

# **B 2-Innenstadttunnel Starnberg**

## **Überprüfung der Leistungsfähigkeit**

**22. Januar 2017**

## Problemstellung und Zielsetzung der Untersuchung

Nach den Vorstellungen der zuständigen Straßenbaubehörden sollen die Verkehrsprobleme in Starnberg durch einen Tunnel unter der B 2 beseitigt werden. Das zugehörige Projekt wurde vom Straßenbauamt Weilheim geplant. Der Plan wurde im Jahre 2007 festgestellt.

Der Tunnel verläuft unter dem Straßenzug Weilheimer Str./Hauptstr./Münchner Str. Die Rampen liegen in der Weilheimer Str. in der Nähe der westlichen Stadtgrenze und in der Münchner Str. in Höhe der Bahnüberführung. Damit schließt im Osten noch eine längere oberirdische Strecke an den Tunnel an, bevor die Ortsdurchfahrt am Übergang in die Autobahn A 952 endet. Diese oberirdische Strecke enthält zwei Knotenpunkte an der Gautinger Str. und an der Moosstr., die beide Lichtsignalanlagen aufweisen, sowie einen lichtsignalisierten Fußgängerüberweg zwischen dem Knotenpunkt Moosstraße/Perchastraße und der Strandbadstr..

In der Planung, die der Planfeststellung zugrunde liegt, findet sich kein Nachweis der Leistungsfähigkeit der Ortsdurchfahrt. Bei der Argumentation über den Tunnel wurden, wie bei der Fernstraßenplanung üblich, lediglich Tageswerte der Verkehrsbelastung benutzt. Mit solchen Werten ist ein Nachweis der Leistungsfähigkeit nicht möglich. Hierfür werden vielmehr Daten der am stärksten belasteten Stunde des Tages oder noch kürzerer Zeitintervalle (z.B. 15 Minuten) benötigt.

Umfassende stundenbezogene Belastungswerte liegen nicht vor. Sie lassen sich – allerdings nur begrenzt – Untersuchungen von Kurzak entnehmen. Diese Untersuchungen sind:

- „Verkehrsuntersuchung B 2, Entlastungstunnel Starnberg, aktuelle Datengrundlage 2002“,
- „Untersuchung Starnberg, St 2069 Hanfelder Str., Herkünfte und Ziele des Verkehrs, 2013“.

Die erstgenannte Untersuchung enthält an verwertbaren Daten gezählte Querschnittsbelastungen über den Tag, gezählte Strombelastungen der o.g. Knotenpunkte für die Zeit von 7.30 bis 8.30 Uhr und 16.15 bis 17.15 Uhr sowie automatisch gezählte stundenbezogene Ganglinien der Querschnittsbelastungen westlich des Anschlusspunktes Percha auf der Autobahn A 952. Die zweitgenannte Untersuchung enthält die Ergebnisse einer Befragung über Herkünfte auf der St 2069 in Höhe des Bauhofs.

Die Datengrundlage ist für die Ermittlung von Leistungsfähigkeiten sehr lückenhaft. Deshalb müssen zu ihrer Auffüllung Annahmen getroffen werden. Aus diesem Grunde können die Ergebnisse nur Annäherungen an die Wirklichkeit sein.

Die Leistung der Ortsdurchfahrt wird nicht durch den Tunnel begrenzt, sondern durch die im Osten anschließenden Knotenpunkte. An ihnen wird der im Tunnel kontinuierlich fließende Verkehrsstrom durch Querverkehr unterbrochen. Bei Überlastungen des Tunnels kann der Verkehr auf die Straßen an der Oberfläche ausweichen. Ein Ausweichen an den Knotenpunkten ist dagegen nicht möglich.

In der vorliegenden Untersuchung werden die Auslastungen für die Knotenpunkte im östlichen Anschluss an den Tunnel ermittelt. Dies geschieht zunächst für das Jahr 2002, für das Erhebungsdaten vorliegen. Zwischen 2002 und 2013 erhielt die St 2069 Umfahrungen der Orte Oberbrunn und Unterbrunn, und die A 99 in München wurde bis zur A96 (Autobahndreieck München Süd-West) verlängert. Beides hat dazu geführt, dass sich die Verkehrsströme verändert haben, so dass eine Neuberechnung für 2013 sinnvoll ist. Kurzak hatte seinerzeit Prognosen für das Jahr 2020 erstellt. Ein solcher Prognosehorizont ist im Jahr 2017 nicht mehr sinnvoll und wird deshalb auf das Jahr 2030 erweitert. Das Jahr 2030 ist auch Prognosejahr im Bundesverkehrswegeplan 2016.

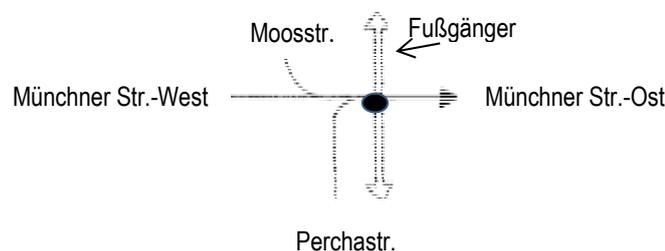
In den Berechnungen wird auch für die Jahre 2002 und 2013 unterstellt, dass der Tunnel schon vorhanden ist. Diese Annahme ist erforderlich, um für die Berechnung der Auslastung von der tatsächlichen und nicht nur von der realisierten Nachfrage ausgehen zu können. Der Unterschied zwischen diesen beiden Arten der Nachfrage liegt darin, dass der Verkehr zur Zeit des morgendlichen Spitzenverkehrs am Knotenpunkt Tutzing-Hof-Platz gestaut wird und am Knotenpunkt Moosstraße deshalb nicht die Belastung der tatsächlichen Nachfrage ankommt sondern nur die am Knotenpunkt Tutzing-Hof-Platz realisierte Nachfrage. Das Vorhandensein des Tunnels wird auch in den Untersuchungen von Kurzak unterstellt, so dass die dort genannten Belastungswerte nur zu verwenden sind, wenn für die hier durchgeführten Berechnungen dieselben Annahmen vorliegen.

## Methodisches Vorgehen

Die Berechnung der Auslastung der Knotenpunkte erfolgt mit Hilfe von Konfliktströmen. Dies sind untereinander feindliche Ströme, die nicht gleichzeitig fahren können. Sie schließen neben den Fahrzeugströmen auch die Fußgänger- und Radfahrerströme ein. In der vorliegenden Untersuchung werden die Radfahrerströme nicht explizit berücksichtigt, weil sie parallel zu den Fahrzeug- oder Fußgängerströmen fließen. Die Konfliktströme bilden eine Konfliktstromgruppe. Maßgebend für die Auslastung eines Knotenpunkts ist die Konfliktstromgruppe mit der größten Belastungssumme der sie bildenden Konfliktströme. An einem vierarmigen Knotenpunkt gibt es acht Konfliktstromgruppen und zwar je eine in den vier Ausfahrten und vier auf der Knotenpunktsfläche. Alle Konfliktstromgruppen müssen durchgemustert werden, um herauszufinden, welche Konfliktstromgruppe diejenige mit der höchsten Belastungssumme ist und damit die Auslastung des Knotenpunkts bestimmt.

An den östlich an den geplanten Tunnel anschließenden Knotenpunkten liegt die maßgebende Konfliktstromgruppe jeweils an der östlichen Ausfahrt der Knotenpunkte. Ursache für diese Lage ist der im morgendlichen Berufsverkehr nach Osten orientierte Verkehr, insbesondere der starke Durchgangs- und Quellverkehr Richtung München. Für den Knotenpunkt Moosstraße besteht der maßgebende Konfliktpunkt aus folgenden Konfliktströmen:

Bild 1: Konfliktpunkt und Konfliktströme am Knotenpunkt Münchner Str./Moosstr./Perchastr.



Dieser Konfliktpunkt wird aus folgenden Fahrzeug- und Fußgängerströmen gebildet:

- Geradeausstrom der Zufahrt Münchner Str.-West,
- Linksabbiegestrom der Zufahrt Moosstr.,
- Rechtsabbiegestrom der Zufahrt Perchastr.,
- Fußgängerverkehr über die Münchner Str. an der Ostseite des Knotenpunkts.

Weil die Münchner Str. zweistreifig ist, können der Linksabbiegestrom der Moosstr. und der Rechtsabbiegestrom der Perchastr. gleichzeitig fließen. Sofern Fahrzeuge dieser beiden Ströme ihren Fahr-

streifen nicht einhalten, gilt die interne Vorfahrtregel „rechts vor links“, wonach der Rechtsabbiegestrom aus der Perchastr. Vorrang hat. Die Zugehörigkeit des Rechtsabbiegestroms zur oben dargestellten Konfliktstromgruppe ergibt sich daraus, dass es in der Zufahrt der Perchastr. zum Knotenpunkt nur einen einzigen Fahrstreifen gibt, der von allen Stromrichtungen gemeinsam benutzt wird. D.h., wenn der Rechtsabbiegestrom Grün erhält, hat auch der Geradeausstrom grün, der zum Linksabbiegestrom aus der Moosstr. feindlich ist.

Ein Durchmustern aller Konfliktstromgruppen ist wegen der unzureichenden Datenlage nicht möglich. Sollte die Belastungssumme einer anderen Konfliktstromgruppe größer sein als die Belastung der hier zugrunde liegenden, erhöht sich die Auslastung des Knotenpunkts. Bei geringerer Belastungssumme spielt sie für den Auslastungsgrad des Knotenpunktes keine Rolle.

Die Auslastung des Knotenpunkts wird mit Hilfe folgender Größen und Definitionen berechnet:

- Die Auslastung des Knotenpunkts ergibt sich als Quotient aus der Summe der für die Konfliktströme erforderlichen Grünzeiten und der verfügbaren Grünzeit. Diese Werte werden auf die Umlaufdauer des Signalprogramms bezogen
- Die erforderliche Grünzeit beträgt nach dem Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) 1,8 sek je Pkw (dort wird die Grünzeit als Freigabezeit bezeichnet). Lkw werden in Pkw-Einheiten umgerechnet. Die für einen Konfliktstrom erforderliche Grünzeit ergibt sie sich aus der Multiplikation dieses spezifischen Wertes mit der Anzahl der Fahrzeuge des Konfliktstroms je Fahrstreifen. Die Grünzeit für die Fußgänger muss ausreichen, um die Straße bis zur Hälfte zu überqueren.
- Zwischen den Grünzeiten für die einzelnen Konfliktströme sind Schutzzeiten erforderlich, um Unfälle in der Aufeinanderfolge der Konfliktströme zu vermeiden. Die Schutzzeiten reichen vom Ende der Grünzeit des betrachteten Stroms bis zum Anfang der Grünzeit des nachfolgenden Stroms und hängen von der Geometrie des Knotenpunkts ab. Als mittlere Schutzzeit zwischen zwei konfligierenden Fahrzeugströmen werden 6 sek angenommen. Die Schutzzeit nach einem Fußgängerstrom muss ausreichen, damit der letzte, bei Grünzeitende startende Fußgänger die andere Straßenseite mit einer angenommenen Gehgeschwindigkeit von 1,2 m/sek erreicht. Die verfügbare Grünzeit ist die Differenz zwischen der Umlaufdauer und der Summe der benötigten Schutzzeiten.
- Für die hier untersuchten Lichtsignalanlagen wird eine Umlaufdauer von 90 sek gewählt. Dieser Wert sollte in Städten nicht überschritten werden, um die Wartezeiten zwischen den Grünzeiten zu begrenzen.

## Leistungsfähigkeit der Ortsdurchfahrt für die Belastung des Jahres 2002

Neben der hypothetischen Annahme, dass der Innenstadtunnel im Jahr 2002 bereits vorhanden war, wird der erst später in die Planung aufgenommene Anschluss der Petersbrunner Str. an die Münchner Str. noch nicht berücksichtigt. Er fehlt auch in der entsprechenden Untersuchung von Kurzak. Die Berücksichtigung des Anschlusses Petersbrunner Str. an die Münchner Str. erfolgt erst bei den Berechnungen für das Jahr 2013.

Das erste Problem des Verkehrsablaufs ist das der **Verflechtung des Verkehrs** im Anschluss an die östliche Ausfahrt aus dem Tunnel. Der Verkehr im Querschnitt des Rampenendes benutzt insgesamt 3 Fahrstreifen (2-streifige Oberflächenfahrbahn der Münchner Str. und 1-streifige Tunnelausfahrt) und muss bis zum nächsten Knotenpunkt auf 2 Fahrstreifen zusammengeführt werden. Dies erfordert Verflechtungsvorgänge, die z.T. parallel ablaufen, d.h. Fahrzeuge des mittleren Fahrstreifens müssen sich

---

erst in den linken Fahrstreifen einordnen, bevor sich Fahrzeuge des rechten Fahrstreifens, der am nächsten Knotenpunkt endet, auf den mittleren Fahrstreifen fahren können. Hinzu kommt, dass der nächste Knotenpunkt einen zusätzlichen Linksabbiegestreifen aufweist und sich Fahrzeuge vom rechten Fahrstreifen in Höhe des Tunnelmundes auf diesen Linksabbiegestreifen durchkämpfen müssen.

Um diese Verflechtungsvorgänge überhaupt durchführen zu können, muss der Verflechtungsbereich ausreichend lang sein. Deswegen ist in der Planung vorgesehen, am Knotenpunkt Gautinger Str. den Querverkehr, das Linksabbiegen von der Münchener Str. in die Gautinger Str. sowie das Linksausbiegen aus der Gautinger Str. in die Münchner Str. zu untersagen. Aus diesem Grund wird auch der Mittelstreifen zwischen den beiden Fahrbahnen der Münchner Str. ohne Unterbrechung durchgezogen. Der Verkehr von der Münchener Str. nach Norden kann erst an der Moosstr. links abbiegen. Die Linksabbieger aus der Gautinger Str. nach Osten müssen einen Umweg über die Petersbrunner Str. und die Moosstr. in Kauf nehmen. Durch die Abbiegeverbote entstehen Umwege, und die Netzflexibilität wird eingeschränkt. Um die Linksabbieger und Linkseinbieger an der Moosstr. abwickeln zu können, müssen sowohl die Münchner Str. als auch die Moosstr. baulich um einen Fahrstreifen für Linksabbieger erweitert werden. Dies erfordert die Entfernung straßenbegleitender Bäume. Die Belastung des Knotenpunkts an der Gautinger Str. wird durch die Abbiegeverbote verringert, so dass der Knotenpunkt an der Moosstr. den kritischen Punkt der Ortsdurchfahrt bildet.

Das zweite Problem des Verkehrsablaufs besteht in der **Leistungsfähigkeit** des Knotenpunkts an der Moosstr.. Im morgendlichen Berufsverkehr Richtung München tritt die Belastungsspitze nach Angaben von Kurzak in der Zeit von 7.30 bis 8.30 Uhr auf.

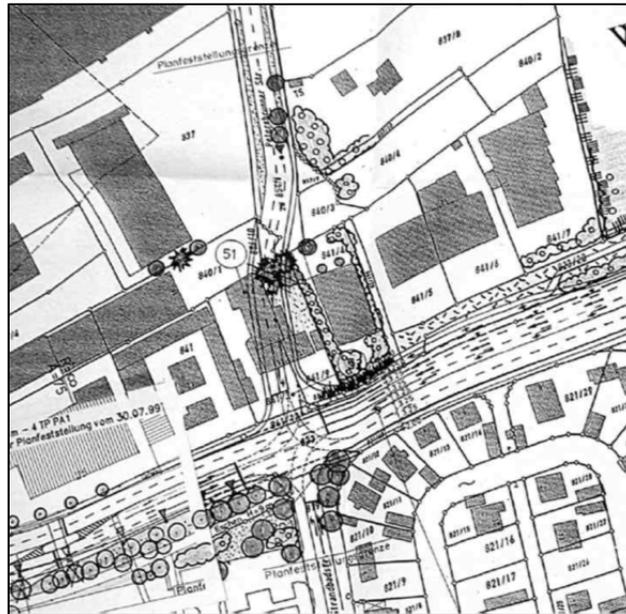
Die Berechnung der Auslastung des Knotenpunkts befindet sich im Anhang in der Tabelle A1.

Die Auslastung am Knotenpunkt Moosstr. beträgt 125 %. Da diese Kreuzung den kritischen Punkt der Ortsdurchfahrt darstellt, gilt dieser Wert auch für die Ortsdurchfahrt insgesamt. Damit ist für die Ortsdurchfahrt der B 2 trotz der Annahme des Vorhandenseins des Innenstadttunnels keine ausreichende Leistungsfähigkeit gegeben. Die Nachfrage ist dort um 25 % höher als der mögliche Durchsatz.

## Leistungsfähigkeit der Ortsdurchfahrt für die Belastung des Jahres 2013

Die Befürchtung, dass die Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte östlich des Tunnels nicht ausreicht, hat vermutlich dazu geführt, auch die Petersbrunner Str. an die Münchner Str. anzuschließen. Diese Änderung wurde als Tektur in die Unterlagen für die Planfeststellung im Jahr 2007 aufgenommen.

**Bild 2:** Plan des Knotenpunkts Münchner Str./Petersbrunner Str./Strandbadstr.



Um an den Knotenpunkten eine möglichst hohe Leistungsfähigkeit zu erreichen, wird im Plan der Straßenbauverwaltung auf Fußgängerüberwege sowohl an der Moosstr. als auch an der Petersbrunner Str. verzichtet und stattdessen ein Fußgängerüberweg in der Mitte zwischen den beiden Knotenpunkten angeordnet (s. Bild 2, unten links).

Zwischen 2002 und 2013 ist in München die A 99 bis zur A96 verlängert worden, und die St 2069 hat die Umfahrung Oberbrunn / Unterbrunn nördlich von Starnberg erhalten. Dadurch lassen sich der Norden Münchens und die von München nach Norden und Osten führenden Autobahnen über die St 2069 und die A 96 schneller erreichen als auf dem bisherigen Weg über die A 95 und den Mittleren Ring in München. Außerdem wird die Verbindung zwischen der A 96 und der A 95 verbessert. Diese Veränderungen haben den Verkehr auf der St 2069 überproportional zunehmen lassen, so dass die Leistungsfähigkeit der Ortsdurchfahrt neu berechnet werden muss.

Nach dem Anschluss der Petersbrunner Str. an die Münchner Str. hängt die Leistungsfähigkeit der Ortsdurchfahrt nicht mehr nur von der Auslastung des Knotenpunkts an der Moosstr., sondern auch von der Auslastung des Knotenpunkts an der Petersbrunner Str. ab. Der Knotenpunkt mit der höheren Auslastung bestimmt die Leistungsfähigkeit der Ortsdurchfahrt. Aus diesem Grunde werden die Auslastungen sowohl für den Knotenpunkt Moosstr. als auch für den Knotenpunkt Petersbrunner Str. berechnet. Um den Einfluss der Verlegung der Fußgängerüberwege erkennen zu können werden die Auslastungen außerdem für die beiden Fälle mit und ohne Fußgängerüberwege am Knotenpunkt ermittelt.

Messwerte für die Strombelastung der genannten Knotenpunkte liegen für das Jahr 2013 nicht vor. Die Strombelastungen müssen deshalb aus den Daten des Jahres 2002 entsprechend der zwischenzeitlich eingetretenen Verkehrsentwicklung hochgerechnet werden.

Die Hochrechnung der Verkehrsströme auf das Jahr 2013 erfolgt in Anlehnung an die Mittelfristprognose des BMVI mit 1% jährlich. Demzufolge wird für den Zeitraum der 11 Jahre von 2002 bis 2013 mit einer Verkehrszunahme von 12 % (Hochrechnungsfaktor 1,12) gerechnet.

Diese Zunahme von rd. 12 % wird auch für den Ost-West-Durchgangsverkehr angenommen, obwohl Verkehrserhebungen aus dem Jahr 2013 zeigen, dass dieser Verkehr seit 2002 aufgrund des Engpasses in Starnberg weitgehend gleich geblieben ist und sich die im Zuge der allgemeinen Verkehrsentwicklung entstandene Mehrnachfrage andere Wege in Richtung München gesucht hat (z.B. Umfahrung des Starnberger Sees über Seeshaupt). In der vorliegenden Untersuchung wird jedoch unterstellt, dass der Tunnel im Jahr 2013 schon besteht und eine Verkehrszunahme damit möglich gewesen wäre.

Aufgrund des schneller gewordenen Wegs in den Münchner Norden und zu den dort anschließenden Autobahnen wird ein Teil des Verkehrs den Weg bereits heute (vor Fertigstellung der Westumfahrung) über die A 96 wählen. Angenommen wird ein Anteil von 10 %.

Die Berechnung der Auslastung der Knotenpunkte Moosstr. und Petersbrunner Str. befindet sich im Anhang in den Tabellen A3 bis A6.

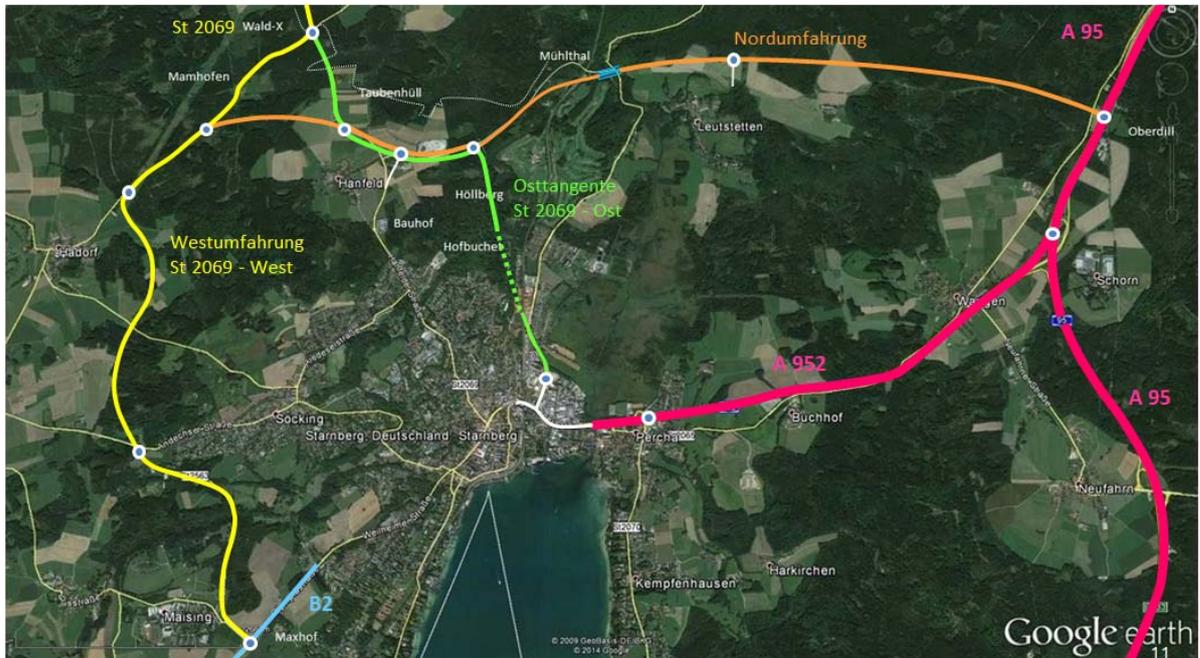
Die Auslastung am Knotenpunkt Moosstr. ohne Anschluss der Petersbrunner Str. beträgt 138 % (Tabelle A3 im Anhang). Wenn unterstellt wird, dass die Petersbrunner Str. im Jahr 2013 schon angeschlossen gewesen wäre, beträgt die Auslastung am Knotenpunkt Petersbrunner Str. 130 % (Tabelle A5 im Anhang). Dabei wird angenommen, dass sich die Linksabbieger aus der Moosstr. gleichmäßig auf die beiden Knotenpunkte aufteilen; die Linksabbieger aus der Moosstr. treten dann am Knotenpunkt Petersbrunner Str. als zusätzlicher Geradeausverkehr auf. Bei Anschluss des Knotenpunkts Petersbrunner Str. an die Münchner Str. übernimmt der Knotenpunkt Petersbrunner Str. die Rolle des kritischen Punktes entlang der Ortsdurchfahrt. Die Verringerung der Auslastung der Ortsdurchfahrt durch den Anschluss der Petersbrunner Str. beträgt aber nur 8 %.

Der Verzicht auf die Fußgängerüberwege hat eine deutlich geringere Auslastung zur Folge. Am kritischen Knotenpunkt an der Petersbrunner Str. sinkt die Auslastung von 130 % auf 106 %, also um 24 % (s. Tabellen A5 und A6 im Anhang). Dem Leistungsgewinn durch den Verzicht auf Fußgängerwege an den beiden Knotenpunkten steht ein Verlust an Flexibilität für die Fußgänger und Radfahrer gegenüber, denn die Anzahl der Fußgängerüberwege wird von drei Überwegen heute (Gautinger Str., Moosstr./Perchastr., Strandbadstr.) auf einen einzigen Fußgängerüberweg in der Mitte zwischen der Perchastr. und der Strandbadstr. bzw. der neu angeschlossenen Petersbrunner Str. reduziert. Dies verlängert die Geh- bzw. Fahrzeiten der Fußgänger und Radfahrer und trifft insbesondere die Radfahrer, weil der eigene Radweg von Percha an der Strandbadstr. endet und aus baulichen Gründen nicht bis zu dem mittigen Fußgängerüberweg zwischen der Perchastr. und der Strandbadstr. fortgeführt werden kann. Auch stört der Ersatz-Fußgängerüberweg zwischen der Perchastr. und der Strandbadstr. den Kfz-Verkehrsfluss auf der Münchner Str., ohne dass sich dies bei der Einrichtung von Grünen Wellen jeweils in den beiden Lastrichtungen in den errechneten Auslastungen merkbar niederschlägt.

## Leistungsfähigkeit der Ortsdurchfahrt für die Belastung des Jahres 2030

Für die Berechnungen des Jahres 2030 wird unterstellt, dass neben der Fertigstellung der Westumfahrung auch die Nordumfahrung und die Osttangente realisiert sind:

Bild 3 Westumfahrung, Nordumfahrung, Osttangente



Die Route über die Nordumfahrung ist zwischen dem Maxhof und dem Anschluss an die A 95 in etwa genauso schnell wie die heutige Route durch Starnberg hindurch. Sie würde deshalb angenommen werden, zumal wenn die heutige Ortsdurchfahrt entschleunigt wird. Eine solche Entschleunigung könnte neben dem Verzicht auf den Innentunnel durch eine veränderte Schaltung der Signalanlagen im Zuge der Ortsdurchfahrt bis hin zu einer Pfortnerampel am Knotenpunkt Waldspielplatz/ Mozartstraße für die West-Ost-Richtung und am Knotenpunkt Petersbrunner Str. in Ost-West-Richtung erreicht werden.

Angesichts der Unwägbarkeiten über die verkehrliche Entwicklung bis zum Jahr 2030 sind genaue Prognosen der Belastung nicht möglich. So ist z.B. nicht absehbar, welche Maßnahmen die Stadt München ergreift, um die erhöhte Feinstaub- und  $\text{NO}_x$ -belastung in den Griff zu bekommen. Wenn eine City-Maut eingeführt oder die Parkraumbewirtschaftung verschärft wird, hat dies Auswirkungen auf die Anzahl der Autopendler aus dem Umland. Gleiches gilt, wenn die Qualität der S-Bahn durchgreifend verbessert wird. Die nachfolgend ermittelten Belastungswerte für das Jahr 2030 sind also keine prognostizierten Werte, sondern lediglich Rechenwerte, um die Auslastungs-Veränderung der Knotenpunkte entlang der Ortsdurchfahrt größenordnungsmäßig abschätzen zu können.

Für den allgemeinen Verkehr wird nach der Zunahme von jährlich 1% zwischen 2002 und 2013 (s. oben) bis 2030 eine Zunahme von nur noch jährlich 0,7% angenommen. Damit wird unterstellt, dass die Verkehrszunahme in den kommenden Jahrzehnten geringer sein wird als im vergangenen Jahrzehnt. Insgesamt ergibt sich für diesen Zeitraum von 17 Jahren daraus eine Zunahme von 13 % (Hochrechnungsfaktor 1,13).

Die in Starnberg nicht realisierbare Nachfrage, die sich mittlerweile andere Wege nach München (z.B. über Seeshaupt südlich um den Starnberger See herum) gesucht hat, kommt nach Ansicht der Bundes-

verkehrswegeplanung zurück, sobald die Ortsdurchfahrt von Starnberg durch den Bau des Innentunnels eine ausreichende Leistungsfähigkeit aufweist. Der Bundesverkehrswegeplan weist deshalb für den Unterschied zwischen der Prognose im Planfall (mit Tunnel) und im Bezugsfall (ohne Tunnel) eine Nachfragedifferenz in der Größenordnung von 4.000 Kfz/Tag auf, die wegen der Annahme eines bereits vorhandenen Tunnels in den Berechnungen für die Jahre 2002 und 2013 bereits berücksichtigt wurde und nicht noch zugeschlagen werden darf.

Durch Verbesserungen im Starnberger Straßennetzes (Fertigstellung der Westumfahrung im Frühjahr 2018, späterer Bau einer Nordumfahrung) wird ein größerer Anteil des Verkehrs in Richtung München andere Routen als die Durchfahrt durch die Stadt benutzen. Es ist allerdings schwierig, Annahmen über derartige Anteile zu treffen. Aus diesem Grunde wird statt eine bestimmte Verlagerung anzunehmen, eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt: Mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse werden die Wirkungen unterschiedlichen Verkehrsverhaltens untersucht. Dabei wird unterstellt, dass nach Verbesserungsmaßnahme alternativ 10 %, 30 %, 50 %, 70 % oder 90 % des West-Ost-Durchgangsverkehrs über die A 96 nach München fahren oder – wenn die Nordumfahrung gebaut ist – diese anstelle der Ortsdurchfahrt benutzen, um wie bisher über die A 95 nach München zu gelangen. In diesen Fällen würde die Ortsdurchfahrt durch Starnberg entlastet. Eine Verlagerung von 10 % des Ost-West-Durchgangsverkehrs wurde schon für das Jahr 2013 nach dem Ausbau der St 2069 und der Verlängerung der A 99 in München angenommen. Eine Verlagerung von 70 % oder mehr wird nur zu erreichen sein, wenn es neben dem Weg über die A 96 nach München auch einen Weg über die Nordumfahrung zur A 95 gibt.

Die Berechnung der Auslastung des Knotenpunkts Petersbrunner Str. befindet sich im Anhang in den Tabellen A8 bis A12.

Für die fünf Alternativen einer Verlagerung von Ost-West-Durchgangsverkehrs auf die Wege über die St 2069 und die A 96 oder die Nordumfahrung und die A 95 nach München ergeben sich für die Auslastung des Knotenpunkts Werte zwischen 118 % und 96 % mit Abstufungen von 5 oder 6 %. Erst mit einer Verlagerung von 90 %, die allerdings als unrealistisch hoch angesehen wird, würde die Ortsdurchfahrt eine Auslastung erreichen die knapp unter 100 % liegt. Ein Wert deutlich unter 100 % wird erst erreicht, wenn die Ortsdurchfahrt noch von weiteren Verkehrsströmen entlastet wird, wie z.B. bei einer teilweisen Verlagerung des Quellverkehrs aus den nördlichen Wohngebieten nach München oder einer Verlagerung des Nord-Ost-Verkehrs (zwischen den beiden Autobahnen 95 und A 96) über die Nordumfahrung.

Die eingangs getroffene Annahme, dass der Verkehr zwischen 2013 und 2030 um 0,7 % jährlich zunimmt, ist mehr oder weniger willkürlich. Um die Auswirkungen anderer Annahmen über die der jährliche Verkehrszunahme abschätzen zu können, wird die Auslastung des Knotenpunkts Petersbrunner Str. zusätzlich alternativ für jährliche Zuwächse von 0,5 % und 0,9 % gerechnet. Dies geschieht für den Fall, dass 10% des Ost-West-Durchgangsverkehrs den Weg über die Westumfahrung, die St 2069 und die A 96 nehmen (Tabelle A8 in der Anlage). Diese Berechnung der Auslastungen erfolgt in den Tabellen A13 und A14 der Anlage. Das Ergebnis zeigt eine nur geringe Spreizung. Sie weist Auslastungen von 96 % bei einer Verkehrszunahme von 0,5 % jährlich, 118 % bei einer Verkehrszunahme von 0,7 % jährlich (wie ursprünglich angenommen) und 121 % bei einer Verkehrszunahme von 0,9 % jährlich auf. Ursache für diese geringe Spreizung sind die konstant bleibenden Werte der Umlaufdauer, der Schutzzeiten und der Mindestgrünzeit, die unabhängig von der Belastung sind. Die generellen Aussagen über die unzureichende Leistungsfähigkeit einer untertunnelten Ortsdurchfahrt werden angesichts der geringen Spreizung nicht infrage gestellt.

## Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

Aufgrund der lückenhaften Datengrundlage und der deshalb erforderlichen Annahmen können die berechneten Auslastungen nur Annäherungen an die Wirklichkeit sein. Dennoch zeichnen sich eindeutige Trends ab.

Die Auslastungen der untersuchten Planfälle sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt:

Tabelle 1: Auslastung der Ortsdurchfahrt nach dem Bau des Tunnels – Vergleich der Planfälle

Jahr	Planfall	Tabellennummer im Anhang	Auslastung	
2002	Fußgängerüberwege über die B 2 beidseitig am Knotenpunkt Moosstr.	A1	125 %	
2013	Ohne Anschluss der Petersbrunner Str., Fußgängerüberwege beidseits des Knotenpunkts	A3	138 %	
	Mit Anschluss der Petersbrunner Str., Fußgängerüberwege beidseits des Knotenpunkts	A5	130 %	
	Mit Anschluss der Petersbrunner Str., keine Fußgängerüberwege an den Knotenpunkten	A6	106 %	
2030	a l t e r n a t i v	Mit Anschluss der Petersbrunner Str., keine Fußgängerüberwege an den Knotenpunkten, 10 % Verlagerung des Ost-West-Verkehrs auf die Route über die A 96	A8	118 %
		Mit Anschluss der Petersbrunner Str., keine Fußgängerüberwege an den Knotenpunkten, 30 % Verlagerung des Ost-West-Verkehrs auf die Route über die A 96	A9	113 %
		Mit Anschluss der Petersbrunner Str., keine Fußgängerüberwege an den Knotenpunkten, 50 % Verlagerung des Ost-West-Verkehrs auf die Route über die A 96 und die A 95	A10	107 %
		Mit Anschluss der Petersbrunner Str., keine Fußgängerüberwege an den Knotenpunkten, 70 % Verlagerung des Ost-West-Verkehrs auf die Route über die A 96 und die A 95	A11	101 %
		Mit Anschluss der Petersbrunner Str., keine Fußgängerüberwege an den Knotenpunkten, 90 % Verlagerung des Ost-West-Verkehrs auf die Route über die A 96 und die A 95	A12	96 %

Als zulässige Obergrenze der Auslastung sollten 90 % gewählt werden, denn die Berechnungen bzw. Abschätzungen ergeben sich aus Daten, eines einzigen Erhebungstages. Auch wenn dieser Erhebungstag so ausgewählt wurde, dass in etwa mittlere Verkehrsverhältnisse herrschten, wird es doch Tage geben, in denen die Spitzenbelastung aufgrund zufälliger Schwankungen darüber liegt. Auch innerhalb des Spitzenintervalls gibt es Schwankungen, bei denen die Belastung und damit die Auslastung weiter steigen. Die Auslastungen liegen in sämtlichen Planfällen über 90 %. Die Leistungsfähigkeit der Ortsdurchfahrt reicht trotz des Innenstadtunnels und des Anschlusses der Petersbrunner Str. an die B 2 nicht aus, um den Verkehr staufrei abwickeln zu können.

Es zeigt sich, dass der Anschluss der Petersbrunner Str. die Auslastung der kritischen Knotenpunkte im Jahr 2013 zwar verringert, jedoch nur geringfügig in Höhe von 8 %. Erst die Einschränkung des Fußgängerverkehrs – die Fußgänger, welche die Münchner Str. östlich des Tunnels überqueren wollen, werden auf einem einzigen Überweg gebündelt – bringt eine deutlich höhere Reduzierung der Auslastung am Knotenpunkt Petersbrunner Str. um 24 %.

Da nicht der Tunnel, sondern die Knotenpunkte im östlichen Anschluss an den Tunnel leistungskritisch sind, spielt es keine Rolle, ob ein Tunnel vorhanden ist oder nicht. Die Auslastung der Knotenpunkte Moosstr. und Petersbrunner Str., welche die Leistungsfähigkeit der Ortsdurchfahrt bestimmen, ist mit oder ohne Tunnel dieselbe; ohne Tunnel würde der Verkehr lediglich über die Oberfläche kommen. Heute wird die Auslastung dieser Knotenpunkte dadurch begrenzt, dass der Verkehr von

West nach Ost bereits am Knotenpunkt Tutzing-Hof-Platz staut. Die einzige Wirkung des Tunnels wäre, dass er den Engpass vom Knotenpunkt Tutzing-Hof-Platz zu den Knotenpunkten Moosstr. und Petersbrunner Str. verschiebt.

Nach Bau des Tunnels kann am Knotenpunkt Tutzing-Hof-Platz die Grünzeitbemessung für die verschiedenen Ströme so verändert werden, dass der von der Hanfelder Str. und der Innenstadt einmündende Verkehr längere Grünzeiten bekommt. Damit kann Schleichverkehr durch die Wohngebiete entlang der Hanfelder Str. reduziert werden. Es ist aber auch möglich, dass eine Verbesserung des Abflusses aus der Hanfelder Str., wie dies bei der Beseitigung von Engpässen häufig der Fall ist, zusätzlichen Verkehr anzieht. Dem kann durch eine Entschleunigung des Verkehrsflusses auf der Hanfelder Str., z.B. durch Anordnung weiterer Fußgängerüberwege und durch Steuerungsmaßnahmen wie z.B. einer Pfortnerampel im Norden der Hanfelder Str., entgegengewirkt werden.

Auf den ersten Blick ist es enttäuschend, dass auch eine weitgehende Umlenkung des Ost-West-Durchgangsverkehrs die Knotenpunkte an der Moosstr. und der Petersbrunner Str. nicht stärker entlastet. Dies liegt daran, dass Starnberg nicht nur einen starken Durchgangsverkehr in Ost-West-Richtung und in Nord-Ost-Richtung aufweist, sondern auch einen starken Ziel-, Quell- und Binnenverkehr. Schon für 2002 gibt Kurzak an, dass am östlichen Tunnelmund „nur“ 700 Kfz/Std aus dem Tunnel kommen (Ost-West-Durchgangsverkehr), während von der Oberfläche 1.600 Kfz/Std zufließen. D.h. der Durchgangsverkehr in Ost-West-Richtung beträgt an diesem Querschnitt nur rd. 30 %.

Eine wirksame Entlastung Starnbergs ist nur durch den Bau einer Nordumfahrung und einer Osttangente möglich.

Nach dem Bau der Nordumfahrung wird nicht nur ein großer Teil des Ost-West-Verkehrs und des Nord-Ost-Verkehrs zwischen den Autobahnen A 96 und A 95 von der heutigen Ortsdurchfahrt auf die Nordumfahrung verlagert, sondern auch ein großer Teil des Quell- und Zielverkehrs aus den nördlichen Wohngebieten und zwar unabhängig davon, ob sie über die A 95 oder die A 96 nach München fahren. Dabei wird unterstellt, dass der Schleichverkehr durch die Innenstadt nicht nur durch Veränderungen im Straßennetz der Innenstadt beseitigt wird, sondern auch durch die interkommunale Vereinbarung zur Abstufung der Westuferstraße St 2063 und die kammartige Anbindung der Westufergemeinden an die B2 (VU Prof. Lang) zwischen Traubing und Pöcking Nord

Die Osttangente dient vorrangig der Entlastung der Hanfelder Str. Sie nimmt Verkehr zwischen der St 2069 sowie der Innenstadt (über die Leutstettener Str.), dem Gewerbegebiet nördlich der Münchner Str., der P+R-Anlage am Bahnhof Starnberg-Nord, Percha und den Orten am Ostufer auf sowie Verkehr zwischen dem Ostufer des Sees und Andechs (St 2070) auf. Damit kehrt die Hanfelder Str. nach dem Bau der Osttangente wieder zu ihrer ursprünglichen Funktion einer Wohnsammelstraße zurück. Die St 2070 wird auf die Osttangente verlegt, so dass die Osttangente auch die Funktion einer Staatsstraße bekommt und sich durch ihren Bau die Netzfunktion verbessert.

Insgesamt wird die Nordumfahrung im Jahr 2030 eine Belastung von rd. 12.200 Kfz/Tag haben. Die Belastung der Osttangente wird im Jahr 2030 rd. 7.500 Kfz/Tag betragen. Dies ist eine Belastung, die von dem vorgesehenen 2-streifigen Tunnel noch leicht aufgenommen werden kann und die den Bau der Osttangente wirtschaftlich rechtfertigt. Die Berechnungen hierzu befinden sich im Anhang.

Die Weiterentwicklung des Straßennetzes führt aber nicht nur zu einer Belastung der geplanten Umfahrungsstraße und der Tangente, sondern auch zu einer Entlastung der heutigen Ortsdurchfahrt. Diese Entlastung wird 2030 rd. 19.700 Kfz/Tag betragen. Dies sind rd. 47 % der Belastung ohne Nordumfahrung und der Osttangente, die auf 2030 hochgerechnet rd. 42.000 Kfz/Tag betragen wird. Damit wan-

delt sich die Ortsdurchfahrt aber nicht zu einer „verkehrlichen Idylle“. Der Straßenzug Münchner Str./Hauptstr./ Weilheimer Str. bleibt weiterhin die wichtigste zentrale innerstädtische Straße mit einer Verteilerfunktion zu den nördlichen Wohngebieten und dem Gewerbegebiet sowie zur südlich gelegenen Innenstadt. Damit wird die Ortsdurchfahrt zwar nicht mehr durch starken Durchgangsverkehr belastet aber nach wie vor durch starken Quell-, Ziel- und Binnenverkehr. Durch diese Entlastung sinkt auch die Auslastung der Knotenpunkte der Ortsdurchfahrt auf unter 90 %. Diese Wirkung stellt sich aber nur ein, wenn beides, die Nordumfahrung und die Osttangente gebaut wird. Andernfalls wäre die Ortsdurchfahrt weiterhin durch den verbleibenden Teil des Durchgangsverkehrs überlastet.

Nach dem Bau von Nordumfahrung und Osttangente können aus der heutigen Ortsdurchfahrt nicht nur die B 2, sondern auch die St 2070 und die St 2063 herausgenommen werden. Die B 2 kann über die Nordumfahrung zur A 95 geführt werden, die St 2070 über die Osttangente und die Nordumfahrung in Richtung Andechs und die St 2063 über die Westumfahrung und die STA 3 ins Würmtal. Bei einer solchen Verlegung der klassifizierten Straßen lässt sich die Ortsdurchfahrt zu einer Ortsstraße herabstufen, deren bauliche und betriebliche Ausgestaltung dann in der Hand der Stadt Starnberg liegt. Die Stadt kann ihre zentrale Hauptstraße dann mit Hilfe von Steuerungsmaßnahmen in einen Zustand bringen, der nicht nur dem Verkehr dient, sondern auch städtebaulichen Zielen und Zielen der Umweltentlastung besser gerecht wird als heute.

## Fazit

- Schon zum Zeitpunkt der Planfeststellung im Jahre 2007 hätte durch eine Überprüfung der Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte im Zuge der B 2 festgestellt werden können, dass trotz des Baus des Innentunnels die Leistungsfähigkeit der B 2-Ortsdurchfahrt schon bei der damaligen Belastung nicht ausreicht und bei der zu erwartenden Verkehrszunahme bis 2030 erst recht nicht ausreichen wird. Man hätte den Plan des Projektes „Innentunnel Starnberg“ deshalb gar nicht feststellen dürfen, sondern nach einer anderen Lösung suchen müssen, die eine ausreichende Leistungsfähigkeit aufweist. Dies ist vergleichbar mit einem Brückenprojekt, bei dem der Tragfähigkeitsnachweis (=statische Berechnung) fehlt.
- Eine Entlastung der westlich von Starnberg gelegenen Gemeinden wird trotz des Baus eines Innentunnels nur begrenzt zustande kommen, denn die Ortsdurchfahrt von Starnberg stellt nach wie vor einen Engpass im Verlauf der B 2 dar. Die Engstelle verschiebt sich lediglich vom Tutzing-Hof-Platz zu den Knotenpunkten Moosstr. und Petersbrunner Str. Der im Bundesverkehrswegeplan ausgewiesene hohe Nutzen-Kosten-Faktor, der wesentlich auf einer Entlastung der westlich gelegenen Gemeinden beruht, wird deshalb nicht zu erreichen sein.
- In Starnberg wird dasselbe passieren, was man in vielen ähnlich gelagerten Fällen beobachten kann: Die Untertunnelung einer Engstelle führt lediglich dazu, dass sich die Engstelle verlagert. Dieses Phänomen tritt übrigens auch in München bei der Untertunnelung von überlasteten Abschnitten des Mittleren Rings auf.
- Die Fertigstellung der Westumfahrung wird zwar die Verkehrsprobleme in Starnberg nicht lösen aber deutlich verringern. Dazu ist es erforderlich, die Fahrt über die Westumfahrung Richtung München möglichst zügig zu machen und auf bremsende Kreisverkehre zu verzichten. Die Querstraßen sollten stattdessen die Westumfahrung höhenfrei kreuzen und durch Parallelrampen angeschlossen werden. Auch der Knotenpunkt am Maxhof sollte eine höhenfreie Verbindung (Überwerfung) zwischen der äußeren Weilheimer Str. und der Westumfahrung erhalten.

- 
- Die vorgeschlagene Verkehrslösung mit einer Nordumfahrung und einer Osttangente ist dominant, weil fast der gesamte Durchgangsverkehr auf der B 2 und den Staatsstraßen, aber auch Ziel- und Quellverkehr auf diesen Straßen aus der Stadt heraus verlagert werden kann. Die Gesamtkosten von Nordumfahrung und Osttangente zusammen liegen deutlich unter denen des B 2-Innenstadttunnel, der ohnehin der Ergänzung durch eine Nord-Ost-Umfahrung bedürfte. Die vorgeschlagene Verkehrslösung reduziert die im bebauten Stadtgebiet gefahrenen Kfz-Kilometer, die derzeit über 400.000 km/Tag liegen, erheblich. Die Belastung sämtlicher Staatsstraße innerhalb von Starnberg liegt heute bei 12.000 bis 16.000 Kfz/Tag, einem Vielfachen des Durchschnitts der Staatsstraßen in Bayern. Die städtebaulich erforderliche Nachverdichtung der Wohngebiete im Bereich der Ortsdurchfahrt und der Hanfelder Str. ist ohne die dortige Entlastung durch den Bau der Nordumfahrung und der Osttangente nicht möglich, da der Verkehrslärm sonst über den zulässigen Grenzwerten liegt. Dieser Verlust an Baureserve würde wertmäßig in die Hundert Millionen Euro gehen.

## Anhang: Berechnungen

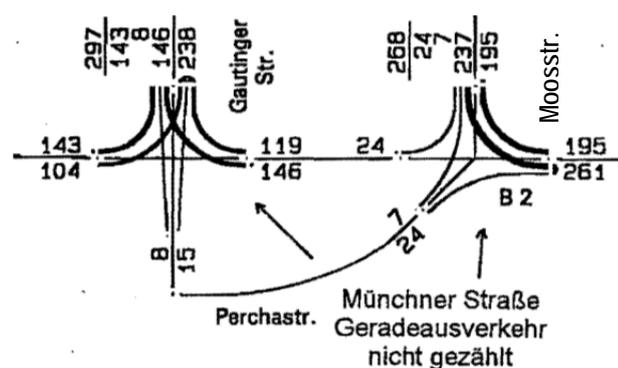
Die Verkehrsbelastung wird in den Dimensionen Kfz/Tag und Kfz/Std angegeben. Bei einer Belastung in der Dimension Kfz/Tag handelt es sich um eine Querschnittsbelastung, bei der die Belastung beider Richtungen addiert ist. Bei einer Belastung in der Dimension Kfz/Std handelt es sich um eine Belastung in der Lastrichtung, wobei die Richtung angegeben wird. Bei der Umwandlung der Werte zwischen den beiden Dimensionen wird in Anlehnung an die automatische Dauerzählung auf der A 952, die in der „Verkehrsuntersuchung Bundesstraße B 2, Entlastungstunnel Sarnberg, aktuelle Datengrundlage 2002“ von Kurzak zitiert ist, davon ausgegangen, dass die Belastung der Spitzenstunde 10 % der halben Tagesbelastung beträgt und umgekehrt.

Eingangsdaten für die Leistungsberechnung sind die Strombelastungen der Konfliktströme und die Anzahl der für sie vorhandenen Fahrstreifen. Die Strombelastung des maßgebenden Konfliktpunkts für das Jahr 2002 ergibt sich aus der „Verkehrsuntersuchung Bundesstraße B 2, Entlastungstunnel Sarnberg, 2003, aktuelle Datengrundlage 2002“ von Kurzak. Die Strombelastungen der Jahre 2013 und 2030 werden daraus hochgerechnet. Die Anzahl der vorhandenen Fahrstreifen ergibt sich aus der Bauform des Knotenpunkts.

### Berechnung der Auslastung im Jahr 2002 für den Knotenpunkt Moosstr.

Die für die Berechnung der Auslastung erforderlichen Strombelastungen der Knotenpunkte werden der o.g. Untersuchung von Kurzak entnommen:

Bild A1: Strombelastungen für die Spitzenstunde 7:30 bis 8:30 Uhr in Kfz/Std.



Bei den Strombelastungen in Bild 1 sind die Geradausströme nicht angegeben. Diese Daten lassen sich allerdings ergänzen, weil Kurzak auf S. 12 seiner „Verkehrsuntersuchung Bundesstraße B 2, Entlastungstunnel Sarnberg, aktuelle Datengrundlage 2002“ schreibt, „von Sarnberg werden in der Morgenspitze 1.500 -1.600 Kfz/Std kommen (2-spurig von der signalisierten Kreuzung Münchner Straße / Leutstettener Straße), während aus dem Tunnel ... 600 -700 Kfz/Std zufahren werden“. In der Morgenspitze ergibt sich demnach eine maximale Belastung von 2.300 Kfz/Std in Richtung Osten.

Die o.g. Konfliktströme des Knotenpunkts Moosstr. hatten im Jahr 2002 folgende Belastung:

- Der Geradeausverkehr entlang der Münchner Str. Richtung Osten umfasst die Summe der aus dem Tunnel kommenden und auf der Oberfläche zufahrenden Kraftfahrzeuge (700+1.600) abzüglich der 104 Linksabbieger, die von der Münchner Str. heute in die Gautinger Str. und nach dem Bau des Tunnels in die Moosstr. fahren. Insgesamt beträgt die Strombelastung des Geradeausverkehrs damit  $700 + 1.600 - 104 = \mathbf{2.196 \text{ Kfz/Std}}$ . Sie teilt sich auf 2 Fahrstreifen auf.
- Der Linksabbiegestrom aus der Moosstr. erhöht sich um die heutigen Linksabbieger aus der Gautinger Str.. Zusammen sind dies  $237 + 146 = \mathbf{383 \text{ Kfz/Std}}$ . Der Strom verfügt über 1 Fahrstreifen.
- Der Rechtsabbiegestrom aus der Perchastr. hat zusammen mit dem Geradeausverkehr nur einen gemeinsamen Fahrstreifen, so dass die Fahrzeuge nur nacheinander fahren können. Deshalb muss die Belastung des Geradeausverkehrs zur Belastung des Rechtsabbiegeverkehrs hinzu addiert werden. Für den Geradeausverkehr liegt jedoch keine Zahl vor, so dass für die Zusammenfassung der beiden Ströme  $\mathbf{24 \text{ Kfz/Std}}$  verbleiben.

Mit diesen Eingangsdaten läuft die Berechnung der Leistungsfähigkeit in der Tabelle A1 wie folgt ab:

- Wenn die Strombelastung der Konfliktströme (Spalte 2) durch die Anzahl der für sie verfügbaren Fahrstreifen (Spalte 3) geteilt wird, ergibt sich ihre Fahrstreifenbelastung (Spalte 4).
- Lkw haben einen höheren Grünzeitbedarf als Pkw. Um dies zu berücksichtigen, erfolgt eine Umrechnung der Kfz-Belastung auf eine fiktive Pkw-Belastung. Maßeinheit ist dabei die „Pkw-Einheit“. Für die Umrechnung wird der Lkw-Anteil des betrachteten Verkehrsstromes benötigt. Solche Daten liegen für das Jahr 2002 nicht explizit vor. Für die Umrechnung von Kfz-Strömen in Pkw-Einheiten wird von folgenden Größen ausgegangen: Lkw-Anteil: 3%, Grünzeitbedarf eines Lkw: Das 1,8-fache eines Pkw. Damit ergibt sich ein Faktor von  $1 \cdot 97\% + 1,8 \cdot 3\% = 1,02$  für die Umrechnung. Dieser Faktor ist angesichts des hier unterstellten Lkw-Anteils so gering, dass auch leicht veränderte Annahmen über den Anteil der Lkw und ihren Grünzeitbedarf kaum Auswirkungen auf die Auslastung der untersuchten Knotenpunkte haben.
- Eine Umlaufdauer von 90 sek entspricht 40 Umläufen/Std. Mit diesem Wert wird die Fahrstreifenbelastung von Pkw-Einh./Std in Pkw-Einh./Umlauf umgerechnet (Spalte 6).
- Aus der Anzahl der Pkw-Einh./Umlauf und einem Grünzeitbedarf von 2,0 sek/Pkw-Einh. wird für die Konfliktströme die erforderliche Grünzeit je Umlauf ermittelt (Spalte 7).
- Die verfügbare Grünzeit je Umlauf ergibt sich aus der Umlaufdauer minus der Summe der erforderlichen Schutzzeiten. Das Verhältnis zwischen der für die Summe der Konfliktströme erforderlichen Grünzeit und der verfügbaren Grünzeit stellt schließlich die Auslastung der Konfliktstromgruppe dar und – wenn es sich dabei um die am stärksten belastete Konfliktstromgruppe handelt – die Auslastung des Knotenpunkts.

Tabelle A1: Auslastung des Knotenpunkts Moosstr. für 2002

Eingangsdaten			Berechnung					
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8
Zufahrt / Fußgängerüberweg		Strombelastung in Kfz/Std	Anzahl der Fahrstreifen	Fahrstreifenbelastung <sup>1)</sup> in Kfz/Std	Fahrstreifenbelastung <sup>2)</sup> in PKW-E/Std	Fahrstreifenbelastung je Umlauf <sup>3)</sup> in PKW-E/Std	Grünzeitbedarf <sup>4)</sup> je Umlauf in Sek	erforderl. nachfolgd. Schutzzeit in Sek <sup>5)</sup>
Münchner Str. West, Geradeaus		2.196	2	1.098	1.120	28	50	6
Moosstr., Linksabbieger		383	1	383	391	10	18	6
Perchastr., Geradeaus + Rechtsabb. <sup>6)</sup>		24	1	24	24	1	0	0
Fußgänger über die Münchner Str. <sup>7)</sup>							8	17
∑ erforderliche Grünzeit / Umlauf							76	
∑ erforderliche Schutzzeiten / Umlauf								29
verfügbare Grünzeit / Umlauf <sup>8)</sup>							61	
Auslastung (erford./verfügb. Grünzeit)							125 %	

- 1) Die Fahrstreifenbelastung ergibt sich aus der Strombelastung geteilt durch die Anzahl der Fahrstreifen
- 2) Die Umrechnung der Kfz-Belastung in eine Belastung von Pkw-Einh./Std erfolgt aufgrund des längeren Grünzeitbedarfs der Lkw bei einem Lkw-Anteil von 3,0% mit dem Faktor 1,02.
- 3) Bei einer Umlaufdauer von 90 sek gibt es 40 Umläufe je Std.
- 4) Der Grünzeitbedarf je Pkw-Einh. beträgt 1,8 sek. Die Mindestgrünzeit beträgt 5 sek.
- 5) Die erforderliche nachfolgende Schutzzeit ist abhängig von der Straßengeometrie; sie beträgt i.M. 6 sek je Konfliktstrom.
- 6) Die wenigen Fahrzeuge des Rechtsabbiegestroms können den parallellaufenden Fußgängerstrom während dessen Grünzeit unter Beachtung des Vorrangs der Fußgänger queren und benötigen daher keine eigene Grünzeit (→ Grünzeitbedarf = 0).
- 7) Die Breite der Straße beträgt bei 6 Fahrstreifen  $6 \cdot 3 \text{ m} + 2 \text{ m}$  Mittelstreifen = 20 m. Dies ergibt einen Grünzeitbedarf von  $20 \text{ m} : 1,2 \text{ m/sek} = 17 \text{ sek}$ .
- 8) Verfügbare Grünzeit je Umlauf = Umlaufdauer abzüglich der erforderliche Schutzzeiten.

Der Abfluss vom Knotenpunkt Moosstr. in die Münchner Str. beträgt (als Summe der Konfliktströme) 2.603 Kfz/Std. Dies ist deutlich mehr als die in der Münchner Str. erhobenen 1.995 Kfz/Std. Dieser Wert müsste mit dem Abfluss vom Knotenpunkt Moosstr. übereinstimmen, denn zwischen beiden Querschnitten gibt es weder eine Zufahrt noch eine Abfahrt. Die Differenz der Belastungswerte lässt sich als Differenz zwischen der tatsächlichen Verkehrsnachfrage und der realisierten Verkehrsnachfrage erklären: Durch den Engpass am Knotenpunkt Tutzing-Hof-Platz wird der Verkehr dort gestaut, und es kommt weniger Verkehr am Knotenpunkt Moosstr. an. Da Kurzak in seiner Verkehrsuntersuchung 2003 davon ausgeht, dass der Tunnel im Jahre 2002 schon vorhanden ist, entfällt der Engpass am Tutzing Hofplatz, und die von Kurzak angegebene Belastung am östlichen Tunnelmund, die Ausgangsgröße der Berechnung ist, entspricht der tatsächlichen Nachfrage und nicht der durch den Engpass erzeugten realisierten Nachfrage. Einen analogen Effekt hat auch der Knotenpunkt Moosstr. selbst: Da die Auslastung dort über 100 % beträgt, kann nur ein Teil der zufließenden Nachfrage als realisierte Nachfrage abfließen. Der Rest wird zu Stau. Aus diesen Gründen ist die Ermittlung der Leistungsfähigkeit für die Ortsdurchfahrt nur dann realistisch, wenn sie von der tatsächlichen Nachfrage und damit von dem hypothetischen Fall eines im Jahr der Berechnung bereits bestehenden Tunnels ausgeht. Dies gilt auch für die im nächsten Kapitel folgende Berechnung für das Jahr 2013.

## Berechnung der Auslastung im Jahr 2013 für die Knotenpunkte Moosstr. und Petersbrunner Str.

Der Zufluss zu den Knotenpunkten Moosstr. und Petersbrunner Str. aus Westen setzt sich aus folgenden Verkehrsströmen zusammen:

- Ost-West-Durchgangsverkehr entlang der B 2 oder durch die Innenstadt,
- Nord-Ost-Verkehr über die St 2069 und den Tutzing-Hof-Platz,
- Verkehr aus anderen Richtungen (Quell-, Ziel- und Binnenverkehr, sonstiger Durchgangsverkehr).

Es wird angenommen, dass wegen der verkehrlichen Verbesserungen auf der St 2069 (Ausbau der Umfahrung Oberbrunn / Unterbrunn nördlich von Starnberg) und der Verlängerung der A 99 in München bis zur A 96 10 % des **Ost-West-Durchgangsverkehrs** den schnelleren Weg nach München über die St 2069 und die A 96 wählen (s. vorn). Die Belastung im Ost-West-Durchgangsverkehr betrug in der morgendlichen Spitzenstunde in Richtung Osten im Jahr 2002 700 Kfz/Std. Hochgerechnet auf das Jahr 2013 sind dies  $1,12 \cdot 700 = 784$  Kfz/Std. Wenn sich diese Belastung um 10 % = 78 Kfz/Std reduziert, verbleiben **706 Kfz/Std.**

Der **Nord-Ost-Verkehr** lässt sich vom Gesamtverkehr anhand einer Herkunft-Ziel-Befragung an der St 2069 südlich der Waldkreuzung aus dem Jahr 2013 abgrenzen (s. Kurzak: „Untersuchung Starnberg, St 2069 Hanfelder Str., Herkünfte und Ziele des Verkehrs, 2013“). Bei der Befragung wurden nach Norden fahrende Pkw und Lkw > 7,5 t nach ihrer Herkunft befragt.

Tabelle A2: Zusammengefasste Ergebnisse der Herkunft-Ziel-Befragung 2013 an der St 2069

	Zeile Nr.	Herkünfte	Befragte und auf Tag hochgerechnete Kfz			
			Pkw/Tag Richtung Nord	Lkw>7,5 t/Tag Richtung Nord <sup>1)2)</sup>	Pkw+Lkw > 7,5 t Richtung Nord	Gesamte Kfz Richtung Nord <sup>3)</sup>
Innerhalb Starnbergs	1	Wohngebiete längs der Hanfelder Str.	1.750	65	1.815	1.844
	2	Söcking	680	25	705	716
	3	Innenstadt und Süd	1.000	37	1.037	1.054
	4	östl. der Bahn einschl. Percha	720	26	746	758
Außerhalb Starnbergs	5	Orte am westl. Seeufer und Weilheim	790	70	860	891
	6	Berg	320	24	344	355
	7	Wangen	30	5	35	37
	8	A 95 Nord (Richtung München)	60	0	60	60
	9	A 95 Süd (Richtung Garmisch)	950	128	1.078	1.135
Summe			6.300	380	6.680	6.850

<sup>1)</sup> Lt. Anl. 2 der Untersuchung von Kurzak handelt es sich hier um Lkw > 12 to. Die Formulierungen und Zahlen auf den S. 1 und 2 sprechen dagegen von Lkw ab 7,5 to. In jedem Fall wurden Lkw > 3,5 to und < 7,5 to nicht erfasst.

<sup>2)</sup> Die Herkünfte aus dem Stadtgebiet von Starnberg sind nicht nach einzelnen Stadtbezirken getrennt erfasst worden. Die Gesamtzahl der aus dem Stadtgebiet von Starnberg kommenden Lkw wird hier deshalb im selben Verhältnis auf die einzelnen Stadtbezirke aufgeteilt wie bei den Pkw (grau unterlegt Werte).

<sup>3)</sup> Kurzak hat nur Pkw und Lkw > 7,5 t befragt. Die Lkw zwischen 3,5 t und 7,5 t fehlen. Sie lassen sich mit Hilfe der Lkw- Belastung des Befragungsquerschnitts hochrechnen, die lt. Angaben von Kurzak 1.100 Lkw/24 Std beträgt. Die sind in Richtung Nord  $1.100 / 2 = 550$  Lkw/24 Std. Befragt wurden lt. Tabelle 3 Lkw > 7,5 t, so dass die Anzahl der befragten Lkw mit dem Faktor 1,45 hochgerechnet werden muss. Dabei wird unterstellt, dass sich die nicht befragten Lkw zwischen 3,5 und 7,5 t genauso verhalten, wie die befragten Lkw > 7,5 t.

Bei dieser Befragung wird unterstellt, dass der Verkehr des gesamten Tages spiegelbildlich abläuft, d.h. die Herkünfte in Nordrichtung sind über den Tag hinweg auch die Ziele in Südrichtung.

Der Nord-Ost-Verkehr hat wegen der o.g. Verbesserungen auf der St 2069 und der A 99 in München stärker zugenommen als der allgemeine Verkehr. Insgesamt wurden am untersuchten Querschnitt im Jahr 2013 13.000 Kfz/Tag (in beiden Richtungen) gezählt. Dies ist eine Zunahme von 55% gegenüber 2002. Sie ist in den Daten der Tabelle 3 bereits enthalten.

Der Umfang des Nord-Ost-Verkehrs kann aufgrund der Ergebnisse der Herkunft-Ziel-Befragung abgeschätzt und vom Verkehr aus den anderen Richtungen abgegrenzt werden. Lt. Tabelle 3 kommen 2.345 Kfz/Tag von der Moosstr. (Summe der Zeilen 4, 6, 7, 8 und 9). Wegen der Spiegelbildlichkeit der Tagesbelastung fährt dieselbe Menge von der Hanfelder Str. zur Moosstr.. In der morgendlichen Spitzenstunde sind dies  $0,1 \cdot 2.345 = \mathbf{234 \text{ Kfz/Std.}}$

Der **sonstige Verkehr**, der aus anderen Richtungen als von der B 2 West zum Knotenpunkt Moosstr. floss, betrug 2002 in der morgendlichen Spitzenstunde 1.600 Kfz/Std (s. dort). Dieser Wert enthielt auch den Verkehr, der von der St 2069 kam. Weil er sich anders weiterentwickelt hat, muss der Verkehr der von der Hanfelder Str. zur Moosstr. fährt aus dem Verkehr, der insgesamt aus anderen Richtungen kommt, herausgerechnet werden. Beide Verkehre müssen dann mit unterschiedlichen Zuwachsfaktoren hochgerechnet werden. Im Jahr 2013 betrug der Verkehr von der Moosstr. lt. der o.g. Herkunftsbefragung 234 Kfz/Std. Auf das Jahr 2002 zurückgerechnet, waren dies  $234 / 1,55 = 151$  Kfz/Std, so dass für den Verkehr aus den anderen Richtungen ohne den Verkehr von der St 2069 noch  $1.600 - 151 = 1.449$  Kfz/Std bleiben. Hochgerechnet auf 2013 sind dies  $1,12 \cdot 1.449 = \mathbf{1.623 \text{ Kfz/Std.}}$

Der von Westen auf die Knotenpunkte Moosstr. und Petersbrunner Str. zufließende **Gesamtverkehr** setzt sich wie folgt zusammen: 706 (Ost-West-Verkehr) + 234 (Nord-Ost-Verkehr) + 1.632 (Verkehr aus anderen Richtungen) = **2.572 Kfz/Std.**

Um sowohl die Wirkung des Anschlusses der Petersbrunner Str. an die Münchner Str. als auch die der Verlegung der Fußgängerüberwege beurteilen zu können, werden folgende Planfälle untersucht:

- Ohne Anschluss der Petersbrunner Str., Fußgängerüberwege am Knotenpunkt Moosstr.,
- Mit Anschluss der Petersbrunner Str., Fußgängerüberwege an beiden Knotenpunkten,
- Mit Anschluss der Petersbrunner Str., keine Fußgängerüberwege an beiden Knotenpunkten.

Die Belastung der Ströme, die den des maßgebenden Konfliktpunkt bilden, beträgt für den Fall ohne Anschluss der Petersbrunner Str.:

- Geradeausstrom auf der Münchner Str.: 2.572 (Gesamtzufuss von Westen) –  $1,12 \cdot 104$  Linksabbieger in die Moosstr. = **2.456 Kfz/Std.**
- Linksabbiegestrom aus der Moosstr.:  $1,12 \cdot 383 = \mathbf{429 \text{ Kfz/Std.}}$
- Summe aus Geradeausstrom und Rechtsabbiegestrom aus der Perchastr. – sie müssen addiert werden, weil nur 1 Fahrstreifen zur Verfügung steht:  $1,12 \cdot 24 = \mathbf{27 \text{ Kfz/Std.}}$

Mit diesen Belastungen wird nachfolgend die Auslastung des Knotenpunkts Moosstr. berechnet:

**Tabelle A3:** Auslastung des Knotenpunkts Moosstr. für 2013 ohne Anschluss der Petersbrunner Str. an die Münchner Str. aber mit Fußgängerüberwegen beidseits des Knotenpunkts

Eingangsdaten			Berechnung				
Zufahrt / Fußgängerüberweg	Strombelastung in Kfz/Std	Anzahl der Fahrstreifen	Fahrstreifenbelastung <sup>1)</sup> in Kfz/Std	Fahrstreifenbelastung <sup>2)</sup> in PKW-E/Std	Fahrstreifenbelastung je Umlauf <sup>3)</sup> in PKW-E/Std	Grünzeitbedarf <sup>4)</sup> je Umlauf in Sek	erforderl. nachfolgd. Schutzzeit in Sek <sup>5)</sup>
Münchner Str. West, Geradeaus	2.456	2	1.228	1.253	31	56	6
Moosstr., Linksabbieger	429	1	429	438	11	20	6
Perchastr., Geradeaus + Rechtsabb. <sup>6)</sup>	27	1	35	35	1	0	0
Fußgänger über die Münchner Str. <sup>7)</sup>						8	17
∑ erforderliche Grünzeit / Umlauf						84	
∑ erforderliche Schutzzeiten / Umlauf							29
verfügbare Grünzeit / Umlauf <sup>8)</sup>						61	
Auslastung(erford./verfügb. Grünzeit)							138 %

Fußnoten s. Tabelle A1

Aufgrund der zwischen den Jahren 2002 und 2013 angestiegenen Belastung nimmt die Auslastung des Knotenpunkts Moosstr. mit beidseitigen Fußgängerüberwegen von 138% (Tabelle A1) auf 152% zu, also um rd. 10 %. Dies entspricht in etwa der Zunahme der Belastung von angenommenen 12 %.

Vom Knotenpunkt Moosstr. fließen lt. Berechnung insgesamt 2.912 Kfz/Std nach Osten ab (Summe der Belastungen der Konfliktströme, s. Tabelle 4; Der Zählwert beträgt 2.150 Kfz/Std (vgl. die o.g. Untersuchungen von Kurzak, Querschnitt westl. AS Percha: Ziel- und Quellverkehr 2002 · 1,12 + Durchgangsverkehr 2013, umgerechnet auf die morgendliche Spitzenstunde). Hinsichtlich der Differenz zwischen gerechneter und gezählter Belastung wird auf die Anmerkung im Zusammenhang mit der Leistungsberechnung für das Jahr 2002 verwiesen.

Die Strombelastungen verändern sich durch den Anschluss der Petersbrunner Str. folgendermaßen:

- Der Linksabbiegestrom aus der Moosstr. umfasst ohne Anbindung der Petersbrunner Str.  $1,12 \cdot 383 = 429$  Kfz/Std. Es wird angenommen, dass sich diese Belastung bei Anbindung der Petersbrunner Str. jeweils zur Hälfte auf die beiden Knotenpunkte Moosstr. und Petersbrunner Str. aufteilt. Damit beträgt die entsprechende Strombelastung an beiden Knotenpunkten jeweils **215 Kfz/Std.**
- Der Geradeausstrom am Knotenpunkt Petersbrunner Str. muss zusätzlich die Linksabbieger aus der Moosstr. aufnehmen. Er weist damit eine Belastung von  $2.456 + 215 = \mathbf{2.671}$  Kfz/Std. auf.

Die Auslastungen der Knotenpunkte Moosstr. und Petersbrunner Str. werden nachfolgend für den Fall berechnet, dass die Petersbrunner Str. an die Münchner Str. angeschlossen wird:

**Tabelle A4:** Auslastung des Knotenpunkts Moosstr. für 2013 mit Anschluss der Petersbrunner Str. an die Münchner Str. und mit Fußgängerüberwegen beidseits der Knotenpunkte

Eingangsdaten			Berechnung				
Zufahrt / Fußgängerüberweg	Strombelastung in Kfz/Std	Anzahl der Fahrstreifen	Fahrstreifenbelastung <sup>1)</sup> in Kfz/Std	Fahrstreifenbelastung <sup>2)</sup> in PKW-E/Std	Fahrstreifenbelastung je Umlauf <sup>3)</sup> in PKW-E/Std	Grünzeitbedarf <sup>4)</sup> je Umlauf in Sek	erforderl. nachfolgd. Schutzzeit in Sek <sup>5)</sup>
Münchner Str. West, Geradeaus	2.456	2	1.228	1.253	31	56	6
Moosstr., Linksabbieger	215	1	215	219	5	10	6
Perchastr., Geradeaus + Rechtsabb. <sup>6)</sup>	27	1	35	35	1	0	0
Fußgänger über die Münchner Str. <sup>7)</sup>						8	17
∑ erforderliche Grünzeit / Umlauf						74	
∑ erforderliche Schutzzeiten / Umlauf							29
verfügbare Grünzeit / Umlauf <sup>8)</sup>						61	
Auslastung (erford./verfügb. Grünzeit)							121 %

Fußnoten s. Tabelle A1

**Tabelle A5:** Auslastung des Knotenpunkts Petersbrunner Str. für 2013 **mit** Fußgängerüberwegen beidseits des Knotenpunkts

Eingangsdaten			Berechnung				
Zufahrt / Fußgängerüberweg	Strombelastung in Kfz/Std	Anzahl der Fahrstreifen	Fahrstreifenbelastung <sup>1)</sup> in Kfz/Std	Fahrstreifenbelastung <sup>2)</sup> in PKW-E/Std	Fahrstreifenbelastung je Umlauf <sup>3)</sup> in PKW-E/Std	Grünzeitbedarf <sup>4)</sup> je Umlauf in Sek	erforderl. nachfolgd. Schutzzeit in Sek <sup>5)</sup>
Münchner Str. West, Geradeaus	2.671	2	1.336	1.362	34	61	6
Petersbrunner Str., Linksabbieger	215	1	215	219	5	10	6
Strandbadstr., Gerade. + Rechtsabb. <sup>6)</sup>	35	1	35	35	1	0	0
Fußgänger über die Münchner Str. <sup>7)</sup>						8	17
∑ erforderliche Grünzeit / Umlauf						79	
∑ erforderliche Schutzzeiten / Umlauf							29
verfügbare Grünzeit / Umlauf <sup>8)</sup>						61	
Auslastung (erford./verfügb. Grünzeit)							130 %

Fußnoten s. Tabelle A1

Die Berechnung wird anschließend für die veränderte Fußgängerführung – keine Fußgänger und Radfahrerüberwege über die Münchner Str. mehr an den beiden Knotenpunkten, sondern nur noch in der Mitte zwischen der Moosstr. und der Petersbrunner Str. – wiederholt. Aufgrund des Verzichts auf Fußgängerüberwege entfallen der Grünzeitbedarf und der Schutzzeitbedarf für die Fußgänger. Dadurch benötigen die Geradeausfahrer und die Rechtsabbieger aus der Perchastr. und der Strandbadstr. aber eine eigene Grünzeit von 5 sek, denn sie können den Fußgängerstrom nicht mehr während der Grünzeit der Fußgänger durchsetzen.

**Tabelle A6:** Auslastung des Knotenpunkts Petersbrunner Str. für 2013 **ohne** Fußgängerüberwege am Knotenpunkt

Eingangsdaten			Berechnung				
Zufahrt / Fußgängerüberweg	Strombelastung in Kfz/Std	Anzahl der Fahrstreifen	Fahrstreifenbelastung <sup>1)</sup> in Kfz/Std	Fahrstreifenbelastung <sup>2)</sup> in PKW-E/Std	Fahrstreifenbelastung je Umlauf <sup>3)</sup> in PKW-E/Std	Grünzeitbedarf <sup>4)</sup> je Umlauf in Sek	erforderl. nachfolgd. Schutzzeit in Sek <sup>5)</sup>
Münchner Str. West, Geradeaus	2.658	2	1.329	1.355	34	61	6
Petersbrunner Str., Linksabbieger	215	1	215	219	6	10	6
Perchastr., Geradeaus + Rechtsabb.	27	1	35	35	1	5	6
$\Sigma$ erforderliche Grünzeit / Umlauf						76	
$\Sigma$ erforderliche Schutzzeiten / Umlauf							18
verfügbare Grünzeit / Umlauf <sup>8)</sup>						72	
Auslastung (erford./verfügb. Grünzeit)						106 %	

Fußnoten s. Tabelle A1

Die Belastung des Tunnels beträgt 706 Kfz/Std. Eine ausreichende Leistung des Tunnels ist damit gegeben.

## Berechnung der Auslastung im Jahr 2030 für den Knotenpunkt Petersbrunner Str.

Von den beiden Knotenpunkten wird nur noch die Auslastung des Knotenpunkts Petersbrunner Str. berechnet, weil sie von vorn herein höher ist als die Auslastung des Knotenpunkts Moosstr.

Der **Ost-West-Durchgangsverkehr** betrug im Jahr 2013 706 Kfz/Std (vgl. Zusammenstellung der Belastung vor der Tab. 4). Da bei der Berechnung für das Jahr 2013 davon ausgegangen wurde, dass aufgrund des Ausbaus der St 2069 (Umfahrung Oberbrunn-Unterbrunn) und der Verlängerung der A 99 in München 10 % des damaligen Ost-West-Verkehrs (10 % von 784 = 78 Kfz/Std) den Weg über die St 2069 und die A 96 genommen haben, muss für die nachfolgende Sensitivitätsanalyse die damalige Verlagerung von 78 Kfz/Std rechnerisch rückgängig gemacht werden. Der auf das Jahr 2030 hochgerechnete Ost-West-Durchgangsverkehr beträgt  $1,13 \cdot (706 + 78) = 886$  **Kfz/Std**.

Der **sonstige Verkehr**, der auf die Knotenpunkte Moosstr. und Petersbrunner Str. zufließt, betrug im Jahr 2013 234 (Nord-Ost-Verkehr) + 1.623 (Verkehr aus anderen Richtungen) = 1.857 Kfz/Std (vgl. Zusammenstellung der Belastung vor der Tab. 4). Hochgerechnet auf das Jahr 2030 sind dies  $1,13 \cdot 1.857 = 2.098$  **Kfz/Std**.

Der gesamte vom Westen auf die beiden Knotenpunkte Moosstr. und Petersbrunner Str. zufließende Verkehr beträgt  $886$  (Ost-West-Durchgangsverkehr) +  $2.098$  (sonstiger Verkehr) = **2.984 Kfz/Std**.

Die Belastung der Ströme des maßgebenden Konfliktpunkts beträgt für die Petersbrunner Str.:

- Der Linksabbiegestrom aus der Petersbrunner Str. umfasst  $1,13 \cdot 215 = 243$  **Kfz/Std**.
- Von der Verkehrsbelastung, die von Westen insgesamt auf den Knotenpunkt Petersbrunner Str. zufließt, und die 2.980 Kfz/Std beträgt, ist die Anzahl der Linksabbieger in die Petersbrunner Str. in Höhe von  $1,13 \cdot 116 = 131$  Kfz/Std abzuziehen. Umgekehrt sind 243 Kfz/Std hinzuzurechnen, die als Linksabbieger aus der Moosstr. an der Petersbrunner Str. als zusätzliche Geradeausfahrer

auftreten. Zusammengefasst beträgt die Belastung im Geradeausverkehr  $2.984 - 131 + 243 = 3.096$  Kfz/Std.

- Die Belastungen des Geradeausstroms und des Rechtsabbiegestroms aus der Strandbadstr., die addiert werden müssen weil nur 1 Fahrstreifen verfügbar ist, beträgt  $1,13 \cdot 27 = 30$  Kfz/Std.

**Tabelle A7:** Veränderte Belastung des Knotenpunkts Petersbrunner Str. bei Verlagerung alternativer Prozentsätze des Ost-West-Durchgangsverkehrs

Verlagerter Anteil des O-W-Verkehrs	Verlagerte Belastung des O-W-Verkehrs	Verbleibende Belastung im Geradeausverkehr am Knotenpunkt
0 %	0	3.096 Kfz/Std
10 %	89 Kfz/Std	3.007 Kfz/Std
30 %	267 Kfz/Std	2.829 Kfz/Std
50 %	444 Kfz/Std	2.652 Kfz/Std
70 %	622 Kfz/Std	2.474 Kfz/Std
90 %	800 Kfz/Std	2.296 Kfz/Std

Nachfolgend werden die Auslastungen des Knotenpunkts Petersbrunner Str. für die getroffenen Annahmen berechnet. Von den beiden Knotenpunkten Moosstr. und Petersbrunner Str. erfolgt dies nur noch für den Knotenpunkt Petersbrunner Str., weil die Auslastung dieses Knotenpunkts von vorn herein höher ist als die Auslastung des Knotenpunkts Moosstr.

**Tabelle A8:** Auslastung des Knotenpunkts Petersbrunner Str. für 2030 unter der Annahme, dass **10 %** des Ost-West-Verkehrs den Weg über die St 2069 und die A 96 nehmen

Eingangsdaten			Berechnung				
Zufahrt / Fußgängerüberweg	Strombelastung in Kfz/Std	Anzahl der Fahrstreifen	Fahrstreifenbelastung <sup>1)</sup> in Kfz/Std	Fahrstreifenbelastung <sup>2)</sup> in PKW-E/Std	Fahrstreifenbelastung je Umlauf <sup>3)</sup> in PKW-E/Std	Grünzeitbedarf <sup>4)</sup> je Umlauf in Sek	erforderl. nachfolgd. Schutzzeit in Sek <sup>5)</sup>
Münchner Str. West, Geradeaus	3.007	2	1.504	1.534	38	69	6
Petersbrunner Str., Linksabbieger	243	1	243	248	6	11	6
Strandbadstr., Geradeaus + Rechts	30	1	38	39	1	5	6
∑ erforderliche Grünzeit / Umlauf						85	
∑ erforderliche Schutzzeiten / Umlauf							18
verfügbare Grünzeit / Umlauf <sup>8)</sup>						72	
Auslastung							118 %

Fußnoten s. Tabelle A1

Die Belastung des Tunnels beträgt 797 Kfz/Std und Richtung. Damit ist eine ausreichende Leistungsfähigkeit des Tunnels gegeben.

**Tabelle A9:** Auslastung des Knotenpunkts Petersbrunner Str. für 2030 unter der Annahme, dass **30 %** des Ost-West-Verkehrs den Weg über die St 2069 und die A 96 benutzen

Eingangsdaten			Berechnung				
Zufahrt / Fußgängerüberweg	Strombelastung in Kfz/Std	Anzahl der Fahrstreifen	Fahrstreifenbelastung <sup>1)</sup> in Kfz/Std	Fahrstreifenbelastung <sup>2)</sup> in PKW-E/Std	Fahrstreifenbelastung je Umlauf <sup>3)</sup> in PKW-E/Std	Grünzeitbedarf <sup>4)</sup> je Umlauf in Sek	erforderl. nachfolgd. Schutzzeit in Sek <sup>5)</sup>
Münchner Str. West, Geradeaus	2.829	2	1.414	1.443	36	65	6
Petersbrunner Str., Linksabbieger	243	1	243	248	6	11	6
Strandbadstr., Geradeaus + Rechts	30	1	38	39	1	5	6
$\Sigma$ erforderliche Grünzeit / Umlauf						81	
$\Sigma$ erforderliche Schutzzeiten / Umlauf							18
verfügbare Grünzeit / Umlauf <sup>8)</sup>						72	
Auslastung							113 %

Fußnoten s. Tabelle A1

Die Belastung des Tunnels beträgt 620 Kfz/Std und Richtung. Damit ist eine ausreichende Leistungsfähigkeit des Tunnels gegeben.

**Tabelle A10:** Auslastung des Knotenpunkts Petersbrunner Str. für 2030 unter der Annahme, dass **50 %** des Ost-West-Verkehrs den Weg über die St 2069 und die A 96 nehmen

Eingangsdaten			Berechnung				
Zufahrt / Fußgängerüberweg	Strombelastung in Kfz/Std	Anzahl der Fahrstreifen	Fahrstreifenbelastung <sup>1)</sup> in Kfz/Std	Fahrstreifenbelastung <sup>2)</sup> in PKW-E/Std	Fahrstreifenbelastung je Umlauf <sup>3)</sup> in PKW-E/Std	Grünzeitbedarf <sup>4)</sup> je Umlauf in Sek	erforderl. nachfolgd. Schutzzeit in Sek <sup>5)</sup>
Münchner Str. West, Geradeaus	2.652	2	1.326	1.352	34	61	6
Petersbrunner Str., Linksabbieger	243	1	243	248	6	11	6
Strandbadstr., Geradeaus + Rechts <sup>6)</sup>	30	1	38	39	1	5	6
$\Sigma$ erforderliche Grünzeit / Umlauf						77	
$\Sigma$ erforderliche Schutzzeiten / Umlauf							18
verfügbare Grünzeit / Umlauf <sup>8)</sup>						72	
Auslastung							107 %

Fußnoten s. Tabelle A1

Die Belastung des Tunnels beträgt 443 Kfz/Std und Richtung.

**Tabelle A11:** Auslastung des Knotenpunkts Petersbrunner Str. für 2030 unter der Annahme, dass **70 %** des Ost-West-Verkehrs den Weg über die St 2069 und die A 96 nehmen

Eingangsdaten			Berechnung				
Zufahrt / Fußgängerüberweg	Strombelastung in Kfz/Std	Anzahl der Fahrstreifen	Fahrstreifenbelastung <sup>1)</sup> in Kfz/Std	Fahrstreifenbelastung <sup>2)</sup> in PKW-E/Std	Fahrstreifenbelastung je Umlauf <sup>3)</sup> in PKW-E/Std	Grünzeitbedarf <sup>4)</sup> je Umlauf in Sek	erforderl. nachfolgd. Schutzzeit in Sek <sup>5)</sup>
Münchner Str. West, Geradeaus	2.474	2	1.237	1.262	32	57	6
Petersbrunner Str., Linksabbieger	243	1	243	248	6	11	6
Strandbadstr., Geradeaus + Rechts <sup>6)</sup>	30	1	38	39	1	5	6
∑ erforderliche Grünzeit / Umlauf						73	
∑ erforderliche Schutzzeiten / Umlauf							18
verfügbare Grünzeit / Umlauf <sup>8)</sup>						72	
Auslastung							<b>101 %</b>

Fußnoten s. Tabelle A1

**Tabelle A12:** Auslastung des Knotenpunkts Petersbrunner Str. für 2030 unter der Annahme, dass **90 %** des Ost-West-Verkehrs den Weg über die St 2069 und die A 96 nehmen

Eingangsdaten			Berechnung				
Zufahrt / Fußgängerüberweg	Strombelastung in Kfz/Std	Anzahl der Fahrstreifen	Fahrstreifenbelastung <sup>1)</sup> in Kfz/Std	Fahrstreifenbelastung <sup>2)</sup> in PKW-E/Std	Fahrstreifenbelastung je Umlauf <sup>3)</sup> in PKW-E/Std	Grünzeitbedarf <sup>4)</sup> je Umlauf in Sek	erforderl. nachfolgd. Schutzzeit in Sek <sup>5)</sup>
Münchner Str. West, Geradeaus	2.296	2	1.148	1.171	29	53	6
Petersbrunner Str., Linksabbieger	243	1	243	248	6	11	6
Strandbadstr., Geradeaus + Rechts	30	1	38	39	1	5	6
∑ erforderliche Grünzeit / Umlauf						69	
∑ erforderliche Schutzzeiten / Umlauf							18
verfügbare Grünzeit / Umlauf <sup>8)</sup>						72	
Auslastung							<b>96 %</b>

Fußnoten s. Tabelle A1

Nachfolgend wird die Auslastung des Knotenpunkts Petersbrunner Str. für die Annahmen berechnet, dass der Zuwachs der Verkehrsnachfrage zwischen den Jahren 2013 und 2030 nicht wie bei den bisherigen Berechnungen unterstellt 0,7 % jährlich, sondern entweder 0,5 % jährlich oder 0,9 % jährlich betragen wird. Dabei wird angenommen, dass 10 % des Ost-West-Durchgangsverkehrs nicht über die Ortsumfahrung fahren, sondern den Weg über die Westumfahrung mit einer Verzweigung über die A 96 und die Nordumfahrung und die A 95 nehmen.

**Tabelle A13:** Auslastung des Knotenpunkts Petersbrunner Str. für 2030 unter der Annahme, dass **10 %** des Ost-West-Verkehrs den Weg über die St 2069 und die A 96 nehmen und unter der Annahme, dass der Verkehr nur um **0,5 % jährlich** wächst

Eingangsdaten			Berechnung				
Zufahrt / Fußgängerüberweg	Strombelastung in Kfz/Std	Anzahl der Fahrstreifen	Fahrstreifenbelastung <sup>1)</sup> in Kfz/Std	Fahrstreifenbelastung <sup>2)</sup> in PKW-E/Std	Fahrstreifenbelastung je Umlauf <sup>3)</sup> in PKW-E/Std	Grünzeitbedarf <sup>4)</sup> je Umlauf in Sek	erforderl. nachfolgd. Schutzzeit in Sek <sup>5)</sup>
Münchner Str. West, Geradeaus	2.909	2	1.454	1.484	37	67	6
Petersbrunner Str., Linksabbieger	235	1	235	240	6	11	6
Strandbadstr., Geradeaus + Rechts	30	1	38	39	1	5	6
$\Sigma$ erforderliche Grünzeit / Umlauf						83	
$\Sigma$ erforderliche Schutzzeiten / Umlauf							18
verfügbare Grünzeit / Umlauf <sup>8)</sup>						72	
Auslastung						115 %	

Fußnoten s. Tabelle A1

**Tabelle A14:** Auslastung des Knotenpunkts Petersbrunner Str. für 2030 unter der Annahme, dass **10 %** des Ost-West-Verkehrs den Weg über die St 2069 und die A 96 nehmen und unter der Annahme, dass der Verkehr um **0,9 % jährlich** wächst

Eingangsdaten			Berechnung				
Zufahrt / Fußgängerüberweg	Strombelastung in Kfz/Std	Anzahl der Fahrstreifen	Fahrstreifenbelastung <sup>1)</sup> in Kfz/Std	Fahrstreifenbelastung <sup>2)</sup> in PKW-E/Std	Fahrstreifenbelastung je Umlauf <sup>3)</sup> in PKW-E/Std	Grünzeitbedarf <sup>4)</sup> je Umlauf in Sek	erforderl. nachfolgd. Schutzzeit in Sek <sup>5)</sup>
Münchner Str. West, Geradeaus	3.097		1.549	1.580	39	71	6
Petersbrunner Str., Linksabbieger	250	1	250	255	6	11	6
Strandbadstr., Geradeaus + Rechts	30	1	38	39	1	5	6
$\Sigma$ erforderliche Grünzeit / Umlauf						87	
$\Sigma$ erforderliche Schutzzeiten / Umlauf							18
verfügbare Grünzeit / Umlauf <sup>8)</sup>						72	
Auslastung						121 %	

Fußnoten s. Tabelle A1

## Berechnung der Belastungen von Nordumfahrung und Osttangente

Die **Nordumfahrung** erhält voraussichtlich folgende Belastung:

- Rd. 40% des Ost-West-Durchgangsverkehrs, der bisher über die B 2 fährt.

Für das Jahr 2002 wird von Kurzak eine Belastung des Ost-West-Durchgangsverkehrs von 9.040 (über die B2) + 5.420 (durch die Innenstadt) = 14.460 Kfz/Tag genannt, die auf das Jahr 2030 hochgerechnet eine Belastung von  $1,12 \cdot 1,13 \cdot 14.460 = 18.300$  Kfz/Tag ergibt. Es wird angenommen, dass davon 20 % durch Starnberg fahren und die Hälfte der verbleibenden 80 % über die Nordumfahrung zur A 95 fährt. Damit beträgt die Belastung der Nordumfahrung aus dem Ost-West-Durchgangsverkehr  $0,8 \cdot 0,5 \cdot 18.300 = 7.320$  Kfz/Tag, also rd. 7.500 Kfz/Tag.

- 100 % des Nord-Ost-Verkehrs, der bisher über die Hanfelder Str. fährt.

Der Umfang des Nord-Ost-Verkehrs ist der Untersuchung von Kurzak „Untersuchung Starnberg, St 2069 Hanfelder Str., Herkünfte und Ziele des Verkehrs, 2013“ zu entnehmen. In der dortigen Herkunftsbefragung, deren Ergebnisse in der vorliegenden Untersuchung in der Tabelle A3 zusammengefasst sind, wird für diesen Verkehr für das Jahr 2013 eine Belastung von 1.195 Kfz/Tag in Richtung A 95 (München oder Garmisch) angegeben (Summe der Zeilen 8 und 9). Wegen der Spiegelbildlichkeit des Tagesverkehrs ist dies eine Querschnittsbelastung von

2.390 Kfz/Tag, die, mit dem Faktor 1.13 auf das Jahr 2030 hochgerechnet, eine Querschnittsbelastung von  $1,13 \cdot 2.390 = 2.701$  Kfz/Tag, also rd. 2.700 Kfz/Tag ergibt, mit zunehmender Tendenz wegen der Funktion einer Verbindungsstr. zwischen den beiden Autobahnen.

- **Rd. 70 % des Ziel- und Quellverkehrs Richtung München aus den nördlichen Wohngebieten.**  
Daten gibt es nur für den Verkehr, der aus den nördlichen Wohngebieten (Gebiete beidseits der Hanfelder Str. und Söcking) über die St 2069 nach Norden fährt. Sie sind der Untersuchung von Kurzak „Untersuchung Starnberg, St 2069 Hanfelder Str., Herkünfte und Ziele des Verkehrs, 2013“ zu entnehmen. In der dortigen Herkunftsbefragung, deren Ergebnisse in der vorliegenden Untersuchung in der Tabelle 3 zusammengefasst sind, wird für diesen Verkehr für das Jahr 2013 eine Belastung von 2.560 Kfz/Tag in Richtung Norden angegeben (Summe der Zeilen 1 und 2). Wegen der unterstellten Spiegelbildlichkeit des Tagesverkehrs ist dies eine Querschnittsbelastung von 2.560 Kfz/Tag und mit dem Faktor 1.13 auf das Jahr 2030 hochgerechnet eine Querschnittsbelastung von  $1,13 \cdot 2.560 = 2.900$  Kfz/Tag. Es wird unterstellt, dass heute 50% des Ziel- und Quellverkehrs aus den nördlichen Wohngebieten über die St 2069 und die A 96 nach München fährt und ebenfalls 50 % über den Tutzing-Hof-Platz und die A 95. Damit beträgt die Belastung, die nach Fertigstellung der Nordumfahrung aus der Ortsdurchfahrt auf die Nordumfahrung verlagert wird,  $0,5 \cdot 0,7 \cdot 2.900 = 827,5$ , also rd. 800 Kfz/Tag.

Die Belastung der Nordumfahrung beträgt im Jahr 2030  $7.500 + 2.700 + 800 = 11.000$  Kfz/Tag.

Für die Belastungen der **Osttangente** werden folgende Werte angenommen:

- **80 % des Verkehrs, der die Hanfelder Str. gegenwärtig zwischen Hanfeld und dem Tutzing-Hof-Platz durchfährt und Quellen und Zielen innerhalb der Stadt und am Ostufer hat.**  
Die Belastung dieses Verkehrs ist der Untersuchung von Kurzak „Untersuchung Starnberg, St 2069 Hanfelder Str., Herkünfte und Ziele des Verkehrs, 2013“ zu entnehmen. Die dortigen Ergebnisse sind in der Tabelle A3 der vorliegenden Untersuchung zusammengefasst. Dieser Durchgangsverkehr beträgt 2.204 Kfz/Tag in Richtung Norden (Summe der Zeilen 3, 4, 6 und 7). Wegen der unterstellten Spiegelbildlichkeit des Tagesverkehrs ist dies eine Querschnittsbelastung von 2.204 Kfz/Tag und mit dem Faktor 1.13 auf das Jahr 2030 hochgerechnet eine Querschnittsbelastung von  $1,13 \cdot 2.204 = 2.490$  Kfz/Tag. Davon werden 80%, also  $0,8 \cdot 2.490 = 1.992$  Kfz/Tag, also rd. 2.000 Kfz/Tag auf die Osttangente verlagert. Der Verkehr in und aus Richtung München und Garmisch wird den kürzeren Weg über die Nordumfahrung nehmen und nicht über die Osttangente fahren.
- **100 % des Durchgangsverkehrs entlang der St 2070.**

Die Belastung der Osttangente beträgt im Jahr 2030 rd.  $2.000 + 5.500 = 7.500$  Kfz/Tag.