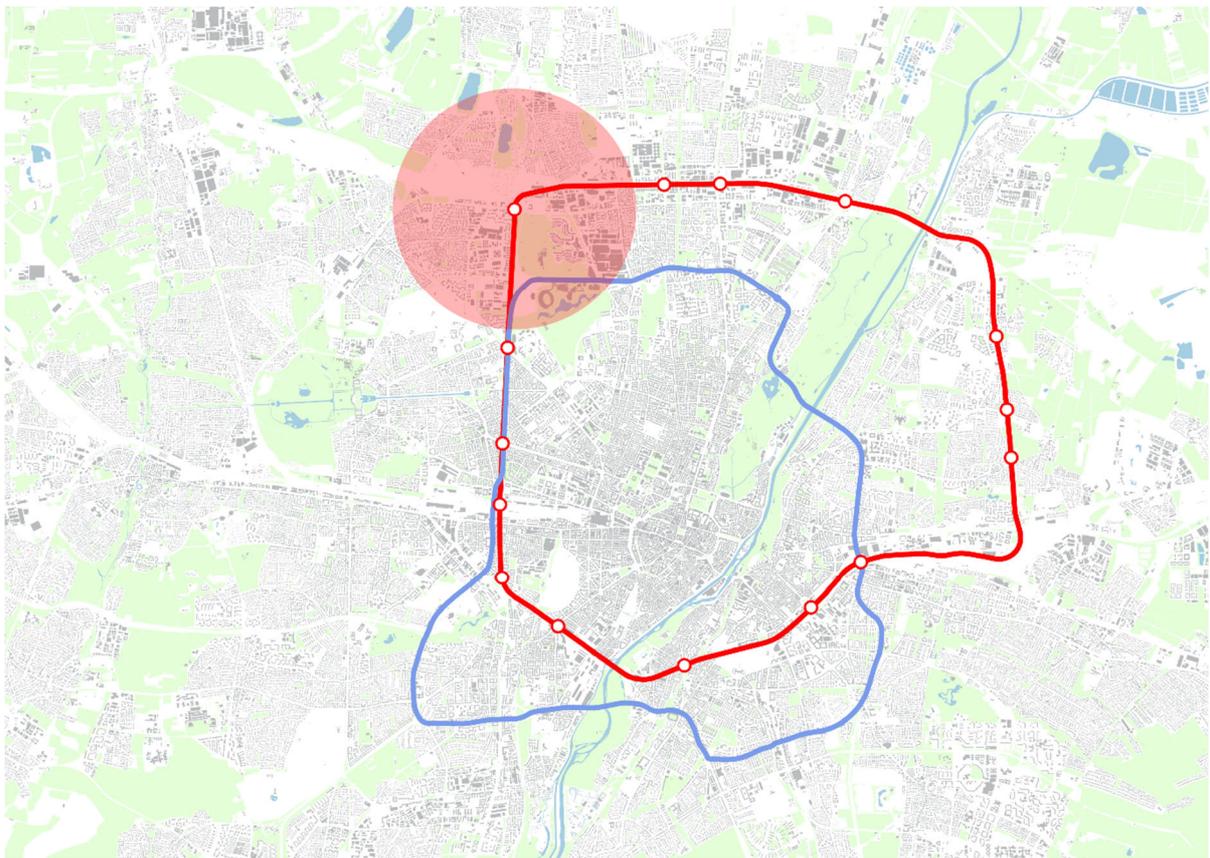


Simon Herzog - Dennis Atabay

Perspektiven für den Schienenverkehr im Großraum München



Studie im Auftrag von
Prof. Dr. Michael Piazzolo
Mitglied des Bayerischen Landtages
Freie Wähler

München, 11. Oktober 2016

Inhalt

1	Herausforderungen für München.....	1
2	Wachstum im Münchner Norden	2
2.1	Verkehrsbelastung infolge des Wachstums.....	2
2.2	Bisherige Verbesserungsvorschläge	3
3	Ringbahn und Flughafenbindung.....	4
3.1	Neue Stationen der Ringbahn	4
3.2	Infrastruktur für Ringbahn und Flughafenbindung.....	6
3.3	Fahrzeiten der Ringbahn.....	7
3.4	Ringbahn im Vergleich zum Mittleren Ring.....	8
3.5	Flughafenanbindung durch den Ringschluss.....	9
3.6	Anbindung nach Freising und Niederbayern.....	10
4	Bahnhof Olympiakreuz	11
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	13
	Literatur- und Quellenverzeichnis	14
	Anhang.....	16
	Berechnung der Fahrzeiten	16
	Berechnung des Personenstroms für die Straße	17
	Berechnung des Personenstroms für die Schiene.....	17
	Abschätzung der Baukosten.....	18
	Formelzeichen.....	20
	Abbildungsverzeichnis.....	21

Kurzfassung

Die vorliegende Studie befasst sich mit Perspektiven für den Schienenverkehr im Großraum München. Ein Schwerpunkt darin ist die verbesserte verkehrliche Erschließung des Münchner Nordens. Vor dem Hintergrund einer wachsenden Einwohnerzahl und einem Zuwachs an Arbeitsplätzen wird das Verkehrsaufkommen in München weiter steigen. Insbesondere zu den Hauptverkehrszeiten erreichen die bestehenden Straßen- und Schienennetze ihre Belastungsgrenzen. Zur Beseitigung heutiger und zukünftiger Engpässe wird in dieser Arbeit ein Mobilitätskonzept entworfen. Kern dieses Mobilitätskonzeptes ist eine Ringlinie für den S-Bahn-Verkehr mit einem ähnlichen Verlauf wie der Mittlere Ring. Ein Neubauabschnitt ergänzt die vorhandenen Strecken zu einem vollen Ring. Die Ringbahn kann in einer Stunde doppelt so viele Menschen befördern wie der Mittlere Ring und das bei höherer Geschwindigkeit. Der Ringschluss stellt gleichzeitig das zentrale Element der neuen Flughafenanbindung dar. Durch diese entstehen neben deutlichen Fahrzeitverkürzungen umsteigefreie Verbindungen im Fernverkehr von Augsburg und Salzburg zum Flughafen. Die Flughafenanbindung verbessert zudem den Regionalverkehr in Richtung Freising und Niederbayern und schafft so ein Ventil für den angespannten Wohnungsmarkt Münchens. Der neue Regional- und Fernbahnhof Olympiakreuz im Münchner Norden mit optimaler Einbindung in das Straßen-, Schienen- und Radwegenetz bildet das Herzstück eines Viertels der kurzen Wege.

1 Herausforderungen für München

Mobilität ist das Kreislaufsystem einer modernen Gesellschaft. München ist in diesem Kontext mit Herausforderungen konfrontiert, die für alle urbanen Regionen weltweit gleichermaßen gelten. Der globale Mobilitätssektor verursacht erhebliche Emissionen durch die Nutzung fossiler Energieträger [1]. Mit einer zunehmenden Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien für die Elektromobilität lassen sich Emissionen sowie die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern reduzieren.

München ist zusätzlich auf der Suche nach Mobilitätslösungen für spezifische Probleme des Ballungsraumes. Die dynamische Entwicklung von Bevölkerung und Wirtschaft bringt auch negative Begleiterscheinungen mit sich. Unmittelbar zu spürende Nachteile sind Wohnungsknappheit sowie ein weiter steigendes Verkehrsaufkommen. Mit dem prognostizierten Bevölkerungswachstum auf über 1,7 Millionen Münchner bis 2030 [2] wird die Mobilitätsnachfrage weiter zunehmen. Der Mittlere Ring als die Hauptschlagader des Münchner Straßenverkehrs trägt die Negativauszeichnung als staureichste Strecke Deutschlands [3]. Ein weiterer Ausbau würde zwar Transportkapazitäten erhöhen, aber zu einem erhöhten Flächenverbrauch führen. Trotz Reduktion lokaler Emissionen lassen sich durch Elektroautos weder die Stau- noch die Parkplatzproblematik lösen. Die im öffentlichen Verkehr geplanten Maßnahmen wie die 2. Stammstrecke und die U-Bahn-Linie 9 bringen verkehrliche Vorteile. Dennoch besteht auch nach Realisierung dieser Projekte weiterhin Handlungsbedarf in der Wachstumsregion. Der Münchner Flughafen ist nach Passagierzahlen der zweitgrößte in Deutschland und plant weiter zu wachsen [4]. Neben einer schnellen Verbindung nach München fehlt jedoch weiterhin der Anschluss an das Fernverkehrsnetz der Deutschen Bahn.

Die durch Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum ohnehin angespannte Verkehrssituation könnte durch den technologischen Wandel noch kritischer werden. Voraussichtlich ab dem Jahr 2030 können Autos autonom fahren [5]. Dann ist es nicht mehr nötig, dass Fahrgäste das Auto steuern. Ebenso können Fahrzeuge ganz ohne Personen unterwegs sein, zum Beispiel wenn ein Auto selbstständig einen Parkplatz sucht oder als Teil einer Carsharing-Flotte zum nächsten Kunden fährt [6]. Autonome Fahrzeuge machen die Individualmobilität attraktiver und günstiger. Der Preis pro Kilometer Taxifahrt könnte von 2 € auf 0,20 € sinken [7], was zu mehr Straßenverkehr führt [8]. Den gleichen Effekt hat die Tatsache, dass durch autonome Fahrzeuge Kinder, Blinde und sehr alte Menschen Zugang zur Individualmobilität erhalten. Studien prognostizieren einen Anstieg der gefahrenen Kilometer zwischen 4 und 156 % sowie eine mögliche Abwanderung vom öffentlichen Verkehr [9]. Um eine weitere Belastung durch zunehmenden motorisierten Individualverkehr zu vermeiden, muss die Verkehrsplanung auf das veränderte technologische Umfeld reagieren.

Die vorliegende Arbeit versteht sich als Denkanstoß, wie die Stadt München und das Land Bayern mit einem Verkehrskonzept diesen Herausforderungen begegnen können.

2 Wachstum im Münchner Norden

Bereits geplante Erweiterungen zum Beispiel bei BMW im Stadtteil Milbertshofen-Am Hart werden dem Münchner Norden 10.000 zusätzliche Arbeitsplätze bringen [10]. Dort und in den angrenzenden Stadtteilen gibt es zudem konkrete Planungen für neuen Wohnungsbau und umfangreiche Potenziale zur Nachverdichtung. Konkret geplant ist zum Beispiel das Kreativquartier am Leonrodplatz mit mindestens 900 Wohnungen [11]. Zudem wäre eine baldige Realisierung des Wohnquartiers auf dem Bundeswehrréal an der Dachauer Straße zur Entspannung der Wohnungssituation sinnvoll. Dieses Quartier war ursprünglich als Olympisches Dorf für die Winterspiele 2018 geplant [12]. Nach dem Siegerentwurf von 2011 könnten etwa 5.000 Menschen dort in attraktiver Stadtlage direkt am Olympiapark leben. Abbildung 1 zeigt die Bevölkerungsdichte des Jahres 2014 nach Stadtteilen und die überwiegend sternförmige Linienführung von U-Bahn, S-Bahn und Tram. Im Vergleich zum Münchner Zentrum ist die Bevölkerungsdichte im Münchner Norden relativ niedrig. Gründe sind unter anderem ineffizient genutzte Flächen wie ebenerdige Parkplätze und Lagerflächen.

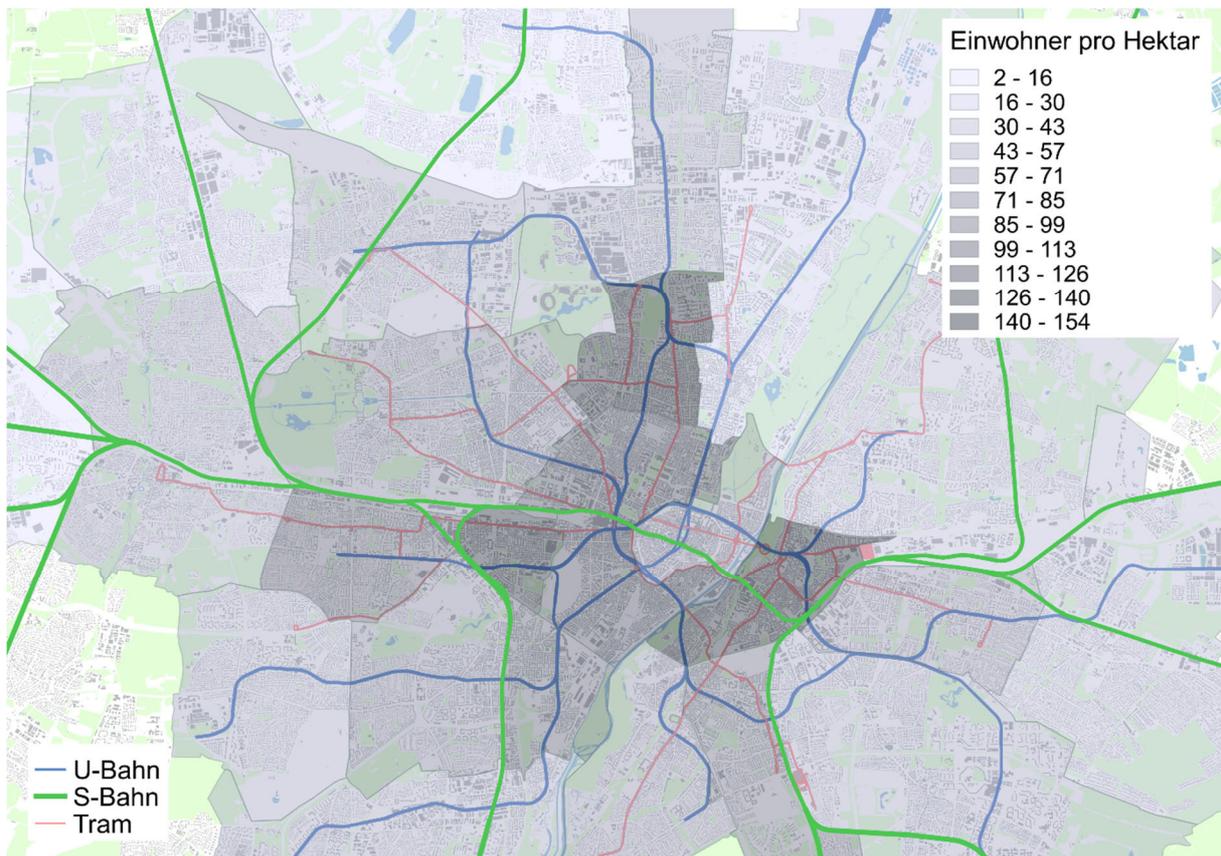


Abbildung 1: Bevölkerungsdichte der Stadtteile in 2014¹ und Netz des Schienennahverkehrs²

2.1 Verkehrsbelastung infolge des Wachstums

Die Schaffung neuer Arbeitsplätze, die Realisierung geplanter Wohnungsbauprojekte und eine generelle Nachverdichtung werden den innerstädtischen Verkehr weiter erhöhen. Das

¹ Bevölkerungsdichte, vgl. S. 8 in [28].

² Für diese Studie wurde Kartenmaterial aus OpenStreetMap verwendet, vgl. [32].

Fahrgastaufkommen wird an zentralen Umsteigepunkten wie Hauptbahnhof, Marienplatz und Sendlinger Tor weiter zunehmen. Die stark belastete Verkehrsinfrastruktur wird dadurch noch stärker beansprucht. Zudem wird auch der Pendlerverkehr in die Umgebung weiter zunehmen, da sich arbeitsplatznahes Wohnen nicht immer realisieren lässt. Überfüllte Züge zu den Hauptverkehrszeiten sind ein Zeichen mangelnder Kapazitäten bei den Bahnen, was eine weitere Verlagerung auf den öffentlichen Verkehr unattraktiv bis unmöglich macht. Da das Nahverkehrssystem nur wenige Redundanzen aufweist, führen Störungen bei U- und S-Bahn regelmäßig zu massiven Behinderungen. Zur Verbesserung der Verkehrssituation mit Fokus auf den Münchner Norden gibt es bereits eine Reihe Ideen, die nachfolgend kurz diskutiert werden.

2.2 Bisherige Verbesserungsvorschläge

Gegenstand eines Vorschlages ist die Erschließung des Münchner Nordens mit einer S-Bahn-Linie entlang der existierenden Gleise des Güterzugnordrings [13]. Die von Pasing kommende neue Linie nimmt zunächst den Verlauf der S1 bis kurz nach Moosach und schwenkt dort auf den Nordring ein. Am Nordring werden von dieser Linie einige neue Stationen angefahren, wobei teilweise Umsteigemöglichkeiten zu den U-Bahnen bestehen. Die Linie folgt ab Johanneskirchen dem Verlauf der S8 und ab Trudering dem Verlauf der S4 bzw. S6. Durch diese Linienführung entstehen nur wenige neue Verbindungen und Einzugsgebiete, so dass ein wirtschaftlicher Betrieb der neuen S-Bahn-Stationen unwahrscheinlich ist. Im Bereich der S1 soll diese Linie zudem auf bestehenden, stark ausgelasteten Gleisen verkehren. Für eine enge Taktung und einen stabilen Fahrplan wäre wahrscheinlich eine Erweiterung des Gleisbereiches nötig, was auf einige Raumwiderstände stößt.

Ein alternativer Vorschlag für eine Nordtangente ist eine von Olching kommende S-Bahn über den Nordring und weiter über Johanneskirchen und Trudering [14]. Dadurch entstehen im Nordwesten Münchens Verknüpfungspunkte mit der S2 nach Dachau und der S1 zum Flughafen. Die Erschließung des Münchner Nordens erfolgt auch nach diesem Konzept durch neue Stationen am Nordring. Dabei ist auch hier unwahrscheinlich, dass die Bedienung durch eine einzige Linie den Investitionsaufwand für neue S-Bahn-Stationen rechtfertigt.

Ein weiteres Konzept wurde unter dem Namen „Nordspange U26“ diskutiert [15]. Dieses sieht eine Verbindung der U-Bahn-Linien U2 und U6 zwischen den Stationen Am Hart und Kieferngarten vor. Auch durch dieses Konzept wird eine neue Nordtangente geschaffen, von der allerdings nur ein kleiner Teil der Stadt profitiert. Für den Pendelverkehr aus dem Umland bringt diese Maßnahme wenig Verbesserung.

Diese Verbesserungsvorschläge bringen nur für einzelne Äste Fahrzeitverkürzungen und neue Fahrgastpotenziale. Im Wesentlichen ergibt sich keine verbesserte Anbindung des Münchner Nordens an die Innenstadt und auch keine verbesserte Nord-Süd-Verbindung zur Entlastung der U-Bahn-Stationen im Innenstadtbereich. Zudem wird kein Weg für eine schnelle und leistungsfähige Anbindung von Niederbayern, Freising und vor allem des Münchner Flughafens aufgezeigt.

3 Ringbahn und Flughafenanbindung

In dieser Studie wird ein Konzept zur Verbesserung der Münchner Verkehrsinfrastruktur erläutert. Im Bereich der Landshuter Allee wird eine neue Nord-Süd-Verbindung für den Bahnverkehr errichtet. Dadurch entsteht ein Ringschluss, der analog zum Mittleren Ring weite Teile der Stadt miteinander verbindet. Der Ringschluss bildet gleichzeitig das Herzstück einer neuen Anbindung an den Flughafen. Durch diese Strecke verkürzt sich zudem die Fahrzeit in Richtung Freising und Niederbayern. Auf den folgenden Seiten sind die neuen Stationen und deren Einzugsbereiche beschrieben. Die Qualität der neuen Infrastruktur wird anhand von Fahrzeitberechnungen auf wichtigen Verbindungen gezeigt. Für eine quantitative Beurteilung wird die Leistungsfähigkeit der Ringbahn im Vergleich zum Mittleren Ring ermittelt. Bei den neuen Stationen nimmt der Bahnhof Olympiakreuz eine herausragende Stellung ein. Er dient als zentraler Umsteigepunkt im Münchner Norden und ist das Zentrum eines Viertels im Wandel zu nachhaltigen Mobilitätsformen.

3.1 Neue Stationen der Ringbahn

In Tabelle 1 sind alle Stationen mit ihren Umsteigemöglichkeiten im Uhrzeigersinn ab dem Bahnhof Olympiakreuz aufgelistet. Die geographische Lage der Ringlinie ist in Abbildung 2 dargestellt. Für ein hohes Fahrgastaufkommen und eine niedrige Fahrzeit sind die Stationen der Ringbahn so positioniert, dass sich an jeder Station Umsteigemöglichkeiten zu anderen Linien des Schienenverkehrs ergeben. Die zahlreichen Umsteigemöglichkeiten erschließen ein erhebliches Fahrgastpotenzial für die Ringbahn und entlasten so die Stationen im Münchner Zentrum. Die Entlastung des Zentrums erhöht die Angebotsqualität des öffentlichen Nahverkehrs, da Fahrgäste seltener mit überfüllten Zügen konfrontiert sind und im Störfall alternativ die Ringbahn nutzen können. Zudem profitieren viele Münchner vom direkten Einzugsbereich der Stationen, dargestellt als rote Kreisflächen in Abbildung 3. Der Einzugsbereich liegt bei etwa 800 Metern, was einer Gehzeit von rund 10 Minuten entspricht. Nötige Baumaßnahmen an den Stationen sind näher in Tabelle 7 im Anhang beschrieben.

Tabelle 1: Umsteigemöglichkeiten der Stationen auf der Ringlinie

Station der Ringbahn	Umsteigemöglichkeit zum Schienenverkehr
Olympiakreuz	Fernverkehr in Richtung Flughafen, Hauptbahnhof, Augsburg U3, Nahverkehr in Richtung Freising, Pasing, Hauptbahnhof, S-Bahn Mammendorf-Ebersberg
BMW Forschungszentrum	U2
Ingolstädter Straße	Tram 23 (nach Verlängerung um 700 Meter)
Aumeister	U6
Johanneskirchen	S8
Englschalking	S8
Daglfing	S8
Leuchtenberggring	S2, S4, S6, S8 und 2. Stammstrecke
München Ost	1. und 2. Stammstrecke, U5
Kolumbusplatz	U1, U2
Poccistraße	U3, U6
Heimeranplatz	U4, U5
Donnersbergerbrücke	1. Stammstrecke
Nymphenburg	U1, Tram 12 über 300 m Fußweg zum Rotkreuzplatz
Neuhausen	Tram 20, 21

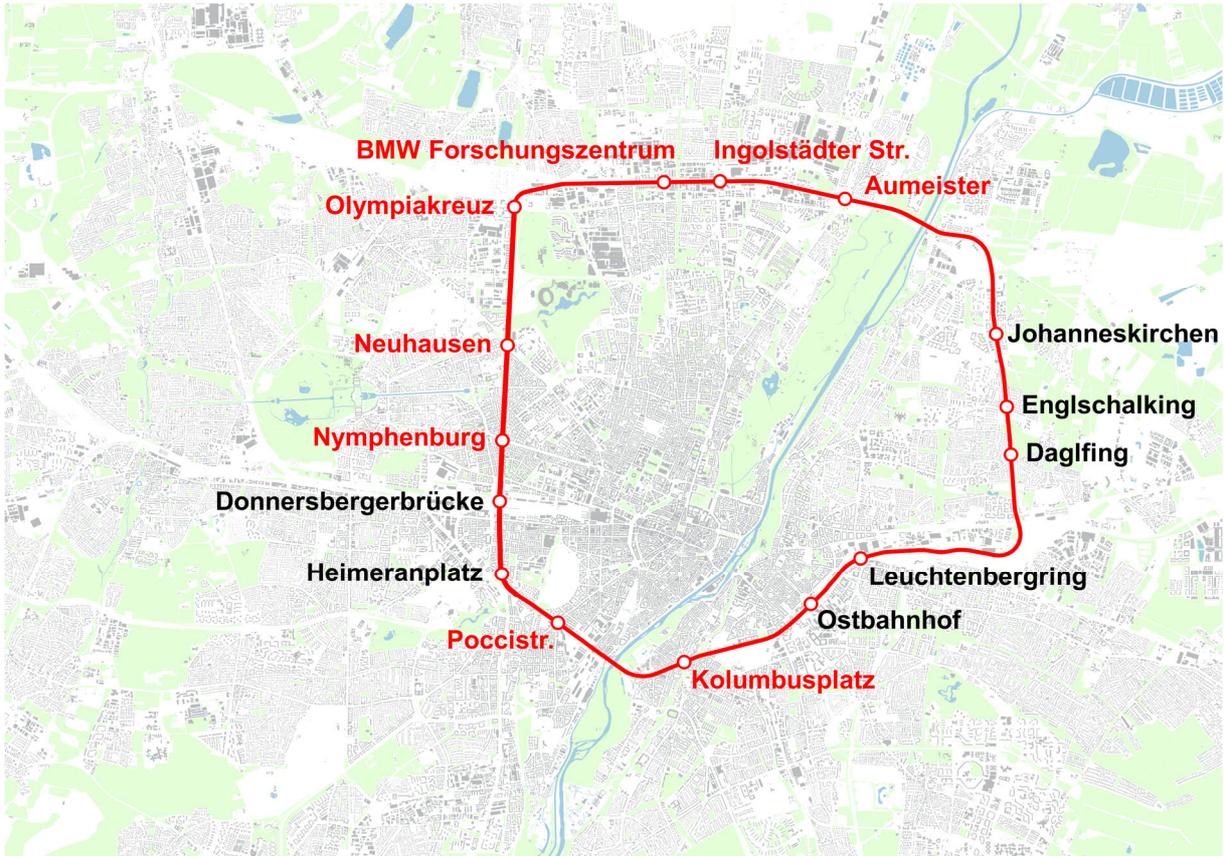


Abbildung 2: Ringbahn mit vorhandenen Stationen (schwarz) und neuen Stationen (rot)

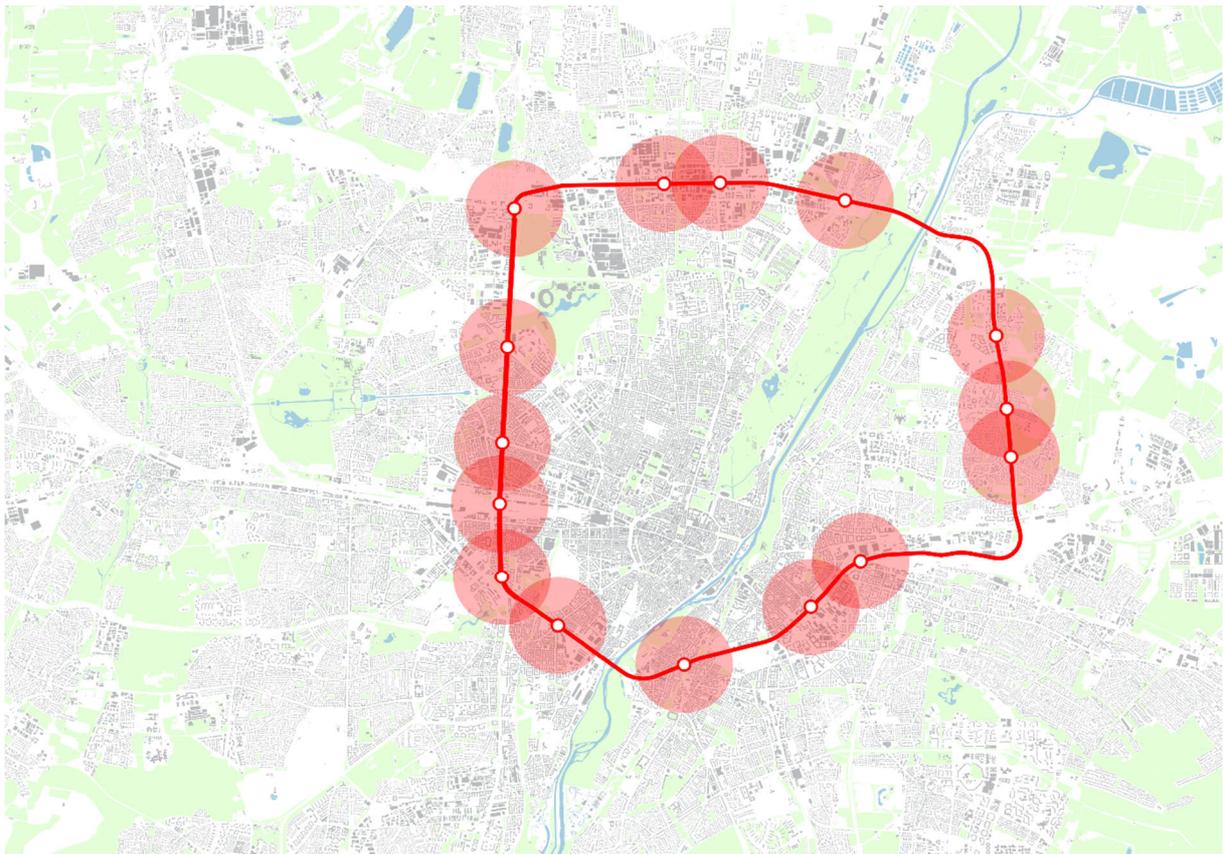


Abbildung 3: Fußläufiger Einzugsbereich (10 Minuten für 800 Meter) der Stationen

3.2 Infrastruktur für Ringbahn und Flughafenanbindung

Für die Ringbahn und die neue Flughafenanbindung ist ein Ringschluss der bestehenden Infrastruktur zwischen Heimeranplatz und dem Güterzugnordring erforderlich. Im Bereich der Donnersbergerbrücke erfolgt ein Anschluss an die Gleise in Richtung Pasing nach Westen und in Richtung Hauptbahnhof nach Osten. Am westlichen Rand des Olympiaparkes verlassen die Gleise den Ringschluss-tunnel und münden in den Bahnhof Olympiakreuz. Dort gabeln sich die Linien. Der östliche Ast führt auf die Ringbahn, die nördliche Trasse geht weiter in Richtung Flughafen und Freising. Die Lerchenau wird mit einem Tunnel unterquert, der westlich der Autobahn A92 endet. Die Trassierung der oberirdischen Schnellfahrstrecke Feldmoching-Flughafen ähnelt der Planung des bis zum Jahr 2008 verfolgten Transrapidprojektes [16]. Im Gegensatz zur Transrapidplanung, dessen Technologie mit dem konventionellen Bahnsystem nicht kompatibel ist, entfalten die Neubaustrecken eine vorteilhafte Wirkung auf das gesamte Bahnnetz der Region. Der Ringschluss-tunnel ist Herzstück der Flughafenanbindung und Teil der Ringlinie zugleich. Die Schnellfahrstrecke verbessert nicht nur die Flughafenanbindung, sondern auch alle Verbindungen in Richtung Freising und Niederbayern. Im Innenstadtbereich werden durch die weitgehend unterirdische Trassierung des Ringschlusses der Flächenverbrauch und die Lärmemissionen minimal gehalten. Die oberirdische Neubaustrecke erfolgt eng gebündelt mit der Autobahn A92 und führt so zu keiner weiteren Zerschneidung der Landschaft. Die Baukosten der gesamten Infrastruktur einschließlich aller Stationen liegen nach einer Kostenschätzung zwischen 2,4 und 3,6 Milliarden Euro. Die Kostenschätzung ist in den Tabellen 4 bis 8 im Anhang näher erläutert.

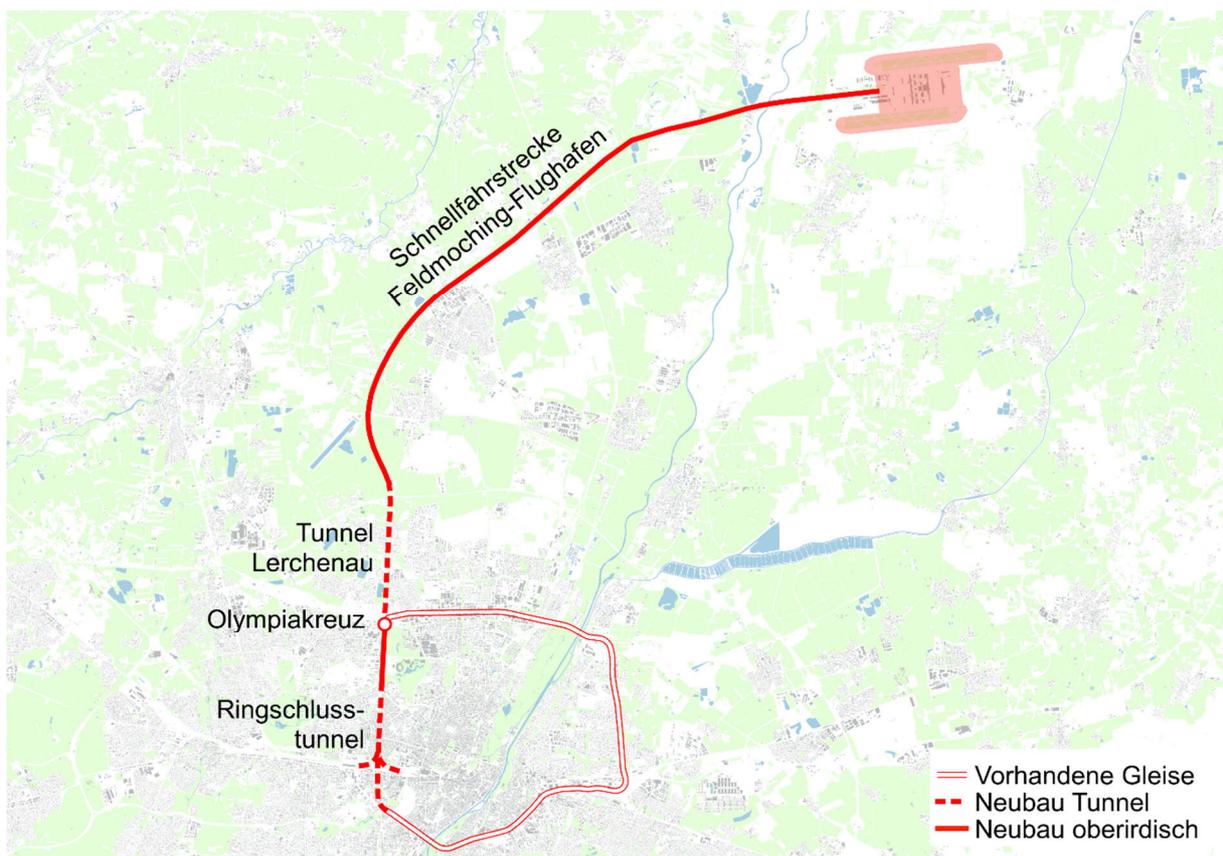


Abbildung 4: Infrastruktur für Ringbahn und Flughafenanbindung

3.3 Fahrzeiten der Ringbahn

Die Ringlinie bringt erhebliche Fahrzeitverkürzungen für zahlreiche Verbindungen. Insbesondere Tangentialverbindungen im Münchner Stadtgebiet werden massiv beschleunigt. Eine komplette Umrundung der Innenstadt auf der knapp 31 Kilometer langen Ringbahn dauert 37 Minuten. Dabei sind die Halte- und Beschleunigungszeiten der Züge berücksichtigt. Mit Halt an allen Stationen der Ringbahn ergibt sich eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 50 km/h. Die Verbesserungen zeigen sich deutlich an den Fahrzeiten ab den Stationen Olympiakreuz, BMW Forschungszentrum und Johanneskirchen. Details zur Berechnung und zu den Annahmen sind im Anhang dargestellt. Die Fahrzeiten umsteigefreier Verbindungen auf der Ringbahn sind in Rot dargestellt, die Fahrzeiten mit dem heutigen Nahverkehr in Blau. Die heutigen Fahrzeiten entsprechen den schnellsten Verbindungen des aktuellen Fahrplans.

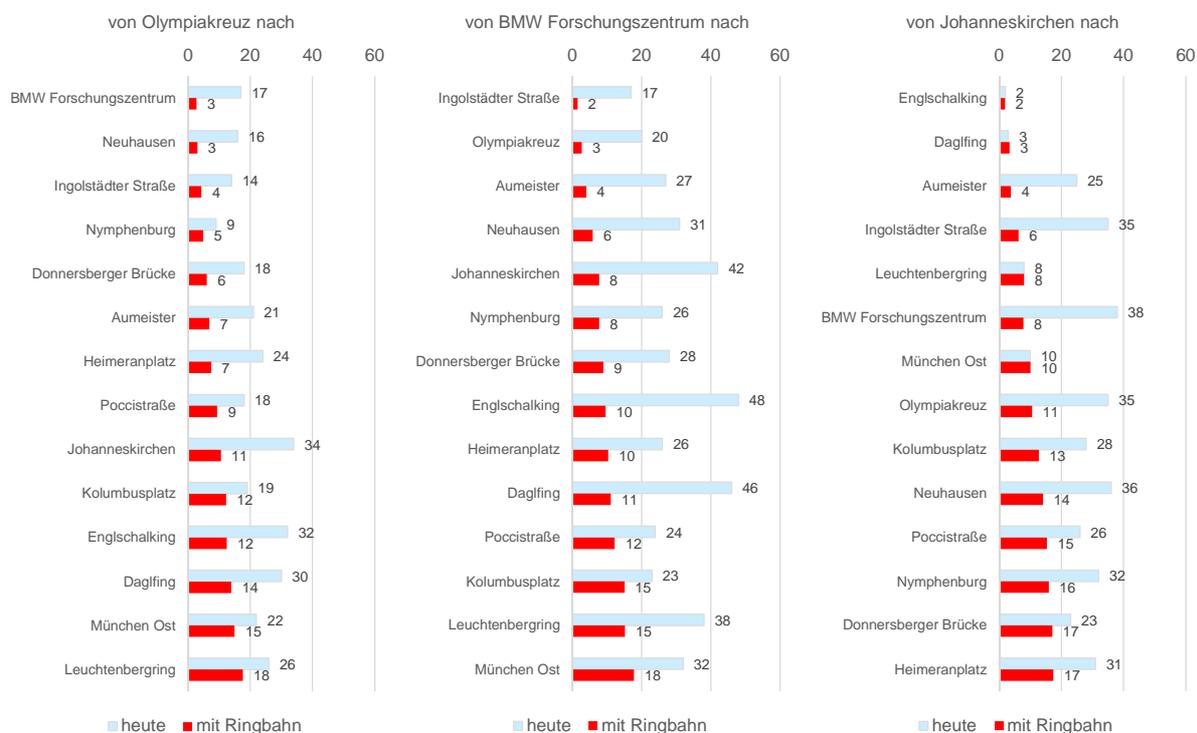


Abbildung 5: Fahrzeiten in Minuten auf der Ringlinie

Die Stationen Olympiakreuz, BMW Forschungszentrum, Aumeister, Nymphenburg und Neuhausen existieren heute noch nicht. Zur Ermittlung der heutigen Fahrzeiten von und zu diesen Stationen für den Vergleich in Abbildung 7 wurden jeweils die nächsten existierenden Stationen gewählt. Die korrespondierenden Stationen sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Stationswahl zur Bestimmung heutiger Fahrzeiten

neue Station	existierende Station in der Nähe zur Bestimmung heutiger Fahrzeiten
Olympiakreuz	Oberwiesenfeld (U3)
BMW Forschungszentrum	Knorrstraße (U2)
Aumeister	Freimann (U6)
Nymphenburg	Rotkreuzplatz (U1)
Neuhausen	Olympiapark West (Tram 20, 21)

3.4 Ringbahn im Vergleich zum Mittleren Ring

Wesentlich kürzere Fahrzeiten im Vergleich zum heutigen Nahverkehr werden zu einer Verkehrsverlagerung auf die Ringbahn führen. Dieser Abschnitt befasst sich mit der Frage, wie viele Personen die Ringbahn befördern kann. Für einen anschaulichen Vergleich wird die Leistungsfähigkeit der Ringbahn gegenüber dem Mittleren Ring berechnet. Die Ringbahn wird als S-Bahn-System mit einem Gleis pro Richtung ausgelegt. Der Mittlere Ring ist durchgehend für zwei Fahrspuren ausgebaut. Unter diesen Annahmen befördert der Mittlere Ring pro Stunde und Richtung zwischen 4.200 und 7.000 Personen, vgl. Abbildung 6. Bei einem 3-Minuten-Takt und einer Zugauslastung von 60 % kann die Ringbahn fast 17.000 Personen pro Stunde und Richtung transportieren. Für die gleiche Leistungsfähigkeit wäre ein Ausbau des Mittleren Rings auf 4 bis 5 Spuren pro Richtung nötig. Detaillierte Angaben zur Berechnung der Personenströme sind im Anhang dargestellt.

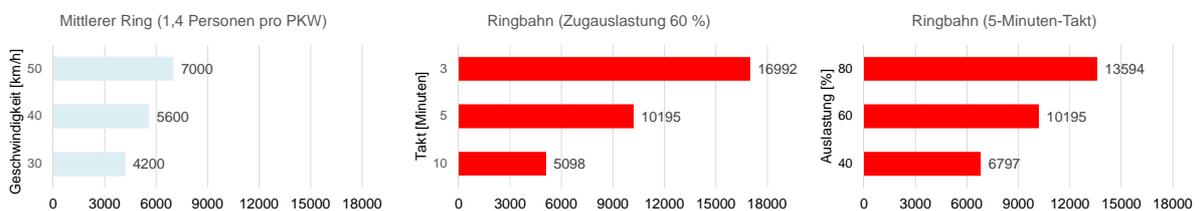


Abbildung 6: Personen pro Stunde und Richtung - Mittlerer Ring im Vergleich zur Ringbahn

Die Berechnungen zeigen, dass die Ringbahn leistungsfähiger ist als der Mittlere Ring und die Menschen schneller durch die Stadt bringt. Die Ringbahn vernetzt die Stadtteile und stärkt das Schienennetz in ähnlicher Weise wie der Mittlere Ring im Straßenverkehr, vgl. Abbildung 7.

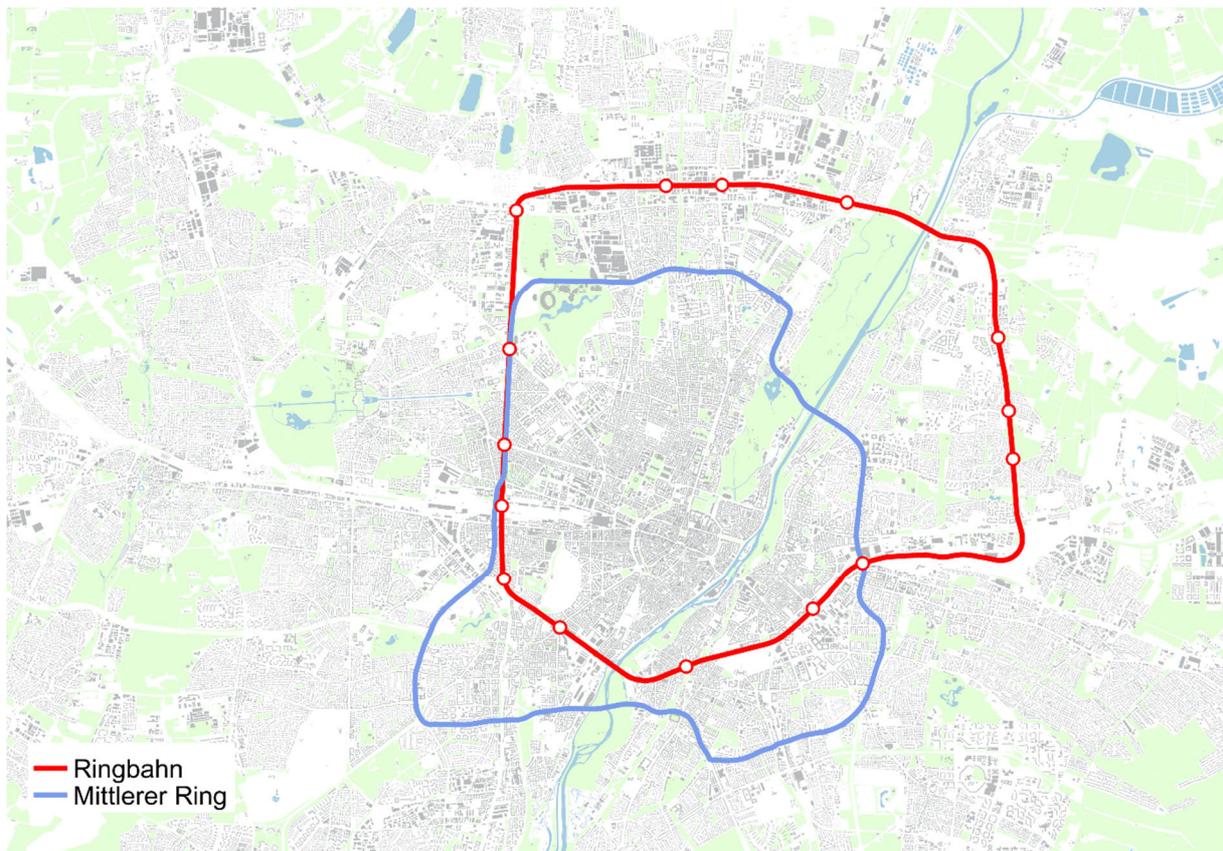


Abbildung 7: Lage der Ringbahn und des Mittleren Rings im Vergleich

3.5 Flughafenanbindung durch den Ringschluss

Der Ringschluss ist das zentrale Element einer wesentlich besseren Flughafenanbindung. Der Tunnel Lerchenau sowie die Schnellfahrstrecke Feldmoching-Flughafen setzen diese im Außenbereich fort. Besonders hervorzuheben sind nicht nur die deutlich kürzeren Fahrzeiten (vgl. Abbildung 8), sondern vor allem die neuen umsteigefreien Verbindungen in Richtung Augsburg und Salzburg. Fernzüge aus Augsburg fahren nach dem Halt in Pasing durch den Ringschlusstunnel weiter über Olympiakreuz und danach ohne Halt mit bis zu 230 km/h zum Flughafen. Ein Zug³ von Salzburg zum Flughafen durchfährt München auf der 2. Stammstrecke mit den Halten Ostbahnhof, Marienhof, Hauptbahnhof und Olympiakreuz.

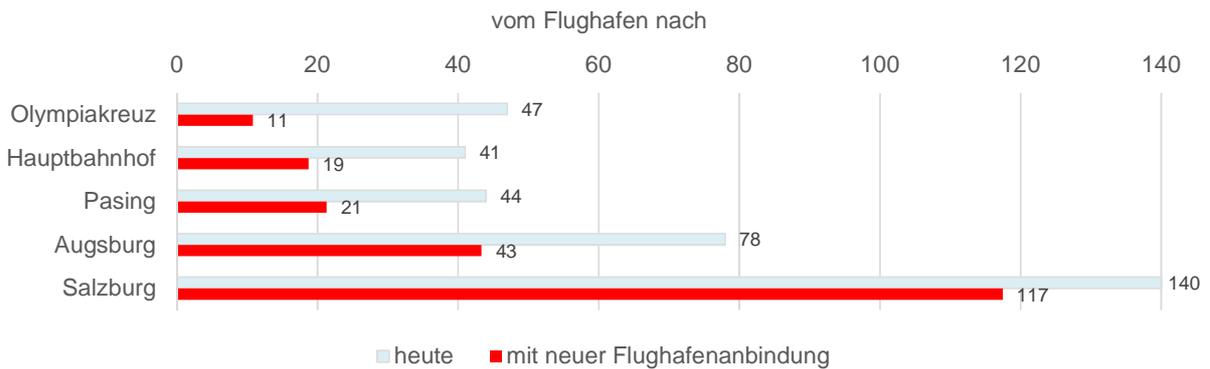


Abbildung 8: Fahrzeiten in Minuten ab dem Münchner Flughafen

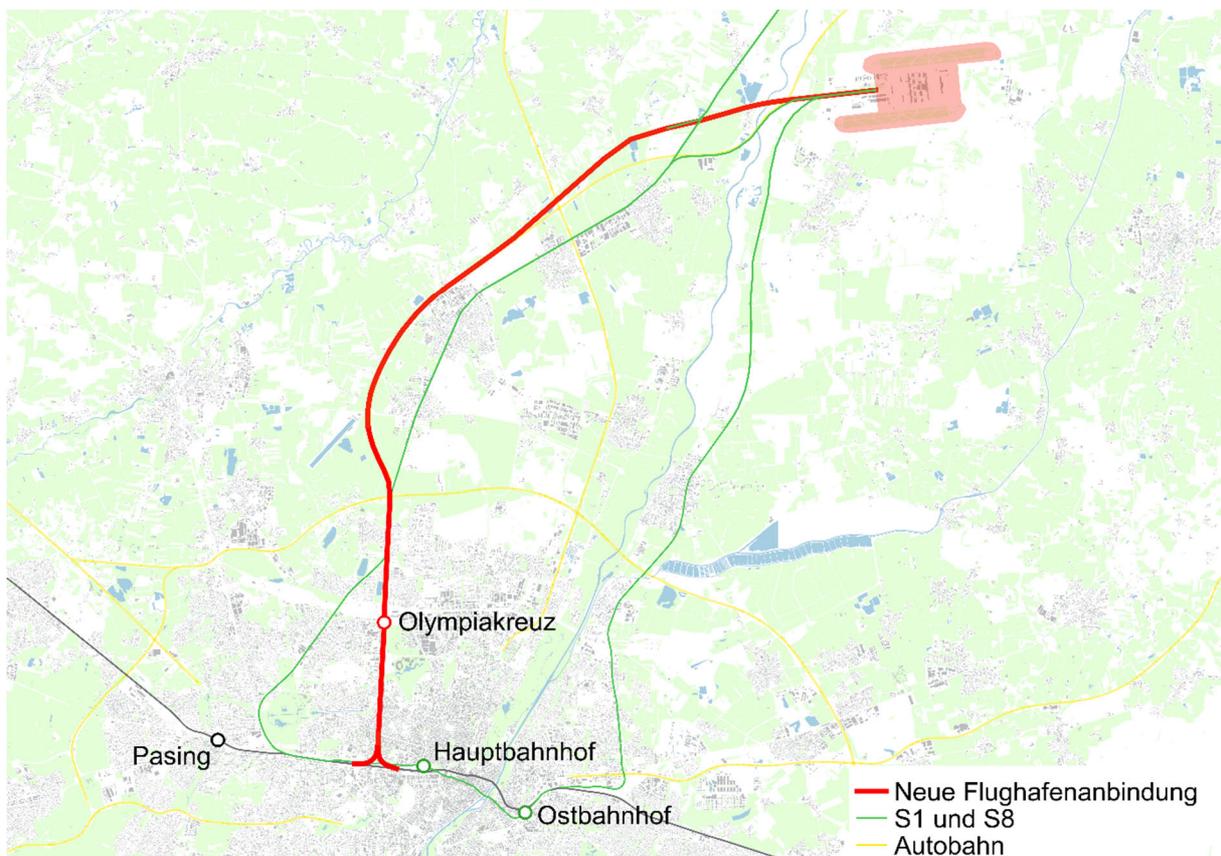


Abbildung 9: Neue und bestehende Flughafenverbindungen im Vergleich

³ z.B. ÖBB Railjet, Länge ca. 200 Meter, Maximalgeschwindigkeit 230 km/h

Besonders vorteilhaft an diesem Konzept ist die Überlagerung mehrerer Linien am Bahnhof Olympiakreuz vom und zum Flughafen. Dort entsteht schon ohne einen eigenen Flughafenexpress ein enger Takt durch Weiterführung der Fernverkehrslinien aus Augsburg und Salzburg. Der Bahnhof Olympiakreuz ist aus dem Münchner Norden schnell erreichbar und mit einer Fahrzeit von 11 Minuten zum Flughafen bestens an diesen angebunden. Die neue Infrastruktur bringt vor allem auch für die Anbindung des Münchner Nordens an Freising und Niederbayern wesentliche Vorteile. Auf diese wird im folgenden Abschnitt eingegangen.

3.6 Anbindung nach Freising und Niederbayern

Die neue Flughafenanbindung mündet südlich von Pulling bei Freising auf die bestehende Verbindung in Richtung Freising und Niederbayern. Durch die neue Trasse verkürzt sich dadurch die Fahrzeit insbesondere in den Münchner Norden. Die in Abbildung 10 dargestellten Fahrzeiten wurden für einen von Landshut kommenden Regionalzug⁴ berechnet. Von Landshut bis Freising ist die Fahrzeit dem aktuellen Fahrplan entnommen. Bis zum Beginn der Schnellfahrstrecke ist der Zug mit maximal 80 km/h unterwegs, auf der Schnellfahrstrecke mit maximal 180 km/h und im Innenstadtbereich wieder mit maximal 80 km/h. Nach Halt am Bahnhof Olympiakreuz durchfährt der Zug die Münchner Innenstadt über den Ringschlusstunnel und die 2. Stammstrecke mit Halt am Hauptbahnhof, Marienhof und Ostbahnhof.

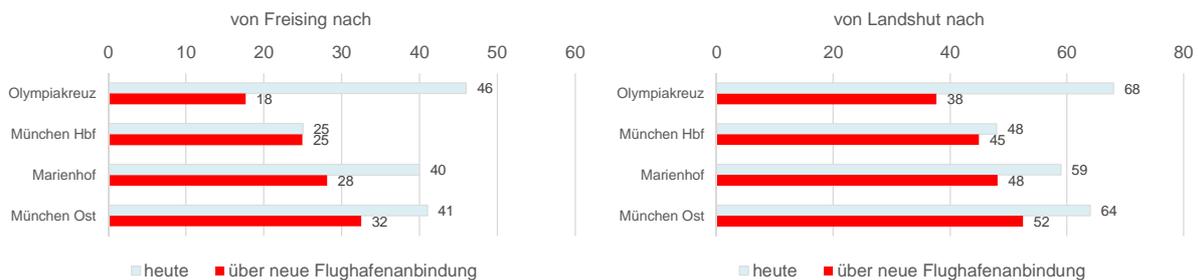


Abbildung 10: Fahrzeiten in Minuten ab Freising und Landshut

Der Münchner Norden ist damit wesentlich besser als heute an Freising und Landshut angebunden. Trotz des zusätzlichen Halts am Olympiakreuz wird auch die Münchner Innenstadt schneller und ohne Umstieg erreicht. Landshut und viele weitere Orte in Niederbayern rücken so in eine attraktive Pendelentfernung von und nach München. Die Infrastruktur verbessert so nicht nur die Verkehrssituation in und um München, sie bringt auch Wohnungen und Arbeitsplätze in München und Niederbayern zusammen.

Die Schnellfahrstrecke bietet einerseits die Möglichkeit den Takt der Regionalzüge von München in Richtung Niederbayern zu verdichten, andererseits kann die aktuelle Strecke von Freising nach München entlastet werden. Dadurch wäre zum einen eine höhere Taktung der S1 möglich und zum anderen bei Störung oder Baustelle auf einer Strecke immer eine zweite Strecke als Alternative vorhanden.

⁴ Technische Daten, vgl. München-Nürnberg-Express, DB-Baureihe 102 [29]

4 Bahnhof Olympiakreuz

Durch den Ringschluss und die neue Flughafenanbindung entsteht im Nordwesten des Olympiageländes ein Kreuzungspunkt mehrerer Linien. Derzeit befindet sich dieses Gebiet in einer Randlage Münchens. Mit der neuen Infrastruktur entsteht dort der neue Bahnhof Olympiakreuz als neue Verkehrsdrehscheibe. Vom Olympiakreuz ist der Münchner Flughafen in 11 Minuten zu erreichen, der Hauptbahnhof in 8 Minuten, Pasing in 10 Minuten und Augsburg in nur 32 Minuten. Da die neue Flughafenanbindung auch von Zügen in Richtung Niederbayern genutzt wird, verkürzen sich die Fahrzeiten entsprechend. Vom Olympiakreuz nach Freising und Landshut sind es nur 18 bzw. 38 Minuten. Das Münchner Stadtgebiet ist vom Olympiakreuz umsteigefrei über die Ringbahn und die U3 angebunden. Mit dem Auto ist die Erreichbarkeit über die Moosacher Straße, die Triebstraße und die Landshuter Allee gegeben. Der in eine sanfte Erhebung integrierte Bahnhof ist optimal in das Radwegenetz des nördlichen Olympiaparks eingebunden [17]. So sind die Hauptstandorte von BMW, Knorr-Bremse, Stadtwerke München sowie das Hochhaus Uptown München und das Olympia-Einkaufszentrum vom neuen Bahnhof in weniger als 10 Minuten mit dem Fahrrad erreichbar. In dieser Zeit per Rad erreichbare Orte liegen in einem Radius von etwa 2 Kilometer um den Bahnhof. Der Fahrradeinzugsbereich ist in Abbildung 11 als rote Kreisfläche dargestellt.

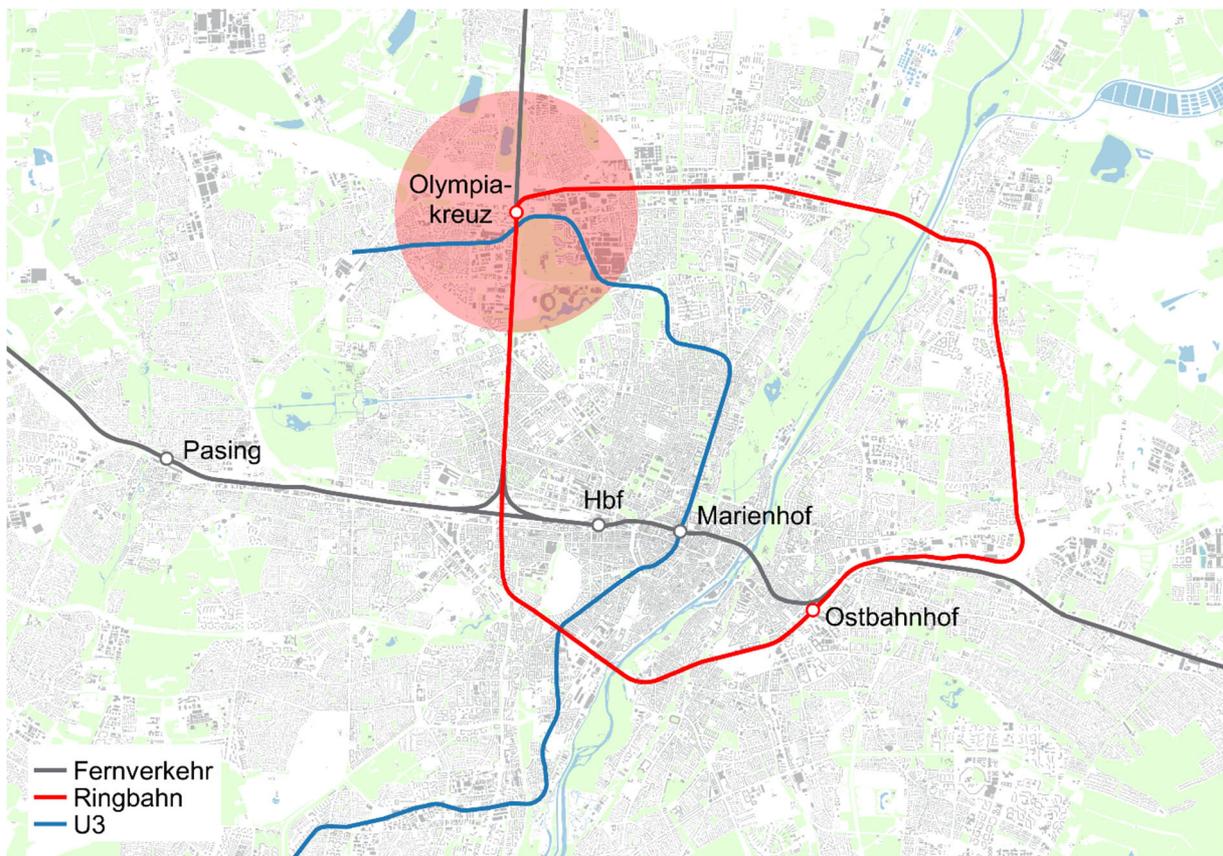


Abbildung 11: Umsteigefreie Verbindungen ab Bahnhof Olympiakreuz

Die Konzeptskizze in Abbildung 12 zeigt eine Idee für den Bahnhof Olympiakreuz. Über dem Gleisbereich befindet sich ein Gebäude wie am Fernbahnhof des Frankfurter Flughafens realisiert [18]. Mit einer Breite von bis zu 60 Metern und einer Länge von über 500 Metern

entstehen auf 8 Etagen über 100.000 m² für Wohnungen und gewerbliche Nutzung. Durch Verkauf und Vermietung der Flächen lässt sich das Bahnhofsgebäude weitgehend finanzieren. Im Bahnhof lebende und arbeitende Menschen werden den Großteil ihrer alltäglichen Wege ohne eigenes Auto erledigen können, da wichtige Orte in konkurrenzlos kurzer Zeit über die Schiene, mit dem Fahrrad oder zu Fuß erreichbar sind. Eine Flotte autonomer Fahrzeuge im Carsharing stellt die Individualmobilität sicher, wobei für diese im Vergleich zur Nutzung von Privatfahrzeugen wesentlich weniger Parkplätze nötig sind. Zur Vermeidung von Flächenverbrauch befinden sich die nötigen Parkplätze unter der Anhebung. Damit besonders viele Menschen diese Verkehrsdrehscheibe für sich nutzen können, ist eine deutliche Nachverdichtung in der Umgebung anzustreben. Insbesondere entlang der Triebstraße bieten sich Potenziale für höhere Gebäude und eine effizientere Flächennutzung.

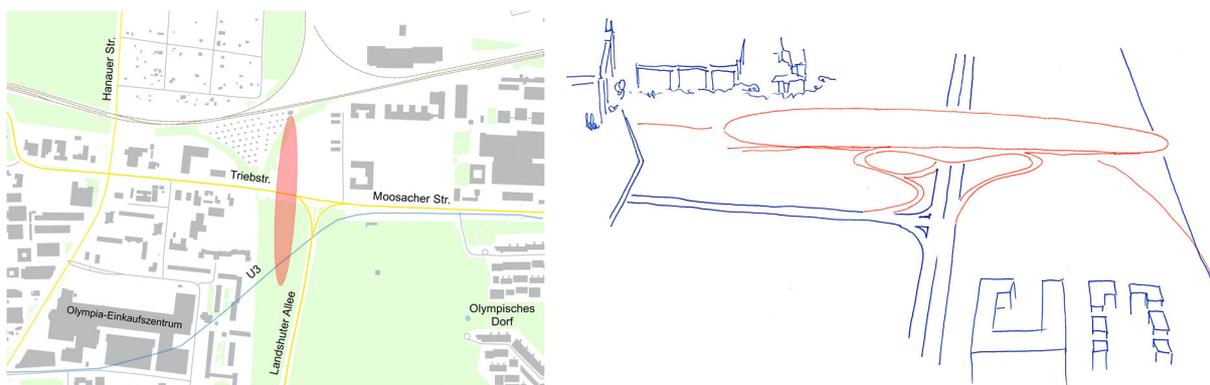


Abbildung 12: Lage und Konzeptskizze Bahnhof Olympiakreuz (rot)

Der Bahnhof Olympiakreuz wird realisiert als eine architektonische Landmarke mit Anknüpfung an die Historie des Oberwiesenfeldes. Die Gleishalle des Bahnhofes Olympiakreuz befindet sich unter einem begrünten Hügel, der die anfängliche Nutzung des Oberwiesenfeldes als Weide für Tiere von Bauern der angrenzenden Dörfer Neuhausen und Feldmoching symbolisiert. Ab dem 18. Jahrhundert wurde das Oberwiesenfeld militärisch genutzt und war Anfang des 20. Jahrhunderts der erste Flugplatz Münchens. In dieser Funktion diente das Oberwiesenfeld auch als Hafen für Luftschiffe. In Anlehnung daran ähnelt die Silhouette des Bahnhofsgebäudes der eines Zeppelins. Nicht zuletzt erinnert der Name Olympiakreuz an die olympischen Sommerspiele in München des Jahres 1972. Seitdem ist das Areal mehr als Olympiagelände bekannt denn als Oberwiesenfeld. Der Zeppelin bildet den Anfang der neuen Verbindung zwischen dem neuesten Flughafen Münchens mit dem Ältesten. Das architektonische Ensemble gibt ein Selbstverständnis Münchens als Landeshauptstadt Bayerns wieder: Bewusstsein für Geschichte und Tradition in einer lebendigen Gegenwart und Offenheit für die Zukunft. Eine öffentlich zugängliche Dachterrasse des Zeppelins unterstreicht den offenen Charakter des neuen Regional- und Fernbahnhofes im Münchner Norden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Ringbahn ist Kern eines Mobilitätskonzeptes für den Münchner Norden, für München und die Umgebung. Durch die tangentielle Vernetzung der Innenstadt wird der Nahverkehr nicht nur entlang der neuen Ringlinie gestärkt, sondern auch das Zentrum entlastet. Das Paket aus Fahrzeitverkürzungen und hohen Kapazitäten führt zu einer Verlagerung von der Straße auf die Schiene und kann auch im Wettbewerb mit dem Individualverkehr bestehen. Infolge der Verkehrsverlagerung werden Staus vermieden und weniger Parkplätze benötigt. Der Ringschluss zur Ringbahn bildet das Herzstück der neuen Flughafenanbindung. Erstmals erhält der Flughafen so einen Anschluss an den Fernverkehr. Durch die Flughafenanbindung entstehen deutliche Fahrzeitverkürzungen. Der Flughafen ist zukünftig vom Olympiakreuz in 11 Minuten und vom Hauptbahnhof in 19 Minuten erreichbar. Über eine umsteigefreie Verbindung verkürzt sich die Fahrzeit von Augsburg zum Flughafen auf 43 Minuten. Die neue Schnellstrecke bringt Freising und Niederbayern näher an München. Mit 18 Minuten nach Freising und 38 Minuten nach Landshut reichen bequeme Pendeldistanzen bis nach Niederbayern. Der Münchner Norden bekommt mit dem Bahnhof Olympiakreuz eine Verkehrsdrehscheibe für den Schienen-, Straßen- und Radverkehr und die Entwicklungsperspektive für ein neues Viertel der kurzen Wege.

In dieser Studie wurden für einzelne Verbindungen die Fahrzeiten berechnet. Für eine umfassende Bewertung der Qualität der neuen Infrastruktur sind Erreichbarkeitskarten eine sehr geeignete und übersichtliche Darstellung [19]. Auf Basis der Entwicklung von Fahrplankonzepten kann eine konkretere Auslegung der Infrastruktur erfolgen. Nicht zuletzt gibt erst ein architektonischer, städtebaulicher und landschaftsplanerischer Ideenwettbewerb dem neuen Viertel mit dem Bahnhof Olympiakreuz ein Gesicht.

Zu den Autoren:

Dennis Atabay und Simon Herzog sind wissenschaftliche Mitarbeiter an der Technischen Universität München. Zu ihren Lehr- und Forschungsthemen an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik zählen Nachhaltige Mobilität, Energieeffizienz und Speichertechnik. Dennis Atabay studierte Elektrotechnik an der Technischen Universität München, Simon Herzog Wirtschaftsingenieurwesen/Maschinenbau an der RWTH Aachen. Die Studie steht nicht im Zusammenhang mit einem Forschungsprojekt der Technischen Universität München und wurde von den Autoren auf freiberuflicher Basis erstellt.

Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] International Energy Agency, „Energy and Climate Change - World Energy Outlook Special Report,“ OECD/IEA, Paris, 2015.
- [2] Referat für Stadtplanung und Bauordnung der Landeshauptstadt München, „Demografiebericht 2013-2030 - Teil 1,“ München, 2015.
- [3] N. Job, „Mittlerer Ring: Staustrecke Nr. 1 in Deutschland,“ *Abendzeitung München*, 16. März 2016.
- [4] Flughafen München GmbH, „Facts and Figures - Munich Airport in brief,“ München Flughafen, 2014.
- [5] Verband der Automobilindustrie, „Automatisierung - Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren,“ VDA, Berlin, 2015.
- [6] B. Lenz und E. Fraedrich, „Neue Mobilitätskonzepte und autonomes Fahren: Potenziale der Veränderung,“ Springer, Berlin, 2015.
- [7] J. Greenblatt und S. Saxena, „Autonomous taxis could greatly reduce greenhouse-gas emissions of US light-duty vehicles,“ *nature climate change*, Berkeley, 2015.
- [8] J. Greenblatt und S. Shaheen, „Automated Vehicles, On-Demand Mobility, and Environmental Impacts,“ *Curr Sustainable Renewable Energy Report*, pp. 74-81, Juli 2015.
- [9] D. A. Sokolov, „Forscher: Selbstfahrende Autos bringen Verkehrslawine,“ *heise*, 14. Januar 2016.
- [10] S. Mühleisen, „BMW baut Standort München aus,“ *Süddeutsche Zeitung*, 1. März 2015.
- [11] Referat für Stadtplanung und Bauordnung der Landeshauptstadt München, „Stadt kreativ denken – das Kreativquartier an der Dachauer Straße,“ München, 2012.
- [12] D. Parker, „Türme im Park - Olympisches Dorf und Mediendorf der Winterspiele 2018 in München,“ *Bauwelt*, Nr. 4, 2011.
- [13] V. Großmann, „BMW hilft beim S-Bahn-Nordring,“ *Süddeutsche Zeitung*, 21. April 2016.
- [14] M. Mühlfenzl und W. Eitler, „Gegen den Verkehrskollaps,“ *Süddeutsche Zeitung*, 7. Oktober 2015.
- [15] AZ, „U-Bahn Linie 26: Kommt sie doch?,“ *Abendzeitung München*, 8. Oktober 2014.
- [16] FAZ, „Münchner Transrapid-Strecke wird nicht gebaut,“ *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 27. März 2008.
- [17] Referat für Stadtplanung und Bauordnung der Landeshauptstadt München, „Perspektiven für den Olympiapark München - Rahmenplanung,“ München, 2011.
- [18] Frankfurt Flughafen Fernbahnhof, „THE SQUAIRE,“ 2016. [Online]. Available: www.thesquare.com/de/the_square/das_projekt.html. [Zugriff am 11. Mai 2016].
- [19] T. Glander, M. Kramer und J. Döllner, „Erreichbarkeitskarten zur Visualisierung der Mobilitätsqualität im ÖPNV,“ Hasso-Plattner-Institut, Potsdam, 2010.
- [20] J.-D. Franke, „City-Tunnel wird billiger,“ *Freie Presse*, 7. Mai 2014.

- [21] Hamburger Abendblatt, „Auch die U4 wird teurer als geplant,“ 16. Oktober 2009.
- [22] DB ProjektBau GmbH, Ausbaustrecke Augsburg-München - Bauen bei der Deutschen Bahn, Hamburg: Eurailpress, 2011.
- [23] Deutscher Bundestag, „Verkehrsinvestitionsbericht für das Berichtsjahr 2012,“ Berlin, 2014.
- [24] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, „Sachstandsbericht Verkehrsprojekte Deutsche Einheit,“ Berlin, 2014.
- [25] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), „Tiefensee: Finnetunnel ist ein Schlüsselprojekt für die Hochgeschwindigkeitsstrecke Erfurt-Halle/Leipzig,“ *pressrelations presseportal*, 30. April 2008.
- [26] Deutsche Bahn AG, „Tunnelanschlag für 2,1 Kilometer langen Osterbergtunnel der Neubaustrecke Erfurt–Leipzig/Halle im Saalekreis,“ *pressrelations*, 18. Februar 2009.
- [27] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, „VDE 8.2: Doppelter Durchschlag Finnetunnel und Bibratunnel in Sachsen-Anhalt,“ 3. März 2010.
- [28] Statistisches Amt der Landeshauptstadt München, „Statistisches Taschenbuch,“ 2015.
- [29] SKODA Transportation/DB Regio AG, „Moderne Wendezüge,“ Pilsen/Frankfurt, 2014.
- [30] Deutsche Bahn AG, „Technische Daten zum ICE 4,“ Berlin, 2016.
- [31] Siemens Mobility, „Der ICE 4 - die neue DB Plattform,“ München, 2016.
- [32] OpenStreetMap contributors, „OpenStreetMap database,“ www.openstreetmap.org, 2016.

Anhang

Dieser Anhang stellt die Rechenwege und Annahmen zur Ermittlung der numerischen Ergebnisse der Studie dar.

Berechnung der Fahrzeiten

Die Bruttofahrzeit t_F setzt sich zusammen aus der Haltezeit t_H für Ein- und Austeigen, der Beschleunigungszeit t_B und Fahrzeit bei maximaler Geschwindigkeit v_{\max} .

$$t_F = t_H + 2 \cdot t_B + \frac{s_{St} - 2 \cdot s_B}{v_{\max}} \quad (1)$$

Untenstehende Abbildung zeigt die Berechnung der Fahrzeiten schematisch.

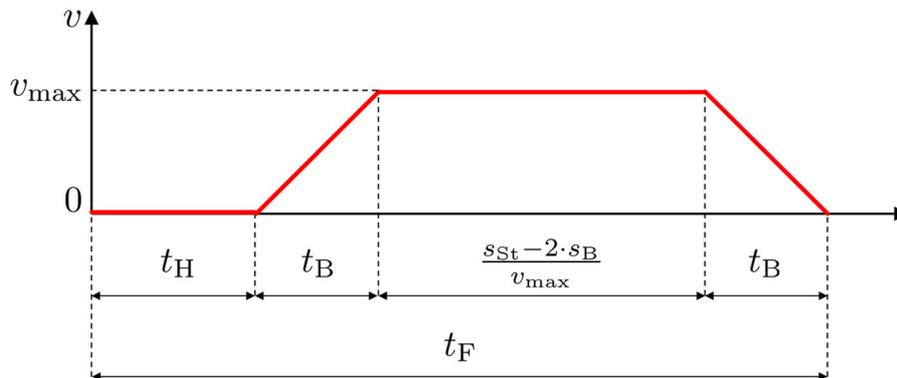


Abbildung 13: Fahrzeit im Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm

Für Haltezeiten t_H , Beschleunigung a und maximale Geschwindigkeit v_{\max} gelten je nach Zuggattung unterschiedliche Werte.

Tabelle 3: Daten der Zuggattungen

Zuggattung	Haltezeit t_H	Beschleunigung a	Maximale Geschwindigkeit v_{\max}
S-Bahn ⁵	30 s	1,00 m/s ²	80 km/h
Regionalzug ⁶	90 s	0,60 m/s ²	180 km/h
Fernzug ⁷	120 s	0,52 m/s ²	230 km/h

Die Beschleunigungszeit t_B bis zum Erreichen der Maximalgeschwindigkeit v_{\max} in Abhängigkeit der Beschleunigung a des Fahrzeuges berechnet sich aus:

$$t_B = \frac{\Delta v}{a} = \frac{v_{\max} - v_0}{a} \quad (2)$$

Die Beschleunigungsstrecke s_B eines Zuges ergibt sich aus:

$$s_B = \frac{a}{2} \cdot t_B^2 + v_0 \cdot t_B \quad (3)$$

Die Strecke zwischen zwei Stationen ist s_{St} . Die Streckenlängen wurden in der amtlichen Karte des bayerischen Landesvermessungsamtes abgemessen und stets auf volle 100 Meter aufgerundet. Dadurch sind die tatsächlichen Strecken etwas kürzer. Bahnsteiglängen sind nicht berücksichtigt. Die Fahrzeiten wurden nur für umsteigefreie Verbindungen berechnet.

⁵ vgl. S-Bahn Stuttgart bzw. Frankfurt, DB-Baureihe 430

⁶ vgl. München-Nürnberg-Express, DB-Baureihe 102 [29]

⁷ vgl. ICE4, DB-Baureihe 412 [30, 31]

Start- und Zielpunkte sind jeweils die Stationen. Gehzeiten für Fußwege von oder zu den Stationen sind folglich nicht berücksichtigt. Die heutigen Fahrzeiten entsprechen den schnellsten Verbindungen des aktuellen Fahrplans.⁸

Berechnung des Personenstroms für die Straße

Der Personenstrom p_A für die Straße ergibt sich aus der Anzahl der Autos n_A pro Stunde und der mittleren Belegung der b_A Fahrzeuge.

$$p_A = n_A \cdot b_A \quad (4)$$

Die Anzahl n_A der Autos pro Stunde ergibt sich aus dem Takt T_A und der Anzahl der Fahrspuren n_F .

$$n_A = \frac{3600 \text{ s/h}}{T_A} \cdot n_F \quad (5)$$

Der Takt T_A ist die Zeit zwischen zwei Fahrzeugen auf einer Fahrspur. Dieser ergibt sich aus Länge l_A eines Autos und dem Abstand d zum nächsten. Die angenommene Fahrzeuglänge ist 5 Meter und der Fahrzeugabstand 15 Meter. Die Durchschnittsgeschwindigkeit ist \bar{v} .

$$T_A = \frac{l_A + d}{\bar{v}} \quad (6)$$

Insgesamt ergibt sich demnach für den Personenstrom auf der Straße in Abhängigkeit der Fahrzeuglänge, dem Abstand zwischen zwei Fahrzeugen, der Durchschnittsgeschwindigkeit und der Belegung je Fahrzeug:

$$p_A = \frac{3600 \text{ s/h}}{l_A + d} \cdot \bar{v} \cdot n_F \cdot b_A \quad (7)$$

Berechnung des Personenstroms für die Schiene

Der Personenstrom p_Z auf der Schiene ergibt sich aus der Anzahl der Züge n_Z pro Stunde und deren mittleren Belegung b_Z .

$$p_Z = n_Z \cdot b_Z \quad (8)$$

Die Zuganzahl wird vom Takt T_Z der Züge bestimmt. Der Takt T_Z ist der zeitliche Abstand der Züge in Minuten.

$$n_Z = \frac{60 \text{ min/h}}{T_Z} \quad (9)$$

Die Belegung b_Z wird als absoluter Anteil der maximalen Belegung b_{\max} angegeben. Die prozentuale Belegung ist i_Z .

$$b_Z = i_Z \cdot b_{\max} \leftrightarrow i_Z = \frac{b_Z}{b_{\max}} \quad (10)$$

Insgesamt ergibt sich für den Personenstrom auf der Schiene in Abhängigkeit von Takt, prozentualer und maximaler Belegung:

$$p_Z = \frac{60 \text{ min/h}}{T_Z} \cdot i_Z \cdot b_{\max} \quad (11)$$

Berechnungsgrundlage für die Personenströme der Ringbahn sind die Daten moderner S-Bahn-Züge⁹. Diese haben bei ca. 200 Metern Länge 528 Sitzplätze sowie 888 Stehplätze.

⁸ vgl. Fahrplanauskunft der Deutschen Bahn, Juni 2016, www.bahn.de

⁹ vgl. S-Bahn Stuttgart bzw. Frankfurt, DB-Baureihe 430

Abschätzung der Baukosten

Für die Abschätzung einer Größenordnung der Baukosten wird ein Top-Down-Ansatz angewendet. Die Ableitung spezifischer Kosten erfolgt aus Infrastrukturprojekten in Deutschland, die in den letzten Jahren realisiert wurden oder in Kürze fertiggestellt werden.

Tabelle 4: Kosten realisierter Infrastrukturprojekte

Projekt	Eröffnung	Merkmale	Länge Tunnel	Länge gesamt	Kosten Mio. €	Kosten Mio. €/km
Citytunnel Leipzig	2013	2 Gleise, 4 Stationen	3,6 km	3,6 km	935 [20]	259,7
Verlängerung U4 bis HafenCity Universität, Hamburg	2012	2 Gleise, 3 Station	3,7 km	3,7 km	324 [21]	87,6
Viergleisiger Ausbau München-Augsburg	2011	4 Gleise	-	61 km	750 [22]	12,3
Schnellfahrstrecke Nürnberg-München	2006	2-4 Gleise	27 km	161 km, neu 83 km	3.676 [23]	22,8
Schnellfahrstrecke Nürnberg-Erfurt	2017	2-4 Gleise	42 km	190 km, neu 107 km	5.281 [23]	27,8
Schnellfahrstrecke Erfurt-Halle/Leipzig	2015	2 Gleise	15,4 km	122 km, neu 114 km	2.967 [23]	24,3
Schnellfahrstrecke Halle/Leipzig-Berlin	2006	2 Gleise, Ausbau	-	155 km	1.666 [24]	10,7
Finnetunnel, Schnellfahrstrecke Erfurt-Halle/Leipzig	2015	2 Gleise, 2 Röhren	6,97 km	6,97 km	249 [25]	35,7
Osterbergtunnel, Schnellfahrstrecke Erfurt-Halle/Leipzig	2015	2 Gleise, 2 Röhren	2,08 km	2,08 km	120 [26]	57,7
Bibratunnel, Schnellfahrstrecke Erfurt-Halle/Leipzig	2015	2 Gleise, 2 Röhren	6,47 km	6,47 km	230 [27]	35,5

Aus diesen Zahlen werden typische Infrastrukturkosten für Tunnel, Ausbaustrecken, Neubaustrecken ohne Tunnel und Stationen abgeleitet. Alle Werte sind für zweigleisige Strecken angegeben. Es wurde vernachlässigt, dass manche der realen Strecken teilweise vier Gleise haben. Für die Berechnung der Kosten von Stationen wurden nur Projekte mit unterirdischen Stationen herangezogen. Oberirdische Stationen sind meist deutlich günstiger. Durch dieses Vorgehen werden die Kosten etwas überschätzt. Demgegenüber wurde bei der Kostenbetrachtung nicht berücksichtigt, dass die Stationen Nymphenburg und Neuhausen an der Ringlinie wahrscheinlich mit vier Gleisen ausgeführt werden müssen. Neben zwei Bahnsteiggleisen für die S-Bahn sind zwei weitere Gleise für Durchfahrten des Fern- und Regionalverkehrs von Pasing bzw. Hauptbahnhof zum Olympiakreuz nötig.

Tabelle 5: Ableitung typischer Kosten der Infrastruktur

		Minimum	Mittelwert	Maximum
Tunnel	Mio. €/km	35,5	42,97	57,7
Ausbaustrecke	Mio. €/km	10,7	11,5	12,3
Neubaustrecke ohne Tunnel	Mio. €/km	20,1	28,5	44,7
Station	-	36,9	121,2	201,8

Tabelle 6: Kostenschätzung für Ausbau und Neubau der Strecken

	Länge	Minimum	Maximum	Gesamt Minimum	Gesamt Maximum
	km	Mio. €/km	Mio. €/km	Mio. €	Mio. €
Ringschlusstunnel	6,3	35,5	57,7	223,65	363,51
Tunnel Lerchenau	5,0	35,5	57,7	177,50	288,50
Ausbau Ringbahn	24,7	10,7	12,3	264,29	303,81
Schnellfahrstrecke Feldmoching-Flughafen	26,0	20,1	28,5	522,60	741,00
	62,0			1.188,04	1.696,82

Als Kostenmaximum für die Schnellfahrstrecke Feldmoching-Flughafen werden 28,5 Mio. €/km angenommen, da sie keine Talbrücken und Tunnel enthält. Für die Referenzstrecken Nürnberg-Erfurt-Halle/Leipzig wurden dagegen zahlreiche aufwändige Brückenbauwerke und Tunnel errichtet.

Tabelle 7: Baumaßnahmen an den Stationen der Ringbahn

Station	S-Bahn	U-Bahn	Sonstige	K_{min}	K_{max}
				Mio. €	Mio. €
Olympiakreuz	Neubau, oberirdisch	U3 Neubau, unterirdisch	Fernbahn, unterirdisch	195,0	444,2
BMW Forschungszentrum	Neubau, oberirdisch	U2 Neubau, unterirdisch	-	73,8	158,1
Ingolstädter Straße	Neubau, oberirdisch	-	Anschluss Tram 23 Schwabing Nord	73,8	73,8
Aumeister	Neubau, oberirdisch	U6 Neubau, oberirdisch	-	73,8	73,8
Johanneskirchen	Erweiterung, oberirdisch	-	-	36,9	36,9
Englschalking	Erweiterung, oberirdisch	-	-	36,9	36,9
Daglfing	Erweiterung, oberirdisch	-	-	36,9	36,9
Leuchtenbergring	Erweiterung, oberirdisch	-	-	36,9	36,9
München Ost	Erweiterung, oberirdisch	vorhanden	-	36,9	36,9
Kolumbusplatz	Neubau, oberirdisch	vorhanden	-	36,9	36,9
Poccistraße	Neubau, oberirdisch	vorhanden	-	36,9	36,9
Heimeranplatz	Erweiterung, unterirdisch	vorhanden	-	121,2	201,8
Donnersbergerbrücke	Neubau, unterirdisch	-	-	121,2	201,8
Nymphenburg	Neubau, unterirdisch	-	-	121,2	201,8
Neuhausen	Neubau, unterirdisch	-	-	121,2	201,8
				1.159,5	1.815,4

Schließlich ergeben unter diesen Annahmen zum heutigen Preisniveau geschätzte Kosten zwischen 2,4 und 3,6 Milliarden Euro. Die realen Baukosten können z.B. durch geänderte Vorgaben, Preissteigerungen sowie Um- und Detailplanungen außerhalb dieses Korridors liegen.

Tabelle 8: Kostenschätzung für Ringlinie und Flughafenanbindung

	Länge	Anzahl	Untere Grenze	Obere Grenze
	km	-	Mio. €	Mio. €
Ausbaustrecken	24,7		264,29	303,81
Neubaustrecken	37,3		923,75	1.393,01
Stationen		15	1.159,50	1.815,40
			2.347,54	3.512,22

Formelzeichen

Tabelle 9: Verwendete Formelzeichen

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
t_F	s	Fahrzeit
t_H	s	Haltezeit
t_B	s	Beschleunigungszeit
s_{St}	m	Stationsabstand
s_B	m	Beschleunigungsstrecke
v_{max}	m/s	Geschwindigkeit, Maximal
v_0	m/s	Geschwindigkeit, Anfang
Δv	m/s	Geschwindigkeitsänderung
\bar{v}	m/s	Geschwindigkeit, Durchschnitt
a	m/s ²	Beschleunigung
p_A, p_Z	Personen/h	Personenstrom
n_A, n_Z	Fahrzeuge/h	Fahrzeuge pro Stunde
b_A, b_Z	Personen/Fahrzeug	Belegung
i_Z	%	prozentuale Belegung
b_{max}	Personen/Zug	maximale Belegung
T_A	s	Zeit zwischen zwei Autos
T_Z	min	Zeit zwischen zwei Zügen
n_F	-	Anzahl Fahrspuren
K_{min}	€	Kostenminimum
K_{max}	€	Kostenmaximum

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bevölkerungsdichte der Stadtteile in 2014 und Netz des Schienennahverkehrs	2
Abbildung 2: Ringbahn mit allen Stationen	5
Abbildung 3: Fußläufiger Einzugsbereich (10 Minuten für 800 Meter) der Stationen	5
Abbildung 4: Infrastruktur für Ringbahn und Flughafenanbindung.....	6
Abbildung 5: Fahrzeiten in Minuten auf der Ringlinie.....	7
Abbildung 6: Personen pro Stunde und Richtung - Mittlerer Ring im Vergleich zur Ringbahn.....	8
Abbildung 7: Lage der Ringbahn und des Mittleren Rings im Vergleich.....	8
Abbildung 8: Fahrzeiten in Minuten ab dem Münchner Flughafen.....	9
Abbildung 9: Neue und bestehende Flughafenverbindungen im Vergleich	9
Abbildung 10: Fahrzeiten in Minuten ab Freising und Landshut	10
Abbildung 11: Umsteigefreie Verbindungen ab Bahnhof Olympiakreuz.....	11
Abbildung 12: Lage und Konzeptskizze Bahnhof Olympiakreuz (rot).....	12
Abbildung 13: Fahrzeit im Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm	16