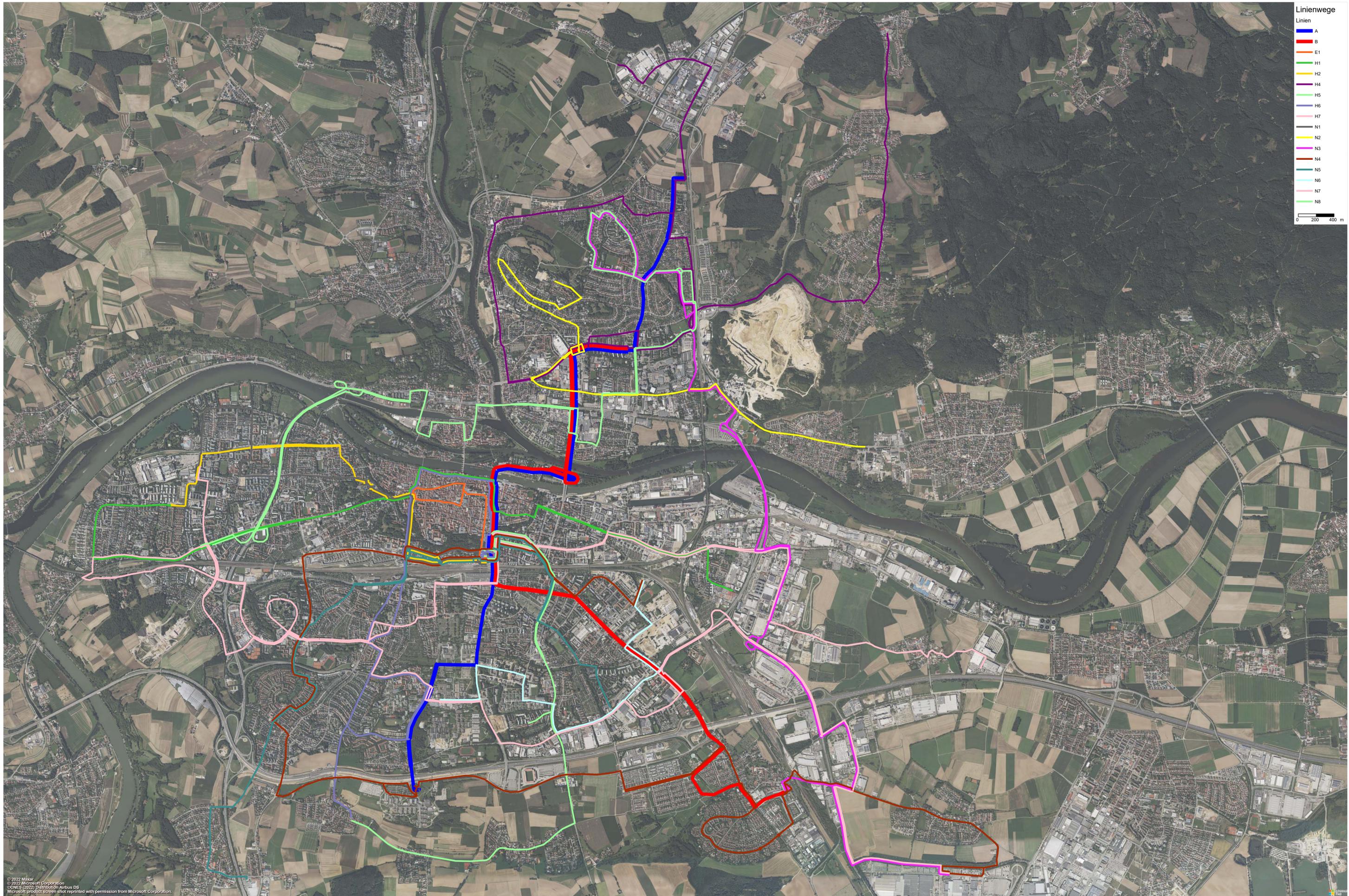
Plan 2: Angebot Mitfall Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im Stadtnorden:  
Stadtbahn und Buslinien

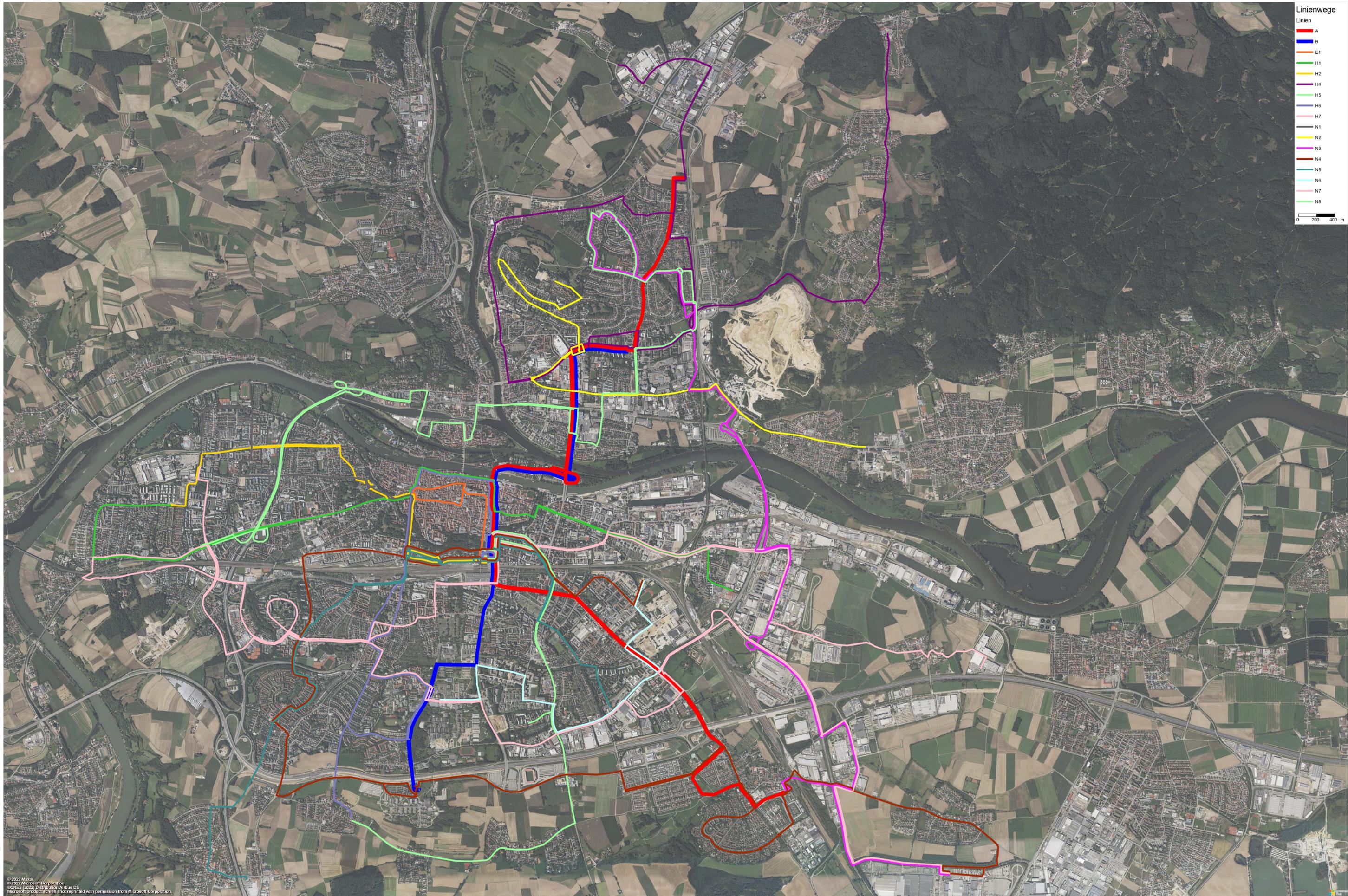
Plan 3: Querschnittsbelastungen Ohnefall

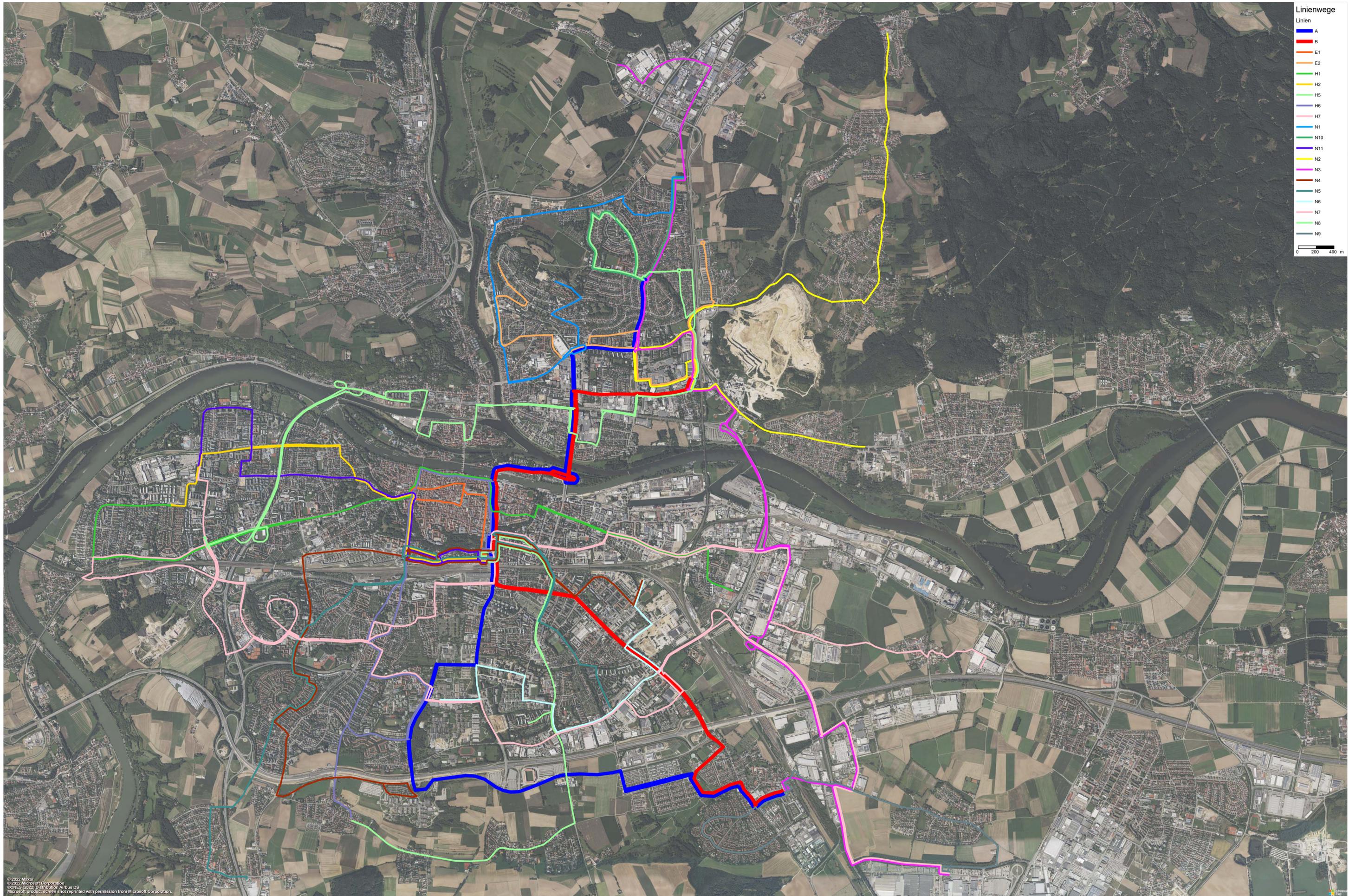
Plan 4: Querschnittsbelastungen Mitfall Kernnetz ohne Südspange

Plan 5: Querschnittsbelastungen Mitfall Kernnetz ohne Südspange – mit betrieblicher  
Optimierung

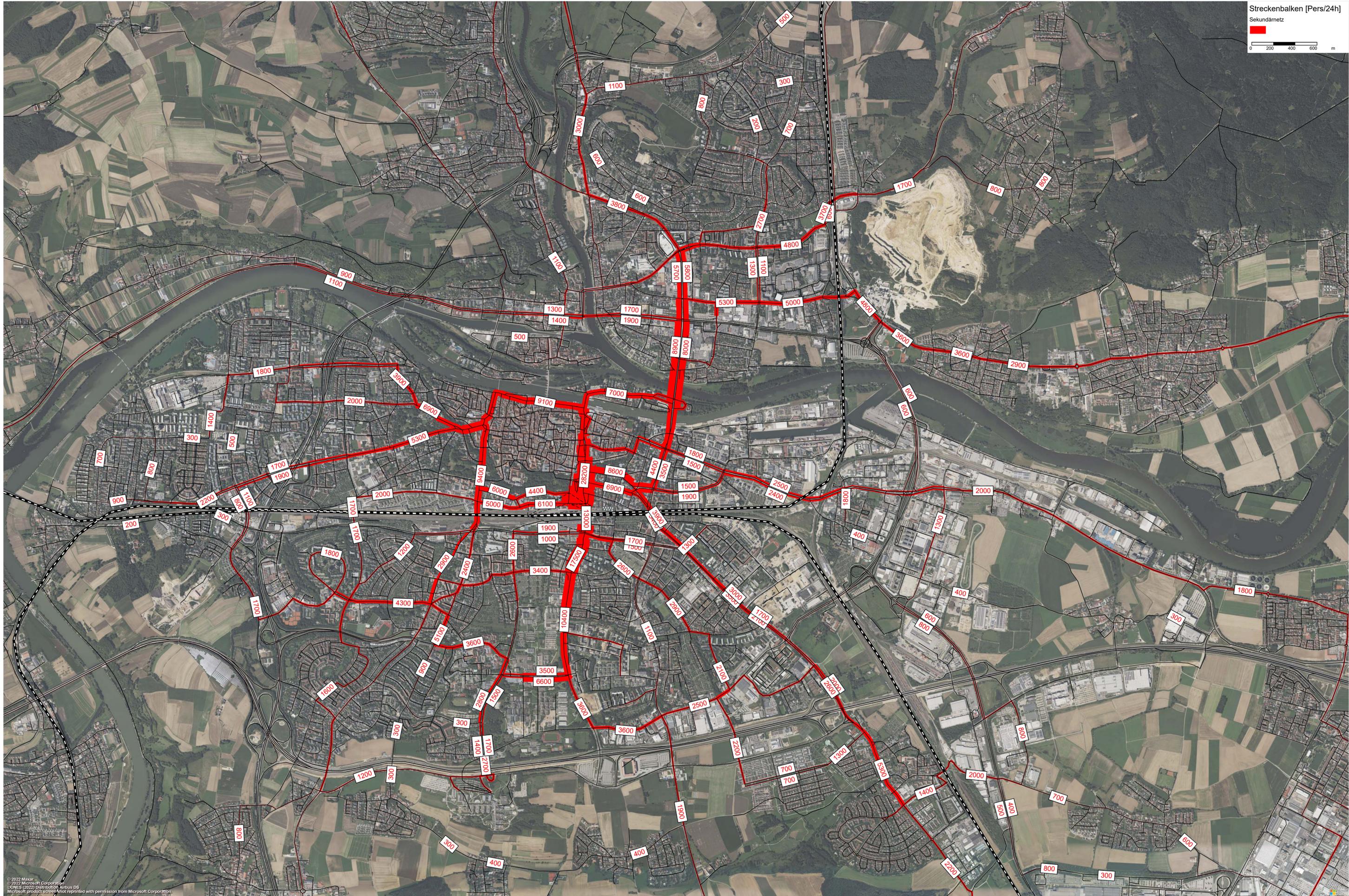
Plan 6: Querschnittsbelastungen Mitfall Kernnetz mit Südspange und Netzanpassung im  
Stadtnorden





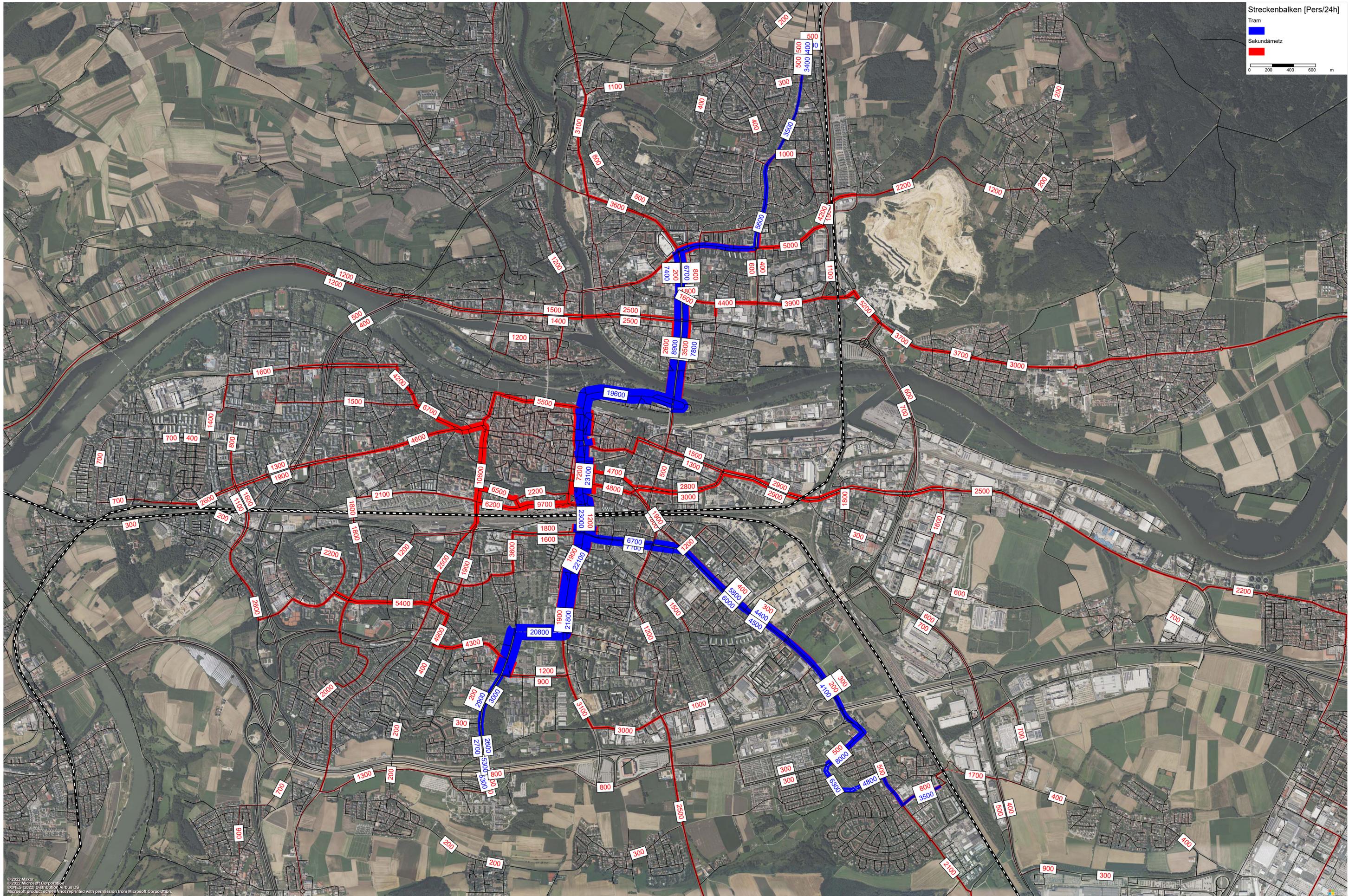


Streckenbalken [Pers/24h]  
Sekundärnetz



© 2022 Maxar  
© 2022 Microsoft Corporation  
© CNES (2022) Distribution Airbus DS  
Microsoft product screen shot reprinted with permission from Microsoft Corporation.

### QUERSCHNITTSBELASTUNGEN "KERNNETZ OHNE SÜDSPANGE"

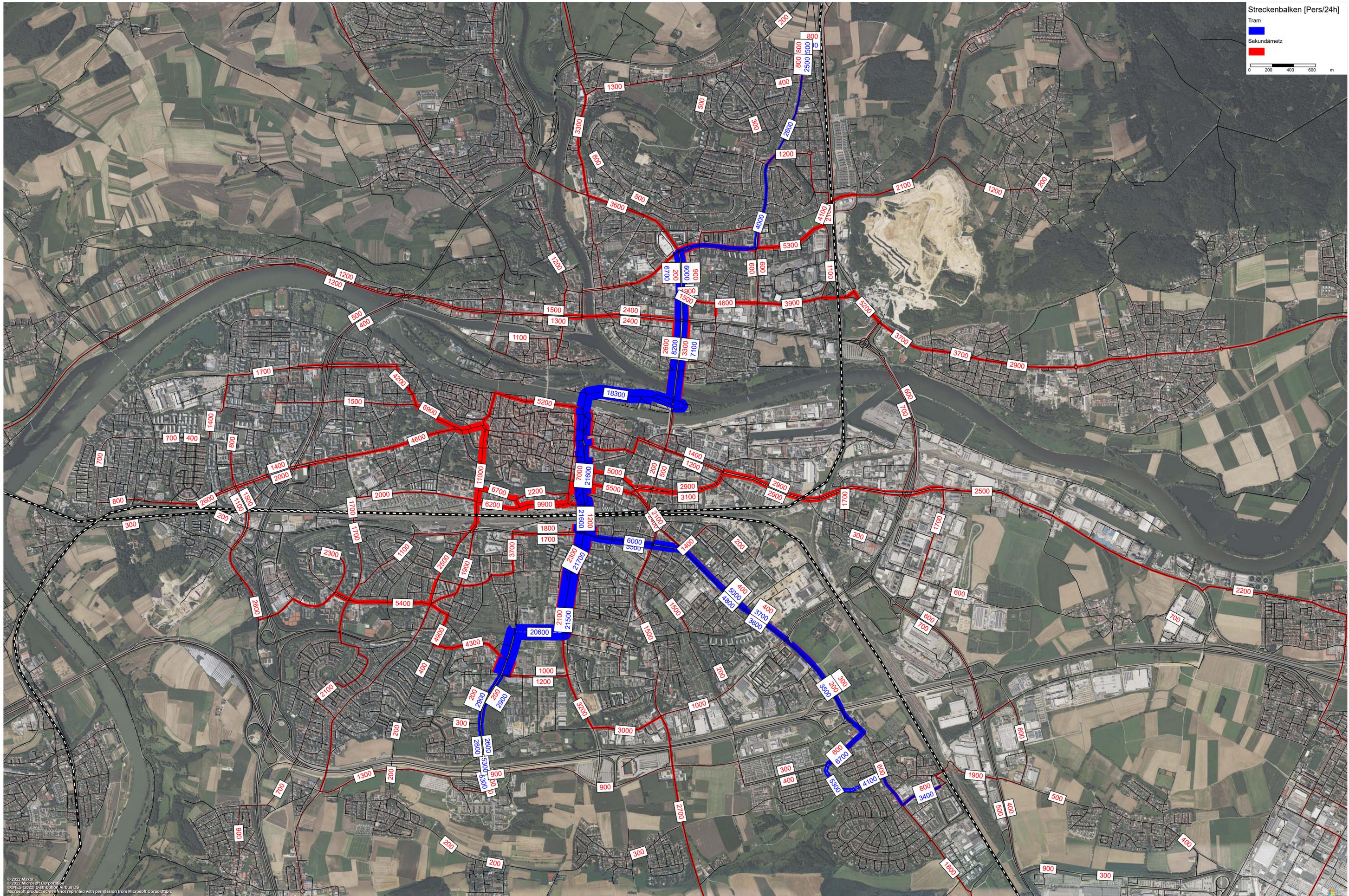


Streckenbalken [Pers/24h]

- Tram
- Sekundärnetz

0 200 400 600 m

© 2022 Maxar  
© 2022 Microsoft Corporation  
© CNES (2022) Distribution Airbus DS  
Microsoft product screen not reprinted with permission from Microsoft Corporation.

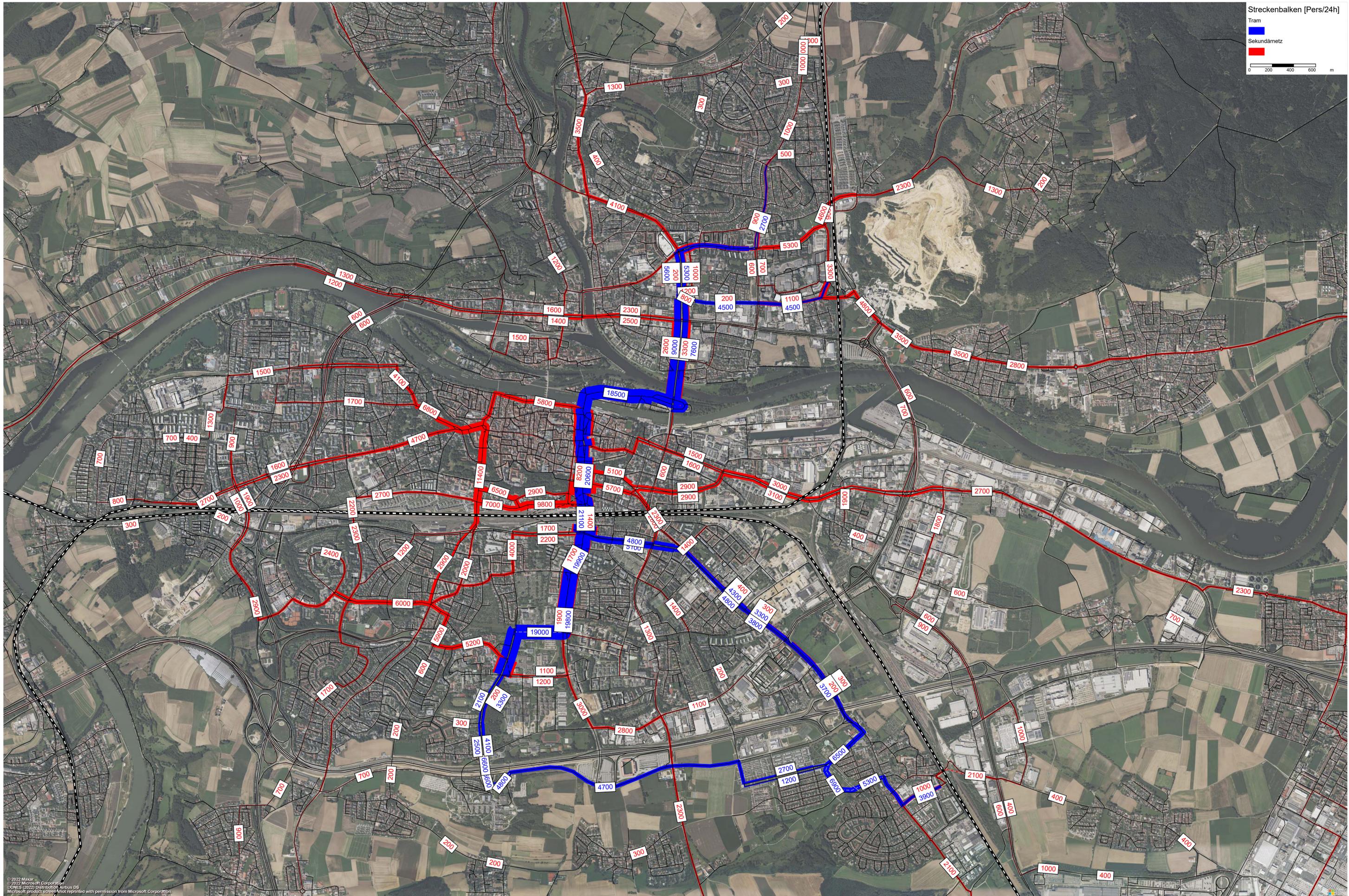


Streckenbalken [Pers/24h]

- Tram
- Sekundärnetz

0 200 400 600 m

© 2022 Maxar  
© 2022 Microsoft Corporation  
© CNES (2022) Distribution Airbus DS  
Microsoft product screen not reprinted with permission from Microsoft Corporation.



Streckenbalken [Pers/24h]

- Tram
- Sekundärnetz

0 200 400 600 m

© 2022 Maxar  
© 2022 Microsoft Corporation  
© CNES (2022) Distribution Airbus DS  
Microsoft product screen not reprinted with permission from Microsoft Corporation.

## Anhang 3:

Anpassung Endpunkte Regionalbuslinien (zugleich Verknüpfung mit der Stadtbahn)

Linie	Neuer Endpunkt Kernnetz ohne Südspange	Neuer Endpunkt Kernnetz mit Südspange und Anpassung im Stadtnorden
5	DEZ	Walhalla Bahnhof
12	DEZ	DEZ
13	DEZ	DEZ
14	Landratsamt	Landratsamt
15	Landratsamt	Landratsamt
17	DEZ	DEZ
19	UKR	UKR
22	Burgweinting	Burgweinting
23	Burgweinting	Burgweinting
24	Burgweinting	Burgweinting
28	Landratsamt	Landratsamt
29	DEZ	DEZ
31	Burgweinting	Burgweinting
35	Landratsamt	Landratsamt
41	Landratsamt	Landratsamt
42	Landratsamt	Landratsamt
43	Landratsamt	Landratsamt
117	DEZ	DEZ
36	DEZ	Walhalla Bahnhof
34	Landratsamt	Landratsamt

# Klimavorbehalt

## Prüfung klimarelevanter Beschlussvorlagen der Stadt Regensburg

Gegenstand der Beschlussvorlage	Stadtbahn – Ergebnis der Nutzen-Kosten-Unters.
Drucksachennummer	VO/2420872/68
Für Prüfvorgang zuständiges Fachamt	Amt 68
Bearbeiter/-in	Hr. Hasse

### Stufe 3: Ergebnisdarstellung in der Beschlussvorlage

*(Dieses Dokument ist Bestandteil der Beschlussvorlage)*

Bitte erläutern Sie kurz Ihre Ergebnisse von Stufe 1 (*Geben Sie an, ob der Beschluss Auswirkungen auf das Klima hat und fassen Sie kurz die positiven und negativen Auswirkungen zusammen oder die Begründung, warum keine Auswirkungen auftreten*)

#### Stufe 1: Zusammenfassung der Ergebnisse

Der Beschluss dient der Kenntnissgabe der Wirtschaftlichkeitsprüfung zum perspektvischen Erlangen von Fördermitteln für das Projekt.  
Das Projekt Stadtbahn ist Bestandteil des Leitbilds Energie und Klima.

#### Stufe 2:

Erfüllt der Beschluss die im Leitbild vorgegebenen Ziele? ja nein teilweise  
*(Falls nein, beantworten Sie bitte die nächste Frage; falls ja, ist die Bearbeitung von Stufe 3 hiermit beendet)*

Bitte begründen Sie, warum die Inhalte des Beschlusses von den im Leitbild Energie und Klima vorgegebenen Zielen abweichen: