

Bundesamt für Strassen, ASTRA

Forschungsauftrag 11/98 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS

Priorität des öffentlichen Verkehrs an Lichtsignalanlagen



Inhalt

1. Zusammenfassung	3	9. Wartezeiten und Stau des Individualverkehrs	18
Résumé	4	9.1 Deterministischer Anteil	18
2. Gegenstand	5	9.2 Anteil für Zufallseinflüsse und Überlastung	18
3. Zweck	5	9.3 Wartezeiten und Stau	18
4. Vorgehen	5	9.4 Abgasemissionen des Individualverkehrs im Stau	18
5. Erfassen des öffentlichen Verkehrs	6	10. Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs	19
6. Arten der Privilegierung	7	10.1 Rotzeiten des öffentlichen Verkehrs	19
6.1 Übersicht	7	10.2 Deterministischer Anteil an den Wartezeiten	20
6.2 Nachlauf	8	10.3 Anteil für Zufallseinflüsse und Überlastung	20
6.3 Vorlauf	9	10.4 Wartezeiten im Stau des Individualverkehrs	20
6.4 Nachlauf + Vorlauf	10	11. Intermodale Qualität des Verkehrsablaufs	21
6.5 Zwischenphase	11	11.1 Grundsätzliches	21
6.6 Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf	12	11.2 Beispiele	22
6.7 Kreuzende Kursfahrzeuge	13	11.2.1 Beispiele mit öffentlichem Verkehr auf Eigentrasse	23
7. Bemessen der Grünzeiten, Individualverkehr	15	11.2.2 Beispiele mit öffentlichem Verkehr ohne Eigentrasse	27
7.1 Bemessen ohne Priorität des öffentlichen Verkehrs	15	11.2.3 Zusammenfassung der Beispiele	31
7.2 Bemessen mit Priorität des öffentlichen Verkehrs	15	12. Literatur	32
7.3 Nötige Iterationen	15		
7.4 Leistungsfähigkeit des Individualverkehrs	15		
8. Faktoren zum Bemessen der Grünzeiten	16		
8.1 Ableitung der Faktoren	16		
8.2 Zusammenstellung der Faktoren	17		

1. Zusammenfassung

Gegenstand des Forschungsberichts ist die Privilegierung des öffentlichen Verkehrs an Lichtsignalanlagen.

Der primäre Zweck der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs sind niedrigere Personen- Wartezeiten für die an Lichtsignalanlagen selten und zufällig eintreffenden Kursfahrzeuge mit vielen Passagieren.

Das zweite Ziel ist eine hohe intermodale Qualität des Verkehrsablaufs an Lichtsignalanlagen. Die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs - die Qualität des Verkehrsablaufs aller Verkehrsteilnehmer sowohl im Individualverkehr wie im öffentlichen Verkehr - misst sich an den Wartezeiten aller Personen.

Für den Individualverkehr bedeutet die Privilegierung des öffentlichen Verkehrs höhere Personen- Wartezeiten in den zahlreichen Fahrzeugen mit wenigen Passagieren.

Das Optimum für die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs resultiert beim Minimum der Personen- Wartezeiten aller Verkehrsteilnehmer. Übertrifft der Nutzen aus der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs die Nachteile für den Individualverkehr, dann wird im Ganzen gesehen besser geregelt.

Die Grundlagen der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs an Lichtsignalanlagen behandelt der Forschungsbericht in sechs Arbeitsschritten:

- das Erfassen des öffentlichen Verkehrs an Lichtsignalanlagen
- die Arten der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs, die den Grad der Bevorzugung bis zu Null- Wartezeiten steigern können
- das Bemessen der Grünzeiten bei der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs
- die Faktoren, die zum Bemessen der Grünzeiten bei der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs dienen
- das Ermitteln von Wartezeiten und Stau des Individualverkehrs bei der Privilegierung
- das Ermitteln der Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs bei der Privilegierung.

Den Nutzen der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs für die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs an Lichtsignalanlagen behandelt der Forschungsbericht in einem weiteren Arbeitsschritt:

- An Hand von Beispielen für isolierte lichtsignalgesteuerte Knoten wird die Wirkung der einzelnen Arten der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs auf die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs dargestellt:
 - befördert der öffentliche Verkehr mehr Personen als der Individualverkehr, dann steigt mit der Priorität des öffentlichen Verkehrs auch die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs an Lichtsignalanlagen
 - wenn der öffentliche Verkehr weniger Personen als der Individualverkehr befördert, dann ist die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs mit Priorität nur wenig niedriger als ohne Priorität.

Dies gilt aber nur für bestimmte Grade der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs (Nachlauf, Nachlauf + Vorlauf, Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf) und unter der Randbedingung, dass die Stauräume des Individualverkehrs ausreichen.

Ist diese Randbedingung auf Strecken und Netzen nicht erfüllt, dann sind Zwänge des Strassenraums, des Verkehrs und der Steuerung zu berücksichtigen, oder die Zwänge sind aufzuheben durch:

- Berücksichtigen des kritischen Staus in der intermodalen Bilanz
- Bewirtschaften des kritischen Staus
- Brechen einer grossräumigen Koordination von Lichtsignalanlagen und Anordnen kleinräumiger Steuerungsgebiete.

Résumé

L'objet de l'étude est la prise en compte prioritaire des transports en commun (TC) aux installations de signalisation lumineuse.

Le but premier de la prise en compte prioritaire des TC est la diminution des temps d'attente des nombreux passagers à bord de véhicules de ligne peu nombreux et s'annonçant aléatoirement aux carrefours.

Le second but de la prise en compte prioritaire des TC est une haute qualité intermodale du déroulement du trafic aux installations de feux de circulation. La qualité intermodale du déroulement du trafic – c'est-à-dire la qualité du déroulement du trafic pour tous les usagers, tant individuels que collectifs – se mesure aux temps d'attente de toutes les personnes.

Pour le trafic individuel (TI) la prise en compte prioritaire des TC provoque des temps d'attente personnels plus longs pour les nombreux véhicules avec peu de passagers.

Une qualité intermodale de déroulement du trafic optimal est atteinte lorsque les temps d'attente personnels de tous les usages sont les plus courts. Si les gains obtenus par la prise en compte des TC dépassent les inconvénients pour le trafic individuel, on peut estimer que la régulation est meilleure.

L'étude traite en six étapes la base de la prise en compte prioritaire des TC aux feux de signalisation:

- la détection des TC aux carrefours;
- les modes de prises en compte des TC, pouvant augmenter le degré de priorité jusqu'à un temps d'attente nul;
- le dimensionnement des temps verts lors de la prise en compte des TC;
- les facteurs permettant de dimensionner les durées de vert;
- l'évaluation des temps d'attente et des colonnes du trafic individuel;
- l'évaluation des temps d'attente des TC.

L'utilité de la prise en compte des TC pour la qualité intermodale du déroulement du trafic aux carrefours régulés par feux est traitée en une étape supplémentaires dans le rapport de recherche:

- A l'aide d'exemples pour des carrefours isolés, l'effet des différents modes de prise en compte des TC sur la qualité intermodale du déroulement du trafic peut être mise en évidence:
 - Lorsque les TC transportent plus de personnes que les TI, alors la qualité intermodale augmente avec la prise en compte des TC;
 - alors que si les TC transportent moins de personnes que les TI, la qualité intermodale avec prise en compte est inférieure à celle sans prise en compte.
- Ceci n'est toutefois valable que pour certains degrés de priorité des TC et avec l'obligation qu'il y ait suffisamment de stockage pour les TI.

Si cette condition ne peut être remplie sur les tronçons et les réseaux, il faudra tenir compte des contraintes de la voirie, du trafic et de la régulation, ou alors les éliminer:

- en déplaçant les colonnes à des endroits non critiques du réseau au moyen d'un contrôle d'accès
- en cassant la coordination de l'ensemble du réseau
- en aménageant des petites zones coordonnées et en établissant une régulation isolée sans contrainte de coordination.

2. Gegenstand

Der Forschungsbericht behandelt die Privilegierung des öffentlichen Verkehrs an Lichtsignalanlagen.

3. Zweck

Eine Lichtsignalanlage soll nicht Fahrzeuge, sondern primär Personen über einen Knoten führen. Der öffentliche Verkehr befördert in Bus und Tram viele Personen mit wenigen Fahrzeugen. Eine Privilegierung bevorzugt diese Kursfahrzeuge mit den zahlreichen Passagieren. Mit der Privilegierung sinken die Personen- Wartezeiten im öffentlichen Verkehr an Lichtsignalanlagen.

Der öffentliche Verkehr wird mit der Privilegierung

- schneller, weil die Behinderungen sinken
- pünktlicher, weil die Abweichungen vom Fahrplan kleiner werden
- regelmässiger, weil bei dichtem Takt die Haltestellen in gleichen Intervallen bedient werden
- wirtschaftlicher, weil mit kürzeren Wagenumläufen der Personal- und der Wageneinsatz sinkt.

Der Individualverkehr befördert wenige Personen pro Fahrzeug. Wartezeiten und Stau des Individualverkehrs sind mit der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs immer höher als ohne Privilegierung; unabhängig davon, ob die Privilegierung zu einem Leistungsverlust des Individualverkehrs führt. So steigen die Personen- Wartezeiten im Individualverkehr mit einer Privilegierung von Bus und Tram an.

Die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs - also die Qualität des Verkehrsablaufs aller Verkehrsteilnehmer sowohl im Individualverkehr wie im öffentlichen Verkehr - misst sich an den Wartezeiten von Personen. Eine optimale Lösung für die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs resultiert deshalb beim Minimum der Personen- Wartezeiten aller Verkehrsteilnehmer. Übertrifft der Nutzen aus der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs die Nachteile für den Individualverkehr, dann wird im Ganzen gesehen besser geregelt, die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs steigt.

4. Vorgehen

Um die Privilegierung des öffentlichen Verkehrs an Lichtsignalanlagen zu behandeln geht der Forschungsbericht in sechs Arbeitsschritten vor:

- in einem ersten Schritt wird das Erfassen des öffentlichen Verkehrs an Lichtsignalanlagen besprochen
- ein zweiter Schritt beschreibt die Arten der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs an Lichtsignalanlagen, die den Grad der Bevorzugung bis zu Null- Wartezeiten steigern können
- der dritte Schritt befasst sich mit dem Bemessen der Grünzeiten bei der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs
- im vierten Schritt werden die Faktoren abgeleitet und angeführt, die zum Bemessen der Grünzeiten bei der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs dienen
- der fünfte Schritt ermittelt die Wartezeiten und den Stau des Individualverkehrs bei der Privilegierung.
- ein sechster Schritt zeigt das Ermitteln der Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs bei der Privilegierung.

Den Nutzen der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs für die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs an Lichtsignalanlagen behandelt der Forschungsbericht in einem weiteren Arbeitsschritt:

- an Hand von Beispielen für isolierte lichtsignalgesteuerte Knoten wird die Wirkung der einzelnen Arten der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs auf die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs dargestellt. Der Massstab für die intermodale Qualität ist die Bilanz der Personen- Wartezeiten. Es gilt die Randbedingung, dass die Stauräume des Individualverkehrs ausreichen.

5. Erfassen des öffentlichen Verkehrs

Eine statische Privilegierung des öffentlichen Verkehrs arbeitet an isolierten Lichtsignalanlagen permanent mit zu grossen, zum öffentlichen Verkehr freundlichen Grünzeiten, bzw. bei Zufahrten auf Eigentrasse permanent mit zu kleinen Zyklen. In Signalsystemen wird die Koordination permanent an die Reisezeiten des öffentlichen Verkehrs angepasst. Dazu muss der öffentliche Verkehr nicht erfasst werden.

Für eine bedarfsgerechte Privilegierung sind die Kursfahrzeuge des öffentlichen Verkehrs an Lichtsignalanlagen zu erfassen. Dies gilt für Zufahrten auf Eigentrasse, aber besonders auch für Zufahrten, wo die Kursfahrzeuge zusammen mit dem Individualverkehr fahren. Dort sind die Kursfahrzeuge selektiv zu erkennen.

Wenn sich Linien des öffentlichen Verkehrs aus einer Zufahrt in verschiedene Richtungen trennen, dann ist die Fahrtrichtung über die Linien- bzw. die Kursnummer zu erkennen. Bei Haltestellen in Zufahrten zu Lichtsignalanlagen hat eine Anmeldung der Kursfahrzeuge bei der Bereitschaft zum Abfahren zu erfolgen.

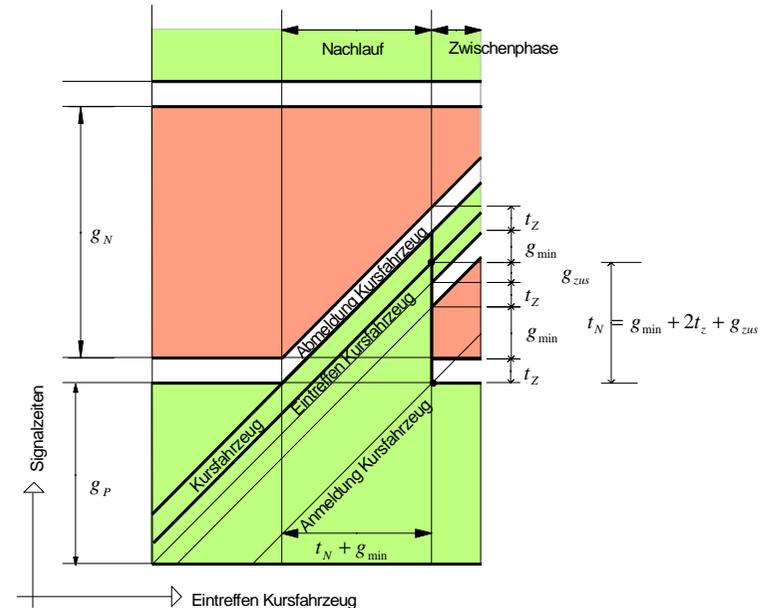
Kursfahrzeuge müssen sich rechtzeitig vor ihrem Eintreffen an Lichtsignalanlagen anmelden. Die Zeitspanne zwischen dem Anmelden und dem Eintreffen wird durch den ungünstigsten Anmeldezeitpunkt bestimmt. Dieser ungünstigste Zeitpunkt ist das Ende der zum öffentlichen Verkehr freundlichen Grünzeit g_P . Dann sind feindliche Grünzeiten über Zwischenzeiten t_z und Mindestgrünzeiten g_{min} abzuwickeln, bevor wieder eine freundlichen Grünzeit g_P beginnen kann.

Vor dem Eintreffen muss eventuell noch eine zusätzliche Grünzeit g_{zus} ablaufen, damit vor einem Kursfahrzeug ohne Eigentrasse der Stau des Individualverkehrs abfließen kann.

Kursfahrzeuge auf Eigentrasse können mit einer entsprechend langen zusätzlichen Grünzeit g_{zus} das Grünsignal bereits im Bremsweg-Abstand sehen. Anstatt dieser zusätzlichen Grünzeit kann ein Vorsignal im Bremsweg-Abstand ab dem Ende der feindlichen Grünzeit die freundliche Grünzeit des Hauptsignals ankündigen.

Damit wird die nötige Zeitspanne zwischen dem Anmelden und dem Eintreffen zu $t_N = g_{min} + g_{zus} + 2t_z$. Dies entspricht der Fahrzeit zwischen dem Anmeldeort der öffentlichen Verkehrsmittel und der Haltelinie. Gleichzeitig ist t_N der Zeitbedarf der Kursfahrzeuge während der feindlichen Grünzeit g_N .

Wenn ein Kursfahrzeug die Haltelinie passiert, dann hat es sich abzumelden.



Das An- und Abmelden der Kursfahrzeuge muss zuverlässig und auf wenige Sekunden genau erfolgen. Ungenauigkeiten führen zu Wartezeiten oder zu Verlusten von Grünzeiten. Wird die Zeitspanne zwischen dem An- und Abmelden gross, dann ist unter Umständen eine zweite Anmeldung der Kursfahrzeuge in der Zufahrt vorzusehen.

Für die optimale intermodale Qualität des Verkehrsablaufs ist es nützlich, verspätete bzw. verfrühte Kurse und eventuell auch den Besetzungsgrad der Kurse zu erkennen. So können verspätete Kurse bzw. jene mit hohem Besetzungsgrad stark privilegiert und verspätete bzw. jene mit niedrigem Besetzungsgrad schwach privilegiert werden.

6. Arten der Privilegierung

6.1 Übersicht

Die bedarfsgerechten Arten der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs umfassen:

Arten der Privilegierung	Die Grünzeiten mit öffentlichem Verkehr:
Nachlauf	werden verlängert
Vorlauf	werden vorgezogen
Nachlauf + Vorlauf	werden verlängert und vorgezogen
Zwischenphase	werden eingeschaltet
Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf	werden verlängert, eingeschaltet und vorgezogen

Diese Arten der Privilegierung werden in Diagrammen dargestellt. Jeweils auf der Ordinate der Diagrammen sind die Basissignalzeiten der Lichtsignalanlage aufgetragen. Die Basissignalzeiten sind die Ausgangslage für die Privilegierung des öffentlichen Verkehrs.

Alle Möglichkeiten des Eintreffens eines Kursfahrzeugs lassen sich auf der Abszisse der Diagramme auftragen.

Die Privilegierung des öffentlichen Verkehrs modifiziert die Basissignalzeiten so, dass sie zu Funktionen des Eintreffens der Kursfahrzeuge werden. Dieser Ablauf wiederholt sich mit jedem Kursfahrzeug. Die in den Zeit-Zeit-Diagrammen entstehenden Flächen bilden die Modifikationen der Basissignalzeiten ab.

Es werden sinnvolle Arten der Privilegierung beschrieben, die den Basismlauf der Lichtsignalanlage so wenig wie möglich stören. Damit bleibt die Lichtsignalanlage koordinierbar und die Wartezeiten für die übrigen Verkehrsteilnehmer erträglich.

Dazu zeigen die Diagramme auch die verbleibenden Rotzeiten des öffentlichen Verkehrs für die verschiedenen Arten der Privilegierung.

In den Diagrammen bedeuten:

$1/q_0$ [s/Fz] Intervall der Kursfahrzeuge des öffentlichen Verkehrs

g_P [s] zum öffentlichen Verkehr gleichzeitig ablaufende, freundliche Basisgrünzeiten des Individualverkehrs oder der Fußgänger

g_N [s] zum öffentlichen Verkehr feindliche Basisgrünzeiten des Individualverkehrs oder der Fußgänger

g_{min} [s] Mindestgrünzeit

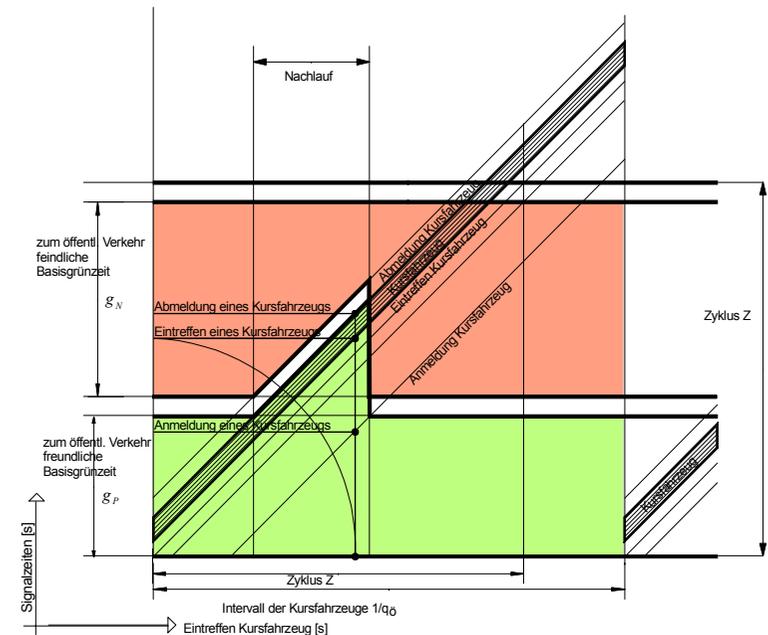
g_{zus} [s] zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge

Z [s] Umlaufzeit

t_z [s] Zwischenzeit

$t_N = g_{min} + g_{zus} + 2t_z$ [s] Fahrzeit der Kursfahrzeuge vom Anmeldeort zur Haltelinie (so kann vor Eintreffen des Kursfahrzeugs eine feindliche Grünzeit mit den Zwischenzeit t_z [s] und der Mindestgrünzeit g_{min} ablaufen)

$t_N = g_{min} + g_{zus} + 2t_z$ [s] Zeitbedarf eines Kursfahrzeugs während der feindlichen Basisgrünzeit.



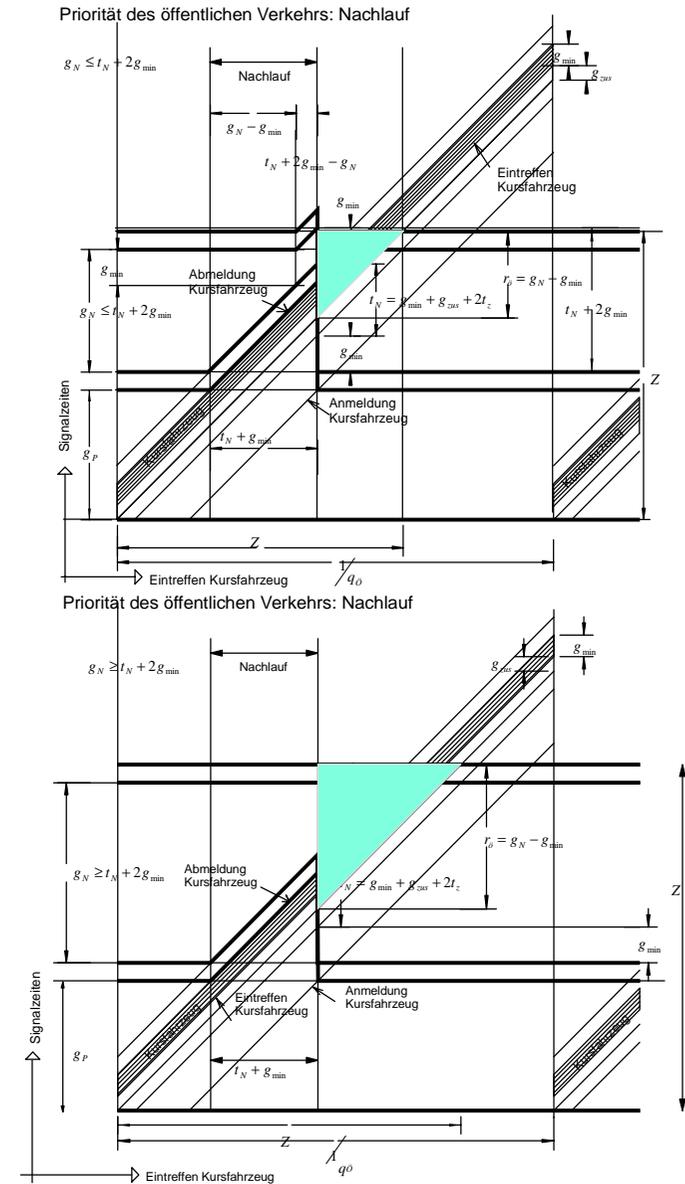
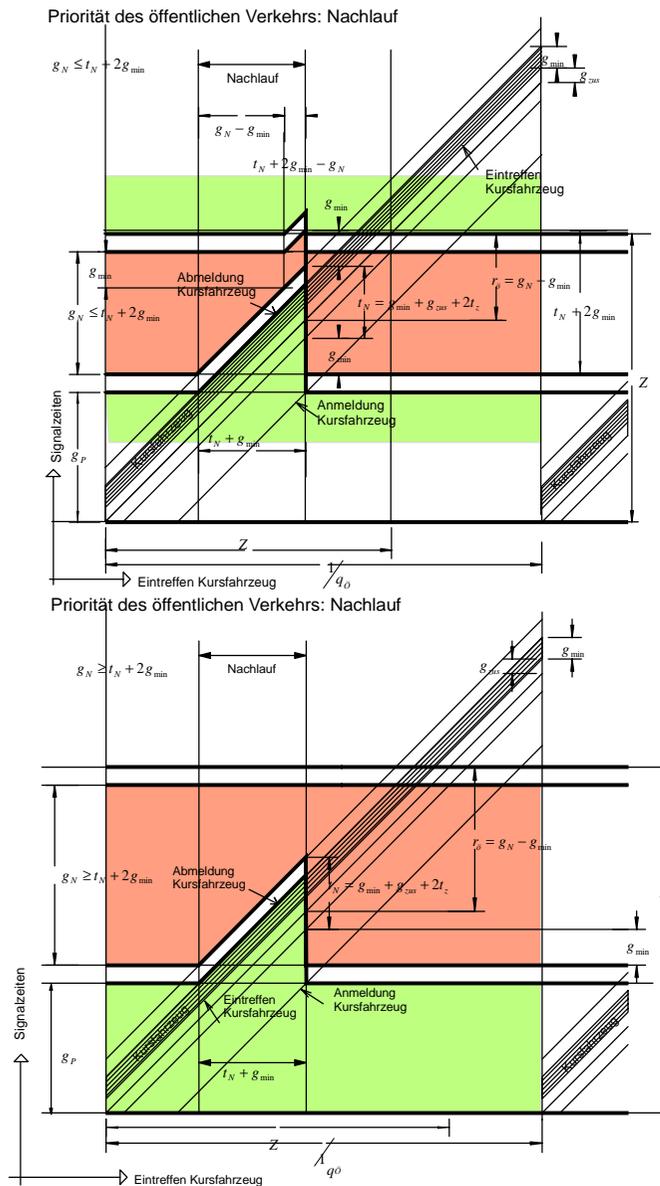
6.2 Nachlauf

Die Diagramme zeigen die Privilegierung des öffentlichen Verkehrs mit einem Nachlauf. Trifft ein Kursfahrzeug anschließend an die freundliche Basisgrünzeit g_P in der feindlichen Basisgrünzeit g_N ein, dann wird g_P in einem Nachlauf verlängert. Die maximale Dauer des Nachlaufs folgt aus der Erfassung des Kursfahrzeugs zu $t_N + g_{\min}$.

In den oberen Diagrammen gilt $g_N \leq t_N + 2g_{\min}$, in den unteren $g_N \geq t_N + 2g_{\min}$.

Die beiden Diagramme für einen Nachlauf auf der rechten Seite heben die Rotzeiten des öffentlichen Verkehrs hervor. Die Rotzeiten erstrecken sich vom Ende des Nachlaufs bis zum Beginn der freundlichen Basisgrünzeit g_P . Die Rotzeiten sind

$$r_{\delta} = g_N - g_{\min}$$



6.3 Vorlauf

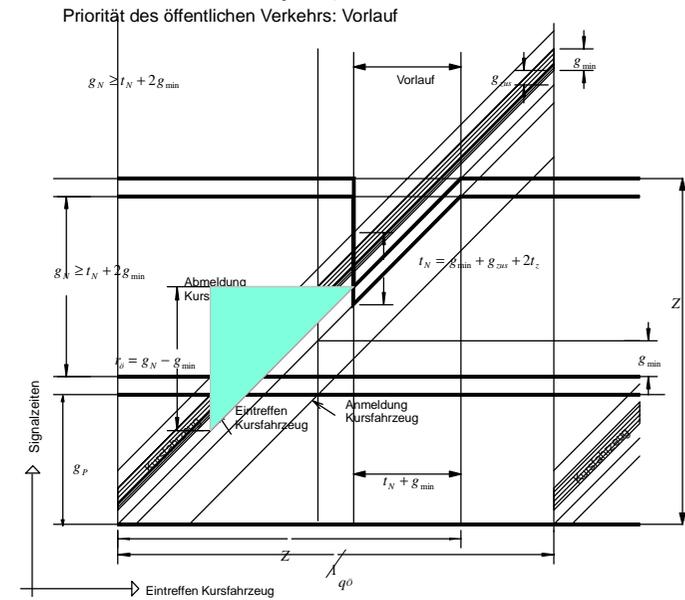
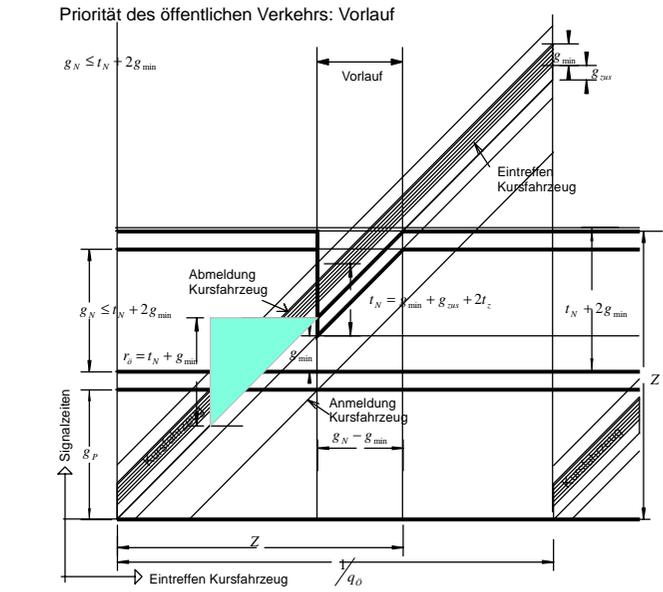
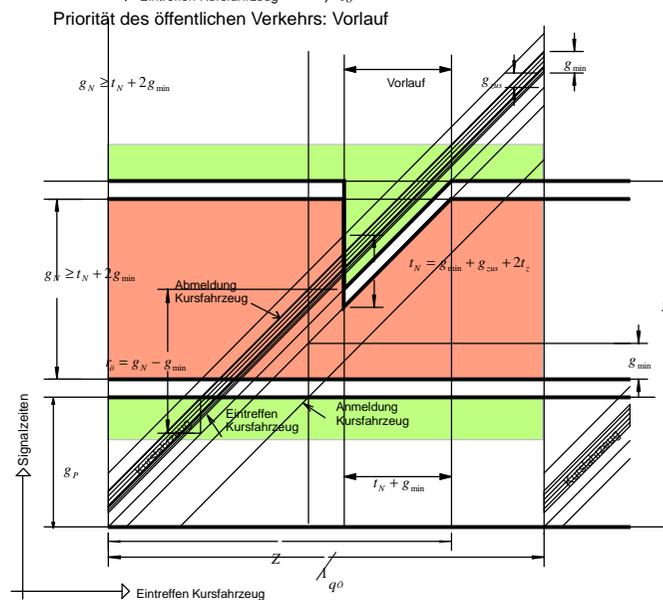
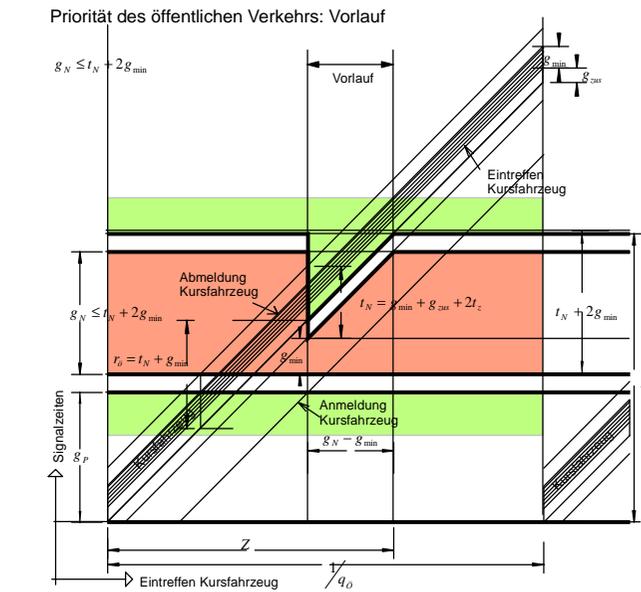
Die Diagramme zeigen die Privilegierung des öffentlichen Verkehrs mit einem Vorlauf. Trifft beim Vorlauf ein Kursfahrzeug während der feindlichen Basisgrünzeit g_N ein, dann beginnt die freundliche Grünzeit g_P vorzeitig. Die Mindestgrünzeit g_{\min} wird eingehalten.

In den oberen Diagrammen gelten $g_N \leq t_N + 2g_{\min}$ und für die sinnvolle maximale Dauer des Vorlaufs $g_N - g_{\min}$.

In den unteren Diagrammen ist $g_N \geq t_N + 2g_{\min}$ und die sinnvolle maximale Dauer des Vorlaufs $t_N + g_{\min}$.

Die beiden Diagrammen auf der rechten Seite heben die Rotzeiten des öffentlichen Verkehrs hervor. Die Rotzeiten sind:

Randbedingungen	$r_{\bar{o}}$ [s] Rotzeit
$g_N \leq t_N + 2g_{\min}$	$t_N + g_{\min}$
$g_N \geq t_N + 2g_{\min}$	$g_N - g_{\min}$

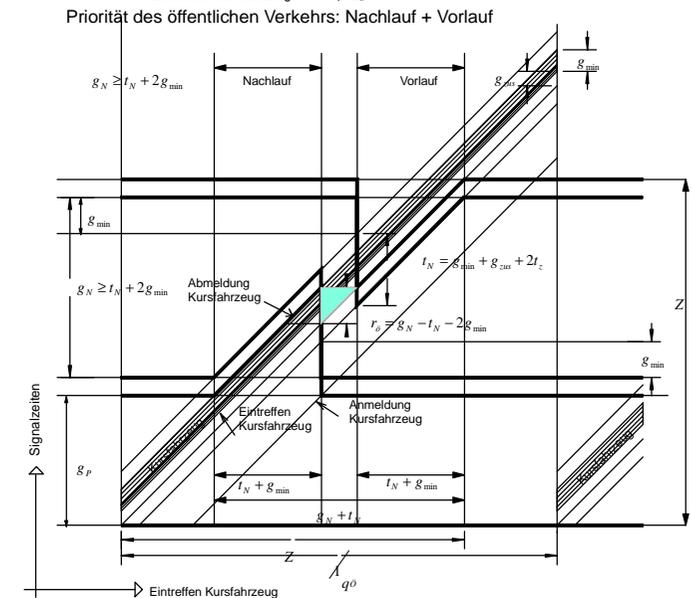
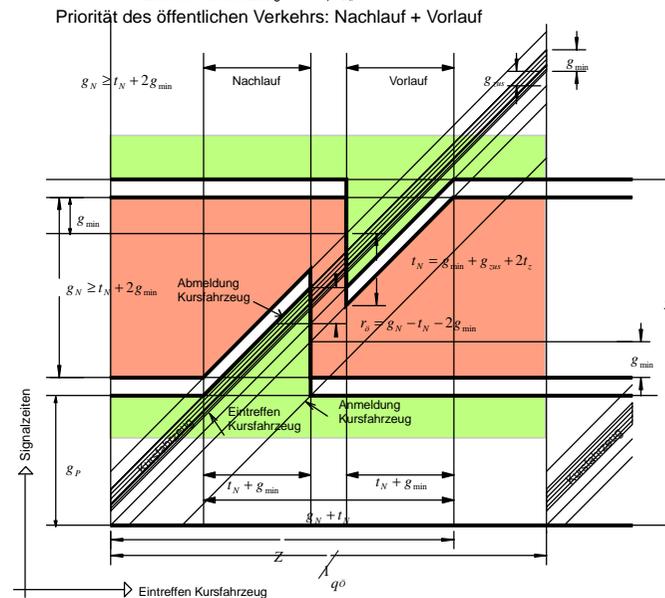
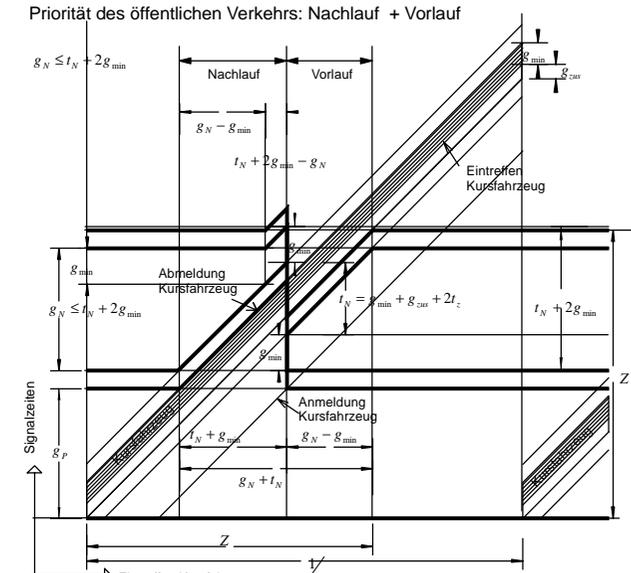
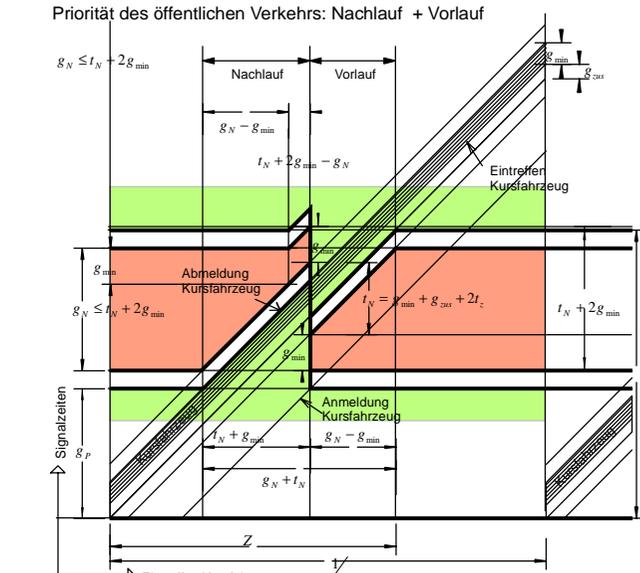


6.4 Vorlauf + Nachlauf

Die beiden Diagramme zeigen die Privilegierung des öffentlichen Verkehrs mit einem Vorlauf und Nachlauf.

Ist wie in den beiden oberen Diagrammen $g_N \leq t_N + 2g_{\min}$, dann decken der Vorlauf zusammen mit dem Nachlauf die ganze feindliche Basisgrünzeit g_N ab. Es entstehen keine Rotzeiten des öffentlichen Verkehrs

In den beiden unteren Diagrammen ist $g_N \geq t_N + 2g_{\min}$. Der Vorlauf zusammen mit dem Nachlauf können nicht die ganze feindliche Basisgrünzeit g_N abdecken, sondern es fehlt der Teil $g_N - t_N - 2g_{\min}$ für eine Zwischenphase. Das untere Diagramm auf der rechten Seite hebt die Rotzeiten des öffentlichen Verkehrs hervor. Die Rotzeiten sind $r_{\ddot{o}} = g_N - t_N - 2g_{\min}$.

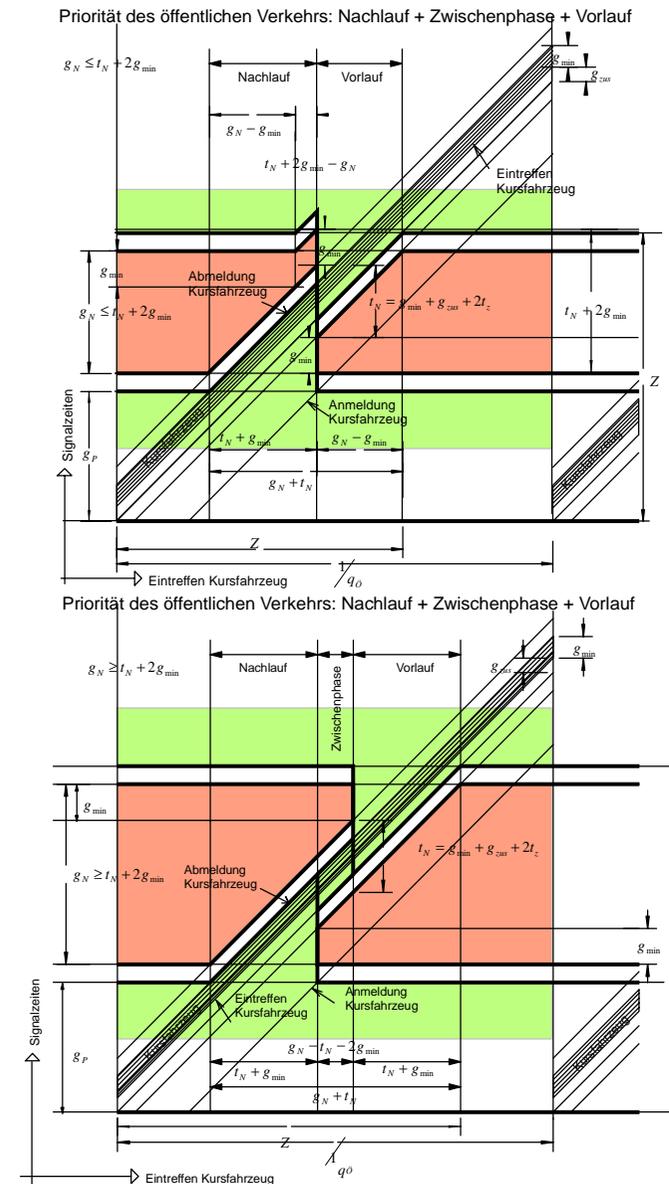


6.6 Vorlauf + Zwischenphase + Nachlauf

Die beiden Diagramme zeigen die Privilegierung des öffentlichen Verkehrs mit einem Vorlauf zusammen mit einer Zwischenphase und einem Nachlauf.

Ist wie im oberen Diagramm $g_N \leq t_N + 2g_{\min}$, dann entsteht keine Zwischenphase. Vorlauf und Nachlauf decken die ganze feindliche Basisgrünzeit ab. Es entstehen keine Rotzeiten des öffentlichen Verkehrs.

Im unteren Diagramm ist $g_N \geq t_N + 2g_{\min}$. Der Vorlauf zusammen mit einer Zwischenphase und dem Nachlauf decken die ganze feindliche Basisgrünzeit g_N ab. Es entstehen keine Rotzeiten des öffentlichen Verkehrs.



7.6 Kreuzende Kursfahrzeuge

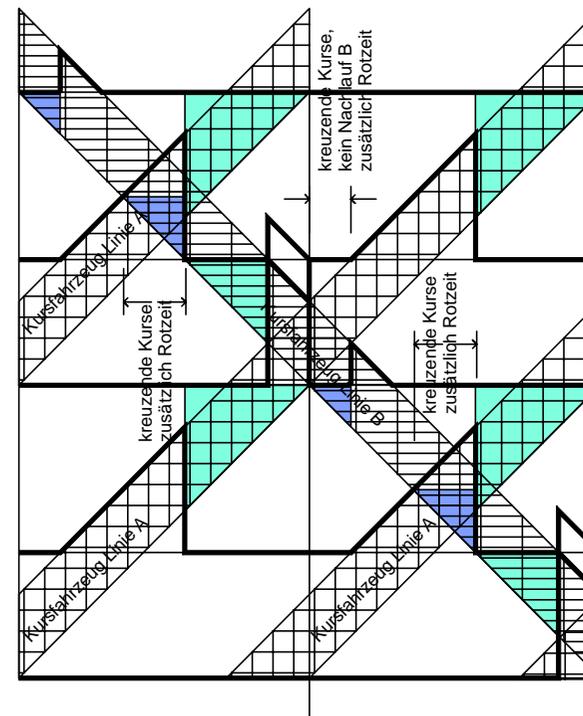
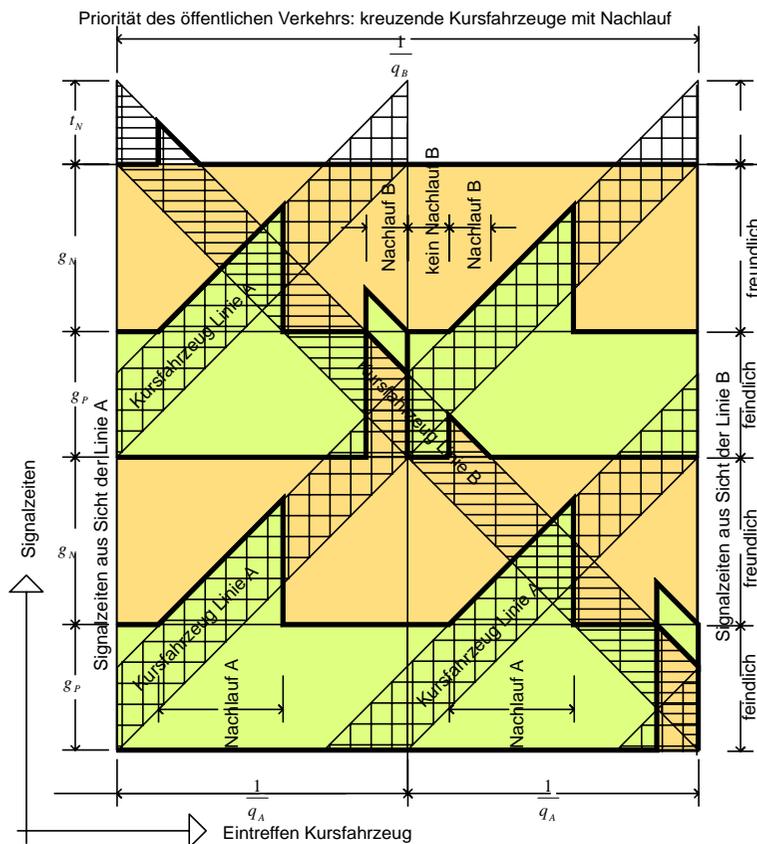
Die beschriebenen Arten der Privilegierung lassen sich mit Einschränkungen auch für kreuzende Kursfahrzeuge anwenden. Dazu zeigen die beiden Diagramme die Privilegierung von zwei kreuzenden Linien mit Nachläufen.

Von zwei gleichzeitig eintreffenden Kursfahrzeugen lässt sich nur eines bevorzugen. In den Diagrammen ist es jenes der Linie A, der Linie mit den höheren Frequenzen. Für die Linie A mit der feindlichen Basisgrünzeit $g_N[s]$ gelten die Rotzeiten $r_{\text{öA}} = g_N - g_{\text{min}}$, wie bei den

Nachläufen ohne kreuzende Kursfahrzeuge. Diese Rotzeiten sind im Diagramm auf der rechten Seite hell eingetragen.

Für die Linie B mit den niedrigeren Frequenzen und der feindlichen Basisgrünzeit $g_P[s]$ gelten zunächst für die Rotzeiten mit Nachläufen $r_{\text{öB}} = g_P - g_{\text{min}}$. Diese Rotzeiten sind ebenfalls hell eingetragen.

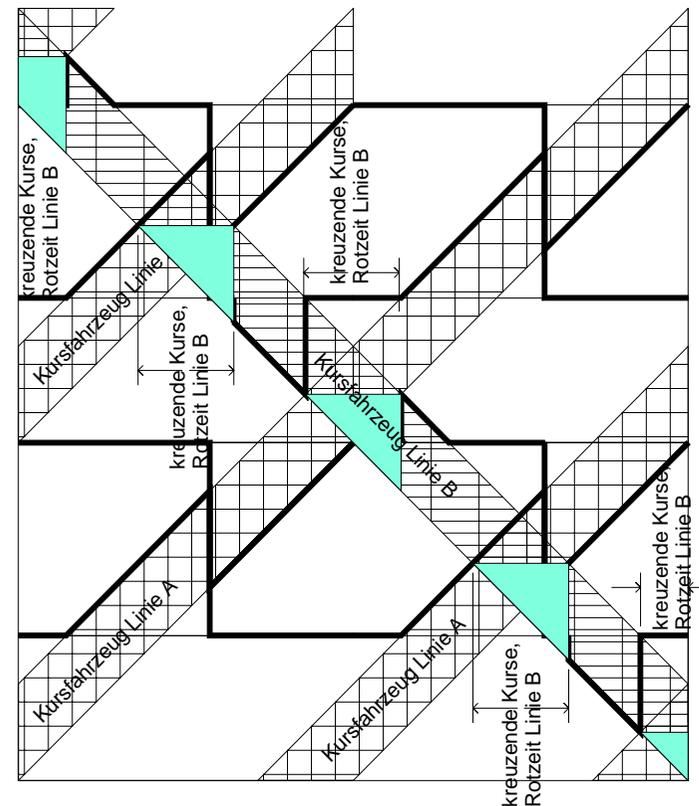
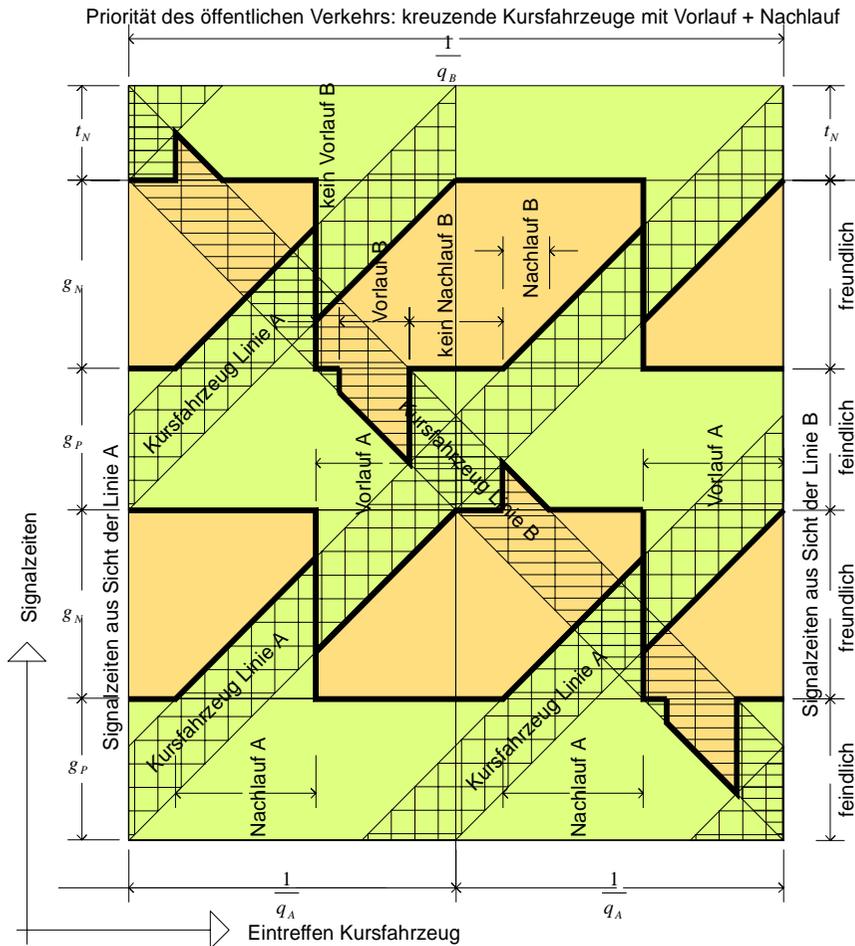
Bei gleichzeitig eintreffenden Kursfahrzeugen entfällt aber ein Teil der Nachläufe. Ausserdem entstehen Rotzeiten auch während der für die Linie B freundlichen Basisgrünzeit $g_N[s]$, wenn gleichzeitig die Linie A mit Nachläufen privilegiert wird. Diese zusätzlichen Rotzeiten für die Linie B sind im Diagramm auf der rechten Seite dunkel eingetragen.



Die Diagramme zeigen die Privilegierung von zwei kreuzenden Linien mit Vorläufen und Nachläufen.

In den Diagrammen weist wiederum die Linie A die höheren Frequenzen als die Linie B auf. Mit einem Vorlauf zusammen mit einem Nachlauf und mit $g_N \leq t_N + 2g_{\min}$ entstehen keine Rotzeiten für die Linie A.

Für die Linie B mit den niedrigeren Frequenzen entfällt bei gleichzeitig kreuzenden Kursfahrzeugen ein Teil der Vorläufe und Nachläufe. Auch während der für die Linie B freundlichen Grünzeit $g_N[s]$ entstehen Rotzeiten, wenn gleichzeitig die Linie A privilegiert wird. Diese zusätzlichen Rotzeiten für die Linie B sind im Diagramm auf der rechten Seite hervor gehoben.



7. Bemessen der Grünzeiten, Individualverkehr

7.1 Bemessen ohne Priorität des öffentlichen Verkehrs

Mit den Angaben:

Q_i [PWE/h] Belastungen der kritische Fahrstreifen
 S_i [PWE/h] praktische Sättigungsraten der kritische Fahrstreifen
 t_{zi} [s] Zwischenzeiten zwischen kritischen Fahrstreifen
 i Anzahl kritischer Fahrstreifen, Phasenzahl

$$t_1 = \sum_i t_{zi} - i \text{ Verlustzeit pro Umlauf}$$

folgen die Grünzeiten bei gleicher Auslastung der kritische Fahrstreifen und bei einer gewählten Umlaufzeit Z [s] der Lichtsignalanlage zu

$$g_i[s] = \frac{\frac{Q_i}{S_i} \cdot (Z - t_1)}{\sum_i \frac{Q_i}{S_i}}.$$

Wird dabei die errechnete Grünzeit g_i für einen kritischen Fahrstreifen kleiner als die vorgeschriebene Mindestgrünzeit g_{\min} , dann gilt in der Formel für die Verlustzeit pro Umlauf $t_1 = \sum_i t_{zi} + g_{\min} - (i - 1)$, und der

entsprechende Fahrstreifen mit der Mindestgrünzeit g_{\min} wird im Nenner der Formeln nicht berücksichtigt.

7.2 Bemessen mit Priorität des öffentlichen Verkehrs

Die Priorität des öffentlichen Verkehrs an Lichtsignalanlagen verformt Basisgrünzeiten g . Eintreffende Busse und Trams erzeugen Nachläufe, Zwischenphasen und Vorläufe. Die mittleren Grünzeiten des Individualverkehrs lassen sich aus den Basisgrünzeiten g und aus den Verformungen ermitteln.

Die mittleren Grünzeiten ergeben sich aus den Basisgrünzeiten zu $\bar{g}[s] = f \cdot g$. Die Faktoren f sind Funktionen der Basisgrünzeiten g und der Verformungen.

Damit bei Priorität des öffentlichen Verkehrs die mittleren Grünzeiten wiederum zur gleicher Auslastung der kritische Fahrstreifen führen,

sind sowohl die Basisgrünzeiten g wie die mittleren Grünzeiten iterativ zu bestimmen.

7.3 Nötige Iterationen

Der erste Schritt geht von den - ohne Priorität des öffentlichen Verkehrs - errechneten Grünzeiten g_i aus. Es wird im ersten Schritt angenommen, dass $g_i \cong \bar{g} \approx g$ ist, dass also die Basisgrünzeiten gleich gross sind wie die mittleren Grünzeiten.

Die 1. Iteration schätzt dann aus den angenommenen Basisgrünzeiten g vorläufige Faktoren f ab. Weitere Iterationen ermitteln daraus wiederum neue Faktoren f und neue Basisgrünzeiten, solange bis sich die Basisgrünzeiten nicht mehr unterscheiden. Dazu sind etwa 3 Iterationen nötig:

$$\begin{array}{l} \text{1. Schritt} \qquad \qquad \qquad \text{1. Iteration} \qquad \qquad \qquad \text{2. Iteration} \\ g_i \cong \bar{g} \approx g \rightarrow f \rightarrow g = \frac{\bar{g}}{f} \frac{\sum \bar{g}}{\sum \frac{\bar{g}}{f}} \rightarrow f \rightarrow g = \frac{\bar{g}}{f} \frac{\sum \bar{g}}{\sum \frac{\bar{g}}{f}} \rightarrow \dots \end{array}$$

Das Ergebnis sind die Basisgrünzeiten $g[s]$ und die mittleren Grünzeiten $\bar{g}[s] = f \cdot g$ des Individualverkehrs bei Priorität des öffentlichen Verkehrs.

7.4 Leistungsfähigkeit des Individualverkehrs

Die Leistungsfähigkeit des Individualverkehrs mit Priorität des öffentlichen Verkehrs ergibt sich für kritische Fahrstreifen mit den mittleren

$$\text{Grünzeiten } \bar{g}[s] = f \cdot g \text{ schliesslich zu } L[PWE/h] = S \cdot f \cdot \frac{\bar{g}}{Z}.$$

8. Faktoren zum Bemessen der Grünzeiten

8.1 Ableitung der Faktoren

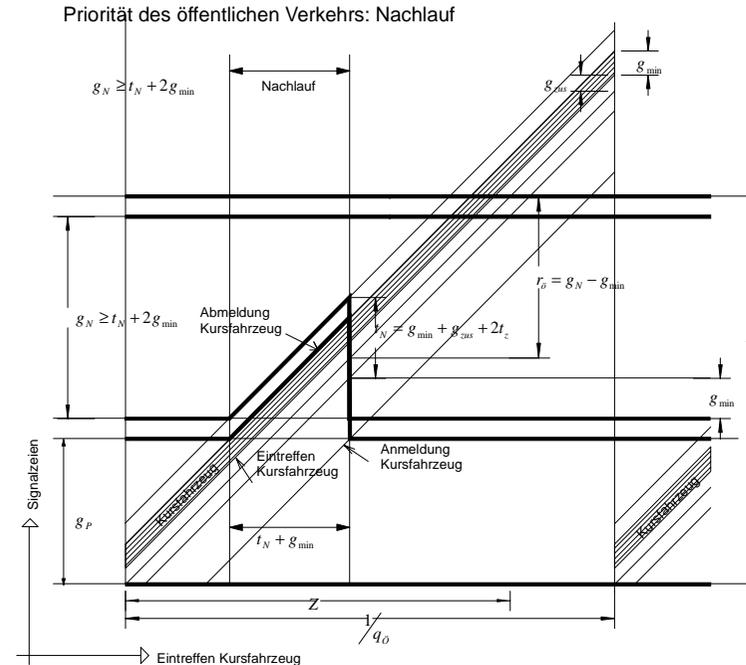
Die Privilegierung des öffentlichen Verkehrs modifiziert die Basisgrünzeiten so, dass sie zu einer Funktion des Eintreffens der Kursfahrzeuge werden. Von der Privilegierung profitieren dabei nicht nur der öffentliche Verkehr, sondern auch die zum öffentlichen Verkehr gleichzeitig ablaufenden, freundlichen Grünzeiten g_P . Die zum öffentlichen Verkehr feindlichen Grünzeiten g_N werden durch die Privilegierung der Kursfahrzeuge kürzer. Daraus resultieren die Faktoren f_P bzw. f_N für die Privilegierung des öffentlichen Verkehrs.

Begriffe:

$q_{\ddot{o}}$ [Fz/s]	Belastung des privilegierten öffentlichen Verkehrs
$1/q_{\ddot{o}}$	Intervall der Kursfahrzeuge des öffentlichen Verkehrs
g_P [s]	zum öffentlichen Verkehr gleichzeitig ablaufende, freundliche Basisgrünzeiten des Individualverkehrs
g_N [s]	zum öffentlichen Verkehr feindliche Basisgrünzeiten des Individualverkehrs
g_{\min} [s]	Mindestgrünzeit
g_{zus} [s]	zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge
Z [s]	Umlaufzeit
t_z [s]	Zwischenzeit
t_i [s]	Verlustzeit pro Umlauf
$t_N = g_{\min} + g_{\text{zus}} + 2t_z$ [s]	Fahrzeit vom Detektor zur Haltelinie.
f_P, f_N	Faktoren zum Bemessen der Grünzeiten
z [s]	Zugriffszeiten zu Nachlauf, Zwischenphase, Vorlauf
v [s]	mittlere Veränderung der Basisgrünzeiten durch Nachlauf, Zwischenphase, Vorlauf

Die mittleren Grünzeiten ergeben sich zu $\bar{g} = g \pm \frac{z}{1/q_{\ddot{o}}} \cdot v$ und die

$$\text{Faktoren zu } f = \frac{\bar{g}}{g} = 1 \pm \frac{q_{\ddot{o}}}{g} \cdot z \cdot v.$$



So sind z.B. beim dargestellten Nachlauf die Zugriffszeit $z = t_N + g_{\min}$ und die mittleren Veränderungen der Basisgrünzeiten $v = \frac{1}{2}(t_N + g_{\min})$.

Die Faktoren zum Bemessen der Grünzeiten folgen daraus zu

$$f_P = 1 + \frac{q_{\ddot{o}}}{g_P} \cdot \frac{1}{2} \cdot (g_{\min} + t_N)^2$$

$$f_N = 1 - \frac{q_{\ddot{o}}}{g_N} \cdot \frac{1}{2} \cdot (g_{\min} + t_N)^2.$$

8.2 Zusammenstellung der Faktoren

Allgemeine Randbedingungen:

$$(g_{\min} + g_{\text{zus}}) \leq g_P \leq Z - t_l - (t_N + 2g_{\min})$$

$$g_{\min} \leq g_N \leq Z - t_l - (g_{\min} + g_{\text{zus}})$$

Art der Priorität	Randbedingungen	Faktor f_P	Faktor f_N
Nachlauf	$g_N \leq t_N + 2g_{\min}$ $g_P \geq Z - t_l - (t_N + 2g_{\min})$	$1 + \frac{q_{\ddot{o}}}{g_P} \cdot \frac{1}{2} (g_N - g_{\min})(2t_N - g_N + 3g_{\min})$	$1 - \frac{q_{\ddot{o}}}{g_N} \cdot \frac{1}{2} (g_N - g_{\min})(2t_N - g_N + 3g_{\min})$
	$g_N \geq t_N + 2g_{\min}$ $g_P \leq Z - t_l - (t_N + 2g_{\min})$	$1 + \frac{q_{\ddot{o}}}{g_P} \cdot \frac{1}{2} \cdot (g_{\min} + t_N)^2$	$1 - \frac{q_{\ddot{o}}}{g_N} \cdot \frac{1}{2} \cdot (g_{\min} + t_N)^2$
Vorlauf	$g_N \leq t_N + 2g_{\min}$ $g_P \geq Z - t_l - (t_N + 2g_{\min})$	$1 + \frac{q_{\ddot{o}}}{g_P} \cdot \frac{1}{2} (g_N - g_{\min})(2t_N + g_N + g_{\min})$	$1 - \frac{q_{\ddot{o}}}{g_N} \cdot \frac{1}{2} (g_N - g_{\min})(2t_N + g_N + g_{\min})$
	$g_N \geq t_N + 2g_{\min}$ $g_P \leq Z - t_l - (t_N + 2g_{\min})$	$1 + \frac{q_{\ddot{o}}}{g_P} \cdot \frac{1}{2} (t_N + g_{\min})(t_N + 2g_N - g_{\min})$	$1 - \frac{q_{\ddot{o}}}{g_N} \cdot \frac{1}{2} (t_N + g_{\min})(t_N + 2g_N - g_{\min})$
Nachlauf + Vorlauf		$1 + \frac{q_{\ddot{o}}}{g_P} \cdot (g_N - g_{\min})(g_{\min} + t_N)$	$1 - \frac{q_{\ddot{o}}}{g_N} \cdot (g_N - g_{\min})(g_{\min} + t_N)$
Zwischenphase	$g_N \geq t_N + 2g_{\min}$ $g_P \leq Z - t_l - (t_N + 2g_{\min})$	$1 + \frac{q_{\ddot{o}}}{g_P} \cdot (t_N - 2t_z)(g_N - g_{\min})$	$1 - \frac{q_{\ddot{o}}}{g_N} \cdot t_N(g_N - g_{\min})$
Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf	$g_N \leq t_N + 2g_{\min}$ $g_P \geq Z - t_l - (t_N + 2g_{\min})$	$1 + \frac{q_{\ddot{o}}}{g_P} \cdot (g_N - g_{\min})(g_{\min} + t_N)$	$1 - \frac{q_{\ddot{o}}}{g_N} \cdot (g_N - g_{\min})(g_{\min} + t_N)$
	$g_N \geq t_N + 2g_{\min}$ $g_P \leq Z - t_l - (t_N + 2g_{\min})$	$1 + \frac{q_{\ddot{o}}}{g_P} [g_{\min}(g_N - g_{\min}) + t_N(g_{\min} + t_N)]$	$1 - \frac{q_{\ddot{o}}}{g_N} \cdot (g_N \cdot t_N + g_{\min}^2)$

9. Wartezeiten und Stau des Individualverkehrs

9.1 Deterministischer Anteil

Mit den Angaben:

Q[PWE/h], q[PWE/s] Belastung
 S[PWE/h], s[PWE/s] praktische Sättigungsrate
 $\bar{g}[s]$ mittleren Grünzeit
 Z[s] Umlaufzeit

$$\text{und } \bar{\lambda} = \frac{\bar{g}}{Z}, \bar{x} = \frac{Q}{\bar{\lambda} \cdot S} \leq 1$$

folgt der deterministische Anteil an den Wartezeiten des Individualverkehrs zu $w_1[s] = \frac{Z(1-\bar{\lambda})^2}{2(1-\bar{\lambda}\bar{x})}$.

Der deterministische Anteil am Stau des Individualverkehrs ist dann $k_1[PWE] = w_1 \cdot q$.

9.2 Anteil für Zufallseinflüsse und Überlastung

Mit $\bar{x} = \frac{Q}{\bar{\lambda} \cdot S}$ wird der Anteil für Zufallseinflüsse und Überlastung an den Wartezeiten des Individualverkehrs zu

$$w_2[s] = 900 \left[(\bar{x} - 1) - 4C\bar{x}/Q + \sqrt{(\bar{x} - 1)^2 + \frac{8 \cdot C \cdot (\bar{x} + 1 + 2C\bar{x}/Q)}{Q/\bar{x}}} \right]$$

Dabei gilt für die Konstante C etwa:

- C=1 für unkoordinierte Zufahrten zu Lichtsignalanlagen mit Priorität des öffentlichen Verkehrs
- C=0.75 für koordinierte Zufahrten zu Lichtsignalanlagen mit Priorität des öffentlichen Verkehrs
- C=0.5 für unkoordinierte Zufahrten zu Lichtsignalanlagen ohne Priorität des öffentlichen Verkehrs.
- C=0.25 für koordinierte Zufahrten zu Lichtsignalanlagen ohne Priorität des öffentlichen Verkehrs.

Der Anteil für Zufallseinflüsse und Überlastung am Stau des Individualverkehrs ergibt sich mit der Leistungsfähigkeit $\bar{l} = \bar{\lambda} \cdot s$ zu $k_2[PWE] = w_2 \cdot \bar{l}$.

Bei der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs streuen aus der Sicht des Individualverkehrs die mittleren Grünzeit $\bar{g}[s]$ zufällig. Wartezeiten und Stau des Individualverkehrs sind deshalb mit der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs immer höher als ohne Privilegierung. Dies gilt unabhängig davon, ob die Privilegierung zu einem Leistungsverlust des Individualverkehrs führt.

9.3 Wartezeiten und Stau des Individualverkehrs

Die Wartezeiten des Individualverkehrs sind schliesslich $w[s] = w_1 + w_2$.

Die Gesamtwartezeit ergibt sich zu $W[Pers \cdot h/h] = w \cdot q \cdot b$ bei einer Fahrzeugbesetzung $b[Pers/PWE]$.

Der Stau des Individualverkehrs ist dann $k[PWE] = k_1 + k_2$.

9.4 Abgasemissionen des Individualverkehrs im Stau

Im Stau resultieren gegenüber der freien Fahrt zusätzliche Abgasemissionen $E[kg/h] = w \cdot q \cdot e$ und zusätzlicher Treibstoffverbrauch $Tr[kg/h] = w \cdot q \cdot tr$:

Emissionen	Emissionsfaktor e
NO _x	0.0021 kg/h · PWE
NMHC	0.0067 kg/h · PWE
CO ₂	2.9624 kg/h · PWE
Partikel	0.0001 kg/h · PWE
	Treibstoffverbrauchs- Faktor tr
Treibstoffverbrauch	1.195 l/h · PWE

10. Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs

10.1 Rotzeiten des öffentlichen Verkehrs

Ohne kreuzende Kursfahrzeuge ergeben sich die Rotzeiten des öffentlichen Verkehrs gemäss der Tabelle zu:

Art der Priorität	Randbedingungen	$r_{\delta}[s]$ Rotzeit
ohne Priorität	auf Eigentrasse	$g_N + t_N$
Nachlauf		$g_N - g_{\min}$
Vorlauf	$g_N \leq t_N + 2g_{\min}$	$t_N + g_{\min}$
	$g_N \geq t_N + 2g_{\min}$	$g_N - g_{\min}$
Nachlauf + Vorlauf	$g_N \leq t_N + 2g_{\min}$	0
	$g_N \geq t_N + 2g_{\min}$	$g_N - t_N - 2g_{\min}$
Zwischenphase	$g_N \geq t_N + 2g_{\min}$	$\sqrt{2} \cdot (t_N + g_{\min})$
Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf		0

mit
 $r_{\delta}[s]$ Rotzeit
 $g_N[s]$ zum öffentlichen Verkehr feindliche Basisgrünzeiten
 $g_{\min}[s]$ Mindestgrünzeit
 $g_{\text{zus}}[s]$ zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge
 $t_z[s]$ Zwischenzeit
 $t_N = g_{\min} + g_{\text{zus}} + 2t_z[s]$ Fahrzeit vom Detektor zur Haltelinie.

Bei kreuzenden Linien des öffentlichen Verkehrs wird eine Linie A mit höheren Frequenzen $q_A[\text{Fz/s}]$ bei zwei gleichzeitig eintreffenden Kursfahrzeugen gegenüber einer Linie B mit niedrigeren Frequenzen $q_B[\text{Fz/s}]$ bevorzugt. Die Rotzeiten der Linie A entsprechen dann jenen ohne kreuzende Kursfahrzeuge $r_{\delta A}[s] = r_{\delta}[s]$ in der Tabelle links.

Die Rotzeiten der Linie B bestehen aus zwei Teilen. Der erste Teil $r_{\delta B1}[s]$ ergibt sich aus der Art der Priorität der Linie B gemäss der unten stehenden Tabelle. Die Linie B erleidet aber zusätzliche Rotzeiten. Denn im Intervall $1/q_A$ treffen die bevorzugten Kursfahrzeuge der Linie A auf jene der Linie B. Im Anteil $(Z - r_{\delta A})$ an der Umlaufzeit Z - während dem die Linie A bevorzugt wird - entstehen dann die Rotzeiten t_N . Mit $\frac{r_{\delta B}^2}{2Z} = \frac{r_{\delta B1}^2}{2Z} + \frac{t_N^2}{2 \cdot \frac{1}{q_A}} \cdot \frac{Z - r_{\delta A}}{Z}$ wird $r_{\delta B} = \sqrt{r_{\delta B1}^2 + t_N^2 \cdot q_A (Z - r_{\delta A})}$.

Bei kreuzenden Kursfahrzeuge des öffentlichen Verkehrs ergeben sich deshalb die Rotzeiten der im Konflikt mit der Linie A nicht bevorzugten Linie B gemäss der Tabelle zu:

Art der Priorität	Rand-Bedingungen	Richtung B	
		$r_{\delta B1}[s]$	$r_{\delta B}[s]$
Nachlauf		$g_N - g_{\min}$	$\sqrt{r_{\delta B1}^2 + t_N^2 q_A (Z - r_{\delta A})}$
Vorlauf	$g_N \leq t_N + 2g_{\min}$	$t_N + g_{\min}$	
	$g_N \geq t_N + 2g_{\min}$	$g_N - g_{\min}$	
Nachlauf + Vorlauf	$g_N \leq t_N + 2g_{\min}$	0	
	$g_N \geq t_N + 2g_{\min}$	$g_N - t_N - 2g_{\min}$	
Zwischenphase	$g_N \geq t_N + 2g_{\min}$	$\sqrt{2} \cdot (t_N + g_{\min})$	
Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf		0	

mit
 $r_{\delta A}[s], r_{\delta B}[s]$ Rotzeiten der Linie A bzw. B
 $g_N[s]$ zum öffentlichen Verkehr feindliche Basisgrünzeiten der Linie B

10.2 Deterministischer Anteil an den Wartezeiten

Mit den Angaben:

Q_{δ} [Fz/h], q_{δ} [Fz/s]	Belastung
S_{δ} [Fz/h], s_{δ} [Fz/s]	praktische Sättigungsrate
Z [s]	Umlaufzeit
r_{δ} [s]	Rotzeit

$$\text{und } \lambda_{\delta} = 1 - \frac{r_{\delta}}{Z}, \quad x_{\delta} = \frac{Q_{\delta}}{\lambda_{\delta} \cdot S_{\delta}} \leq 1$$

folgt der deterministische Anteil an den Wartezeiten des öffentlichen

$$\text{Verkehrs zu } w_{1\delta} [s] = \frac{Z(1 - \lambda_{\delta})^2}{2(1 - \lambda_{\delta} \cdot x_{\delta})}.$$

10.3 Anteil für Zufallseinflüsse und Überlastung

Mit $x_{\delta} = \frac{Q_{\delta}}{\lambda_{\delta} \cdot S_{\delta}}$ wird der Anteil für Zufallseinflüsse und Überlastung an den Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs zu

$$w_{2\delta} [s] = 900 \left[(x_{\delta} - 1) - \frac{4Cx_{\delta}}{Q_{\delta}} + \sqrt{(x_{\delta} - 1)^2 + \frac{8 \cdot C \cdot \left(x_{\delta} + 1 + \frac{2Cx_{\delta}}{Q_{\delta}} \right)}{Q_{\delta} / x_{\delta}}} \right]$$

Dabei gilt:

$C=0.5$ für unkoordinierte Zufahrten zu Lichtsignalanlagen

$C=0.25$ für koordinierte Zufahrten zu Lichtsignalanlagen.

10.4 Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs im Stau des Individualverkehrs

Ohne Eigentrasse entstehen zusätzliche Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs im Stau des Individualverkehrs.

Mit

q [PWE/s]	Belastung des Individualverkehrs
s [PWE/s]	Sättigungsrate des Individualverkehrs
k [PWE]	Stau des Individualverkehrs
g_{\min} [s]	Mindestgrünzeit
g_{zus} [s]	zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge

ergeben sich die zusätzlichen Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs

$$\text{im Stau des Individualverkehrs zu } \Delta w_{\delta} [s] = \frac{k}{s - q} - (g_{\min} + g_{\text{zus}}).$$

10.5 Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs

Die Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs sind schliesslich

$$w_{\delta} [s] = w_{1\delta} + w_{2\delta} + \Delta w_{\delta}.$$

Die Gesamtwartezeit ergibt sich zu $W_{\delta} [Pers \cdot h / h] = w_{\delta} \cdot q_{\delta} \cdot b_{\delta}$ bei einer Fahrzeugbesetzung von $b_{\delta} [Pers / Fz]$.

11. Intermodale Qualität des Verkehrsablaufs

11.1 Grundsätzliches

Der öffentliche Verkehr befördert in Bus und Tram viele Personen mit wenigen Fahrzeugen. Eine Privilegierung bevorzugt diese Kursfahrzeuge mit den zahlreichen Passagieren.

Der Individualverkehr befördert wenige Personen pro Fahrzeug. Wartezeiten und Stau des Individualverkehrs sind mit der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs immer höher als ohne Privilegierung. Dies gilt unabhängig davon, ob die Privilegierung noch zu einem Leistungsverlust des Individualverkehrs führt. So steigen die Personen- Wartezeiten des Individualverkehrs mit einer Privilegierung von Bus und Tram an.

Die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs - also die Qualität des Verkehrsablaufs aller Verkehrsteilnehmer sowohl im Individualverkehr wie im öffentlichen Verkehr - misst sich an den Wartezeiten von Personen. Eine optimale Lösung für die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs resultiert deshalb beim Minimum der Personen- Wartezeiten aller Verkehrsteilnehmer.

Es gibt sinnvolle Arten der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs mit Nachlauf, Vorlauf, Zwischenphase und mit Kombinationen dieser Elemente. Der Grad der Privilegierung lässt sich bis zu Null- Wartezeiten steigern. Mit welcher Art der Privilegierung an einer Lichtsignalanlage die beste intermodale Qualität des Verkehrsablaufs erreicht wird, hängt an isolierten Knoten ab:

- von der Art und damit vom Grad der Privilegierung
- vom Knotenausbau
- von der Anzahl der beförderten Personen im öffentlichen Verkehr
- von der Anzahl der beförderten Personen im Individualverkehr.

Dabei gilt die Randbedingung, dass die Stauräume zu den Nachbarknoten für den grösseren Stau des Individualverkehrs trotz Privilegierung des öffentlichen Verkehrs ausreichen.

Ist diese Randbedingung auf Strecken und Netzen nicht erfüllt, dann sind Zwänge des Strassenraums (Abstände von Knoten), des Verkehrs (Menge und Auslastung) und der Steuerung (Koordination) zu berücksichtigen, oder die Zwänge des Verkehrs und der Steuerung sind lokal aufzuheben durch:

- Berücksichtigen des kritischen Staus in der intermodalen Bilanz
Reicht der Stau des Individualverkehrs von einem Knoten mit Priorität des öffentlichen Verkehrs bis zum Nachbarknoten, dann ist dort der Abfluss nicht immer gewährleistet.
 - Der kritische Stauraum ist dann zu überwachen und die Grünzeiten der zufließenden Verkehrsströme im Nachbarknoten sind entsprechend zu reduzieren. Damit entstehen zusätzlichen Wartezeiten im Nachbarknoten. Sie sind in der intermodalen Bilanz zu addieren.
- Bewirtschaften des kritischen Staus
Ein kritischer Stau lässt sich entweder mit einer höheren Abflussleistung oder mit einem reduzierten Zufluss vermeiden:
 - Die Grünzeiten der Knotenzufahrt, deren Stau des Individualverkehrs bis zum Nachbarknoten reicht, werden erhöht und damit der Stau reduziert. Die übrigen massgebenden Zufahrten des Knotens erleiden aber Wartezeiten, die in der intermodalen Bilanz zu addieren sind.
 - mit dem Überwachen des kritischen Stauraums und mit einem entsprechenden Dosieren des Zuflusses wird Stau auf unkritische Teile von Strecken und Netzen verlagert. Dort entstehen wiederum zusätzliche Wartezeiten, die in der intermodalen Bilanz zu addieren sind.
- Brechen einer grossräumigen Koordination
Eine Koordination von Strecken und Netzen dient dazu, die Wartezeiten und den Stau des Individualverkehrs zu reduzieren. Die Koordination setzt aber Vorgaben zur Umlaufzeit und zur Phasenfolge jedes Knotens. Diese Vorgaben können die Privilegierung des öffentlichen Verkehrs in einem Knoten einschränken.

- Eine grossräumige Koordination lässt sich dort brechen, wo
- die Ein- und Abbieger gegenüber den durchgehenden, koordinierten Verkehrsströmen dominieren
 - die Auslastung der koordinierten Knoten stark variiert
 - die Stauräume an den Koordinations- Brüchen ausreichen.

- Anstatt einer grossräumigen Koordination lassen sich dann
- kleine Koordinationsgruppen einrichten, die während einem Umlauf durchfahrbar sind und die sich mit variablen Umlaufzeiten und Phasenfolgen an den öffentlichen und an den Individualverkehr anpassen
 - isolierte Knoten ohne Koordinations- Bedingungen betreiben.

11.2 Beispiele

Die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs an isolierten Lichtsignalanlagen bei verschiedenen Arten der Priorität des öffentlichen Verkehrs wird an Hand von Beispielen aufgezeigt. Der Massstab ist die Bilanz der Personen- Wartezeiten.

Die Beispiele variieren den Knotenausbau mit und ohne Eigentrasse des öffentlichen Verkehrs und den Anteil der beförderten Personen im öffentlichen bzw. im Individualverkehr.

Um die Wirkung der einzelnen Arten der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs vergleichen zu können, basieren alle Beispiele auf einheitlichen Annahmen. Grundlagen dieser Annahmen sind Erfahrungswerte zur Lichtsignal- Steuerung.

Annahmen zur Bemessung der Grünzeiten

- Es gelten:
- | | |
|---------------|------------------------|
| $Z[s]=70$ | Umlaufzeit |
| $t_z[s]=4$ | Zwischenzeit |
| $t_l[s]=11.7$ | Verlustzeit pro Umlauf |
- (Die hohe Verlustzeit pro Umlauf berücksichtigt eine mehrphasige Steuerung der Lichtsignalanlage)
- | | |
|-----------------------|---|
| $g_{zus}[s]=0, 8, 16$ | zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge |
|-----------------------|---|

$g_{min}[s]=6$	Mindestgrünzeit
$t_N=g_{min}+g_{zus}+2t_z[s]=14, 22, 30$	

Annahmen zum Ermitteln der Wartezeiten des Individualverkehrs

- Es gelten:
- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| $Z[s]=70$ | Umlaufzeit |
| $S[PWE/h]=1900$ | Sättigungsrate Hauptverkehr |
| $S[PWE/h]=1800$ | Sättigungsrate Querverkehr |
| $b[Pers/PWE] = 1.3$ | Besetzungsgrad |

Annahmen zum Ermitteln des Staus des Individualverkehrs

- Es gelten:
- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| $Z[s]=70$ | Umlaufzeit |
| $S[PWE/h]=1900$ | Sättigungsrate Hauptverkehr |
| $S[PWE/h]=1800$ | Sättigungsrate Querverkehr |

Annahmen zum Ermitteln der Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs

- Es gelten:
- | | |
|-----------------------|---|
| $Z[s]=70$ | Umlaufzeit |
| $S_o[FZ/h]=600$ | Sättigungsrate |
| $g_{zus}[s]=0, 8, 16$ | zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Fahrzeuge |
- | | |
|--|----------------|
| $t_N=g_{min}+g_{zus}+2t_z[s]=14, 22, 30$ | |
| $b_o[Pers/FZ] = 60$ | Besetzungsgrad |

12.2.1 Beispiele mit öffentlichem Verkehr auf Eigentrasse

Im Beispiel a steuert eine Lichtsignalanlage den Knoten einer zweistreifigen Hauptstrasse mit einer zweistreifigen Querstrasse. Zusätzlich fliesst der öffentliche Verkehr in der Hauptstrasse auf Eigentrasse.

Es befahren ca. 2080 PWE/h bzw. 60 Kursfahrzeuge den Knoten und befördern 2700 Pers/h im Individualverkehr bzw. 3600 Pers/h im öffentlichen Verkehr.

Gegenüber einer Steuerung ohne Priorität steigert die Priorität des öffentlichen Verkehrs mit

- Nachlauf,
- Nachlauf + Vorlauf
- Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf

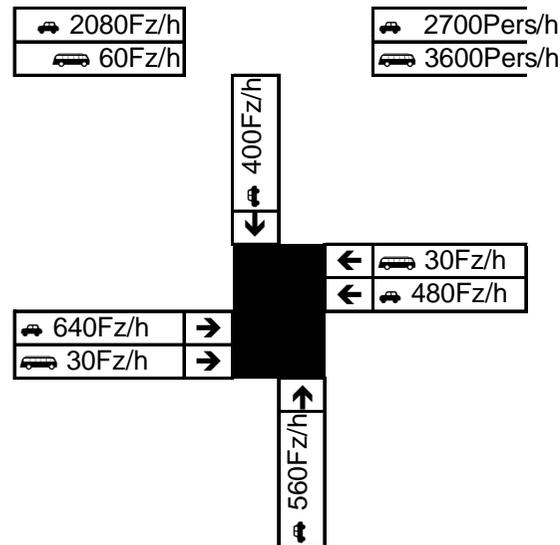
deutlich die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs. Die beste intermodale Qualität resultiert bei annähernd Null- Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs.

Eine statische Priorität (permanent zu grosse Grünzeiten für die Hauptstrasse), ein Vorlauf oder eine Zwischenphase allein senken die intermodale Qualität gegenüber einer Steuerung ohne Priorität.

ÖV auf Eigentrasse, Beispiel a

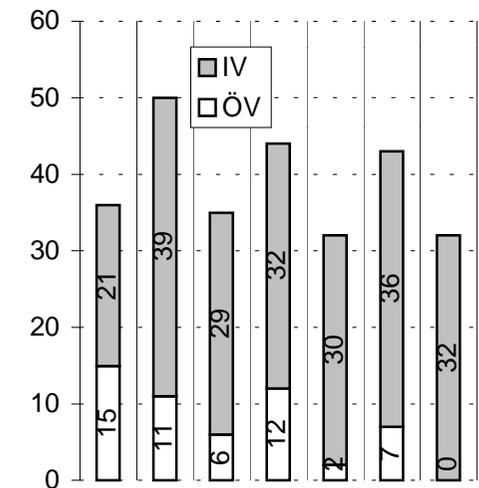
Bilanz der Personenwartezeiten [Ph/h]

Total



	keine Priorität	statische Priorität	Nachlauf	Vorlauf	Nachlauf+Vorlauf	Zwischenphase	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase
--	-----------------	---------------------	----------	---------	------------------	---------------	--------------------------------

IV	21	39	29	32	30	36	32
ÖV	15	11	6	12	2	7	0
Σ	37	50	35	44	32	43	32



Im Beispiel b steuert eine Lichtsignalanlage den Knoten einer zweistreifigen Hauptstrasse mit einer vierstreifigen Querstrasse. Zusätzlich fliesst der öffentliche Verkehr in der Hauptstrasse auf Eigentrasse.

Es befahren ca. 3040 PWE/h bzw. 60 Kursfahrzeuge den Knoten und befördern 3950 Pers/h im Individualverkehr bzw. 3600 Pers/h im öffentlichen Verkehr.

ÖV auf Eigentrasse, Beispiel b

Bei Priorität des öffentlichen Verkehrs mit

- Nachlauf
- Nachlauf + Vorlauf
- Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf

ist die intermodale Qualität etwa gleich gross, wie bei einer Steuerung ohne Priorität. Hohe intermodale Qualität resultiert bei annähernd Null- Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs.

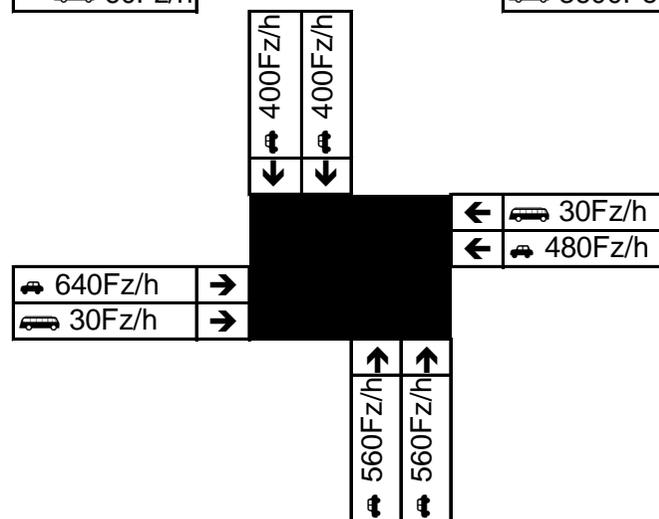
Eine statische Priorität (permanent zu grosse Grünzeiten für die Hauptstrasse), ein Vorlauf oder eine Zwischenphase allein senken die intermodale Qualität gegenüber einer Steuerung ohne Priorität.

Bilanz der Personenwartezeiten [Ph/h]

Total

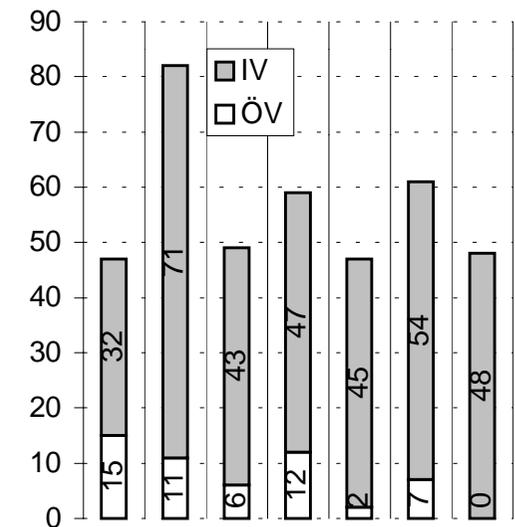
	3040Fz/h
	60Fz/h

	3950Pers/h
	3600Pers/h



keine Priorität	statische Priorität	Nachlauf	Vorlauf	Nachlauf+Vorlauf	Zwischenphase	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase
-----------------	---------------------	----------	---------	------------------	---------------	--------------------------------

IV	32	71	43	47	45	54	48
ÖV	15	11	6	12	2	7	0
Σ	47	82	49	59	47	61	48



Im Beispiel c steuert eine Lichtsignalanlage den Knoten einer vierstreifigen Hauptstrasse mit einer zweistreifigen Querstrasse. Zusätzlich fliesst der öffentliche Verkehr in der Hauptstrasse auf Eigentrasse.

Es befahren ca. 3200 PWE/h bzw. 60 Kursfahrzeuge den Knoten und befördern 4160 Pers/h im Individualverkehr bzw. 3600 Pers/h im öffentlichen Verkehr.

Bei Priorität des öffentlichen Verkehrs mit

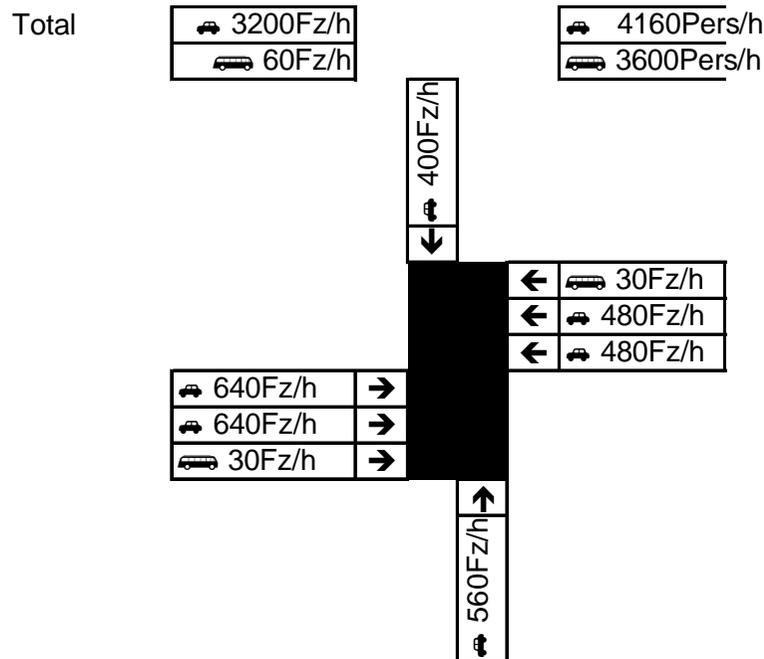
- Nachlauf
- Nachlauf + Vorlauf
- Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf

ist die intermodale Qualität etwa gleich gross, wie bei einer Steuerung ohne Priorität. Hohe intermodale Qualität resultiert bei annähernd Null- Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs.

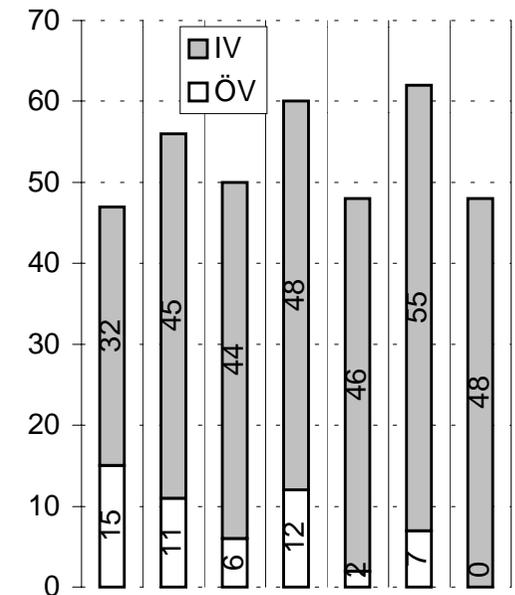
Eine statische Priorität (permanent zu grosse Grünzeiten für die Hauptstrasse), ein Vorlauf oder eine Zwischenphase allein senken die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs gegenüber einer Steuerung ohne Priorität.

ÖV auf Eigentrasse, Beispiel c

Bilanz der Personenwartezeiten [Ph/h]



	keine Priorität	statische Priorität	Nachlauf	Vorlauf	Nachlauf+Vorlauf	Zwischenphase	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase
IV	32	45	44	48	46	55	48
ÖV	15	11	6	12	2	7	0
Σ	48	56	50	60	47	62	49



Im Beispiel d steuert eine Lichtsignalanlage den Knoten einer vierstreifigen Hauptstrasse mit einer vierstreifigen Querstrasse. Zusätzlich fliesst der öffentliche Verkehr in der Hauptstrasse auf Eigentrasse.

Es befahren ca. 4160 PWE/h bzw. 60 Kursfahrzeuge den Knoten und befördern 5410 Pers/h im Individualverkehr bzw. 3600 Pers/h im öffentlichen Verkehr.

Die Priorität des öffentlichen Verkehrs kann die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs gegenüber einer Steuerung ohne Priorität nicht steigern.

Bei Priorität des öffentlichen Verkehrs mit

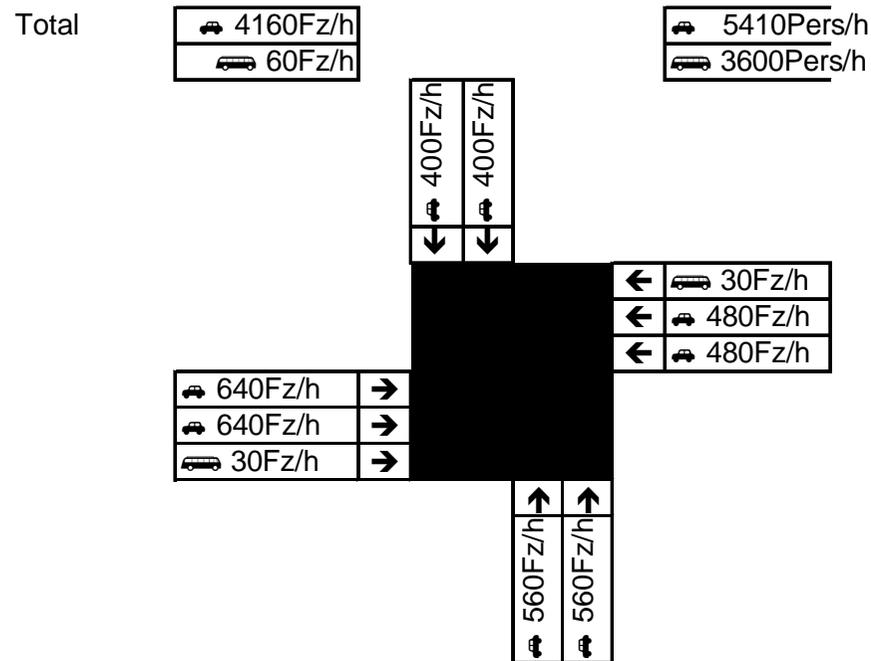
- Nachlauf
- Nachlauf + Vorlauf
- Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf

ist aber die intermodale Qualität nicht wesentlich schlechter, als bei einer Steuerung ohne Priorität.

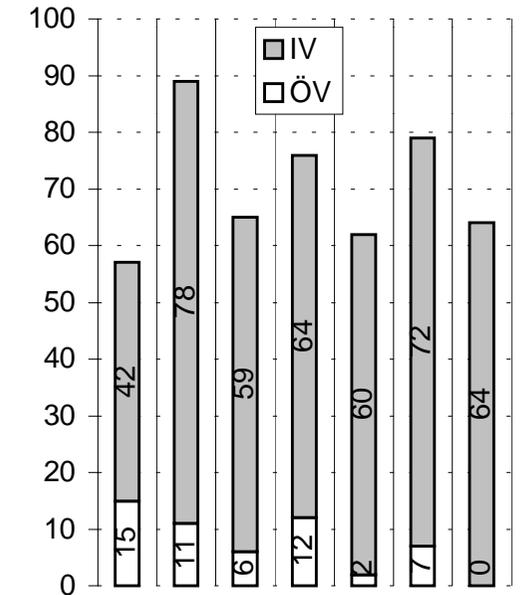
Eine statische Priorität (permanent zu grosse Grünzeiten für die Hauptstrasse), ein Vorlauf oder eine Zwischenphase allein senken die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs gegenüber einer Steuerung ohne Priorität.

ÖV auf Eigentrasse, Beispiel d

Bilanz der Personenwartezeiten [Ph/h]



	keine Priorität	statische Priorität	Nachlauf	Vorlauf	Nachlauf+Vorlauf	Zwischenphase	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase
IV	42	78	59	64	60	72	64
ÖV	15	11	6	12	2	7	0
Σ	58	89	64	75	62	79	64



12.2.2 Beispiele mit öffentlichem Verkehr ohne Eigentrasse

Im Beispiel e steuert eine Lichtsignalanlage den Knoten einer zweistreifigen Hauptstrasse mit einer zweistreifigen Querstrasse. Der öffentliche Verkehr fließt in der Hauptstrasse ohne Eigentrasse. Es befahren ca. 2080 PWE/h bzw. 60 Kursfahrzeuge den Knoten und befördern 2700 Pers/h im Individualverkehr bzw. 3600 Pers/h im öffentlichen Verkehr.

Gegenüber einer Steuerung ohne Priorität steigert die Priorität des öffentlichen Verkehrs mit

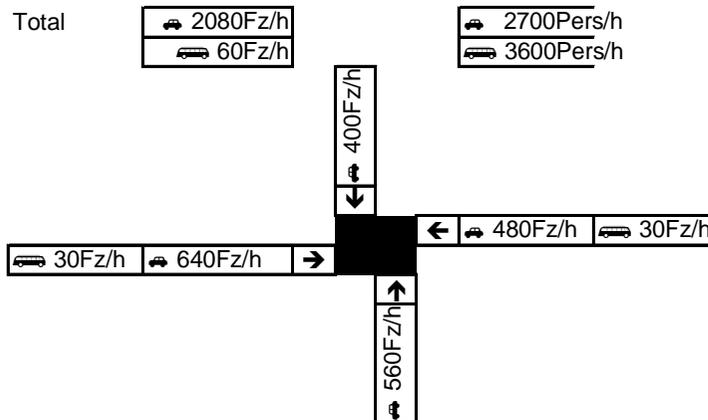
- Nachlauf (zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge = 8s, 16s)
- Nachlauf + Vorlauf (zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge = 0s, 8s)
- Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf (zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge = 8s)

die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs.

Alle anderen Arten der Priorität senken die intermodale Qualität gegenüber einer Steuerung ohne Priorität.

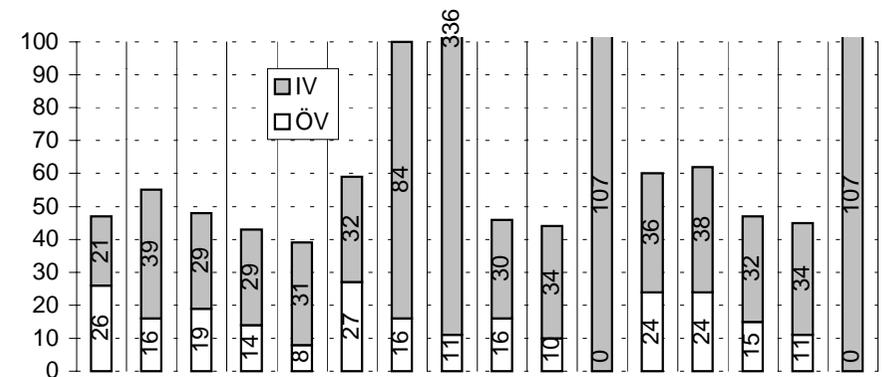
Beispiel e

Bilanz der Personenwartezeiten [Ph/h]



keine Priorität	statische Priorität	Nachlauf $g_{zus}=0$	Nachlauf $g_{zus}=8$	Nachlauf $g_{zus}=16$	Vorlauf $g_{zus}=0$	Vorlauf $g_{zus}=8$	Vorlauf $g_{zus}=16$	Nachlauf+Vorlauf $g_{zus}=0$	Nachlauf+Vorlauf $g_{zus}=8$	Nachlauf+Vorlauf $g_{zus}=16$	Zwischenphase $g_{zus}=0$	Zwischenphase $g_{zus}=8$	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase $g_{zus}=0$	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase $g_{zus}=8$	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase $g_{zus}=16$
-----------------	---------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------	----------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---------------------------	---------------------------	--	--	---

IV	21	39	29	29	31	32	84	336	30	34	107	36	38	32	34	107
ÖV	26	16	19	14	8	27	16	11	16	10	0	24	24	15	11	0
Σ	47	55	48	43	39	59	100	347	46	44	107	60	62	47	45	107



Im Beispiel f steuert eine Lichtsignalanlage den Knoten einer zweistreifigen Hauptstrasse mit einer vierstreifigen Querstrasse. Der öffentliche Verkehr fliesst in der Hauptstrasse ohne Eigenstrasse. Es befahren ca. 3040 PWE/h bzw. 60 Kursfahrzeuge den Knoten und befördern 3950 Pers/h im Individualverkehr bzw. 3600 Pers/h im öffentlichen Verkehr.

Bei Priorität des öffentlichen Verkehrs mit

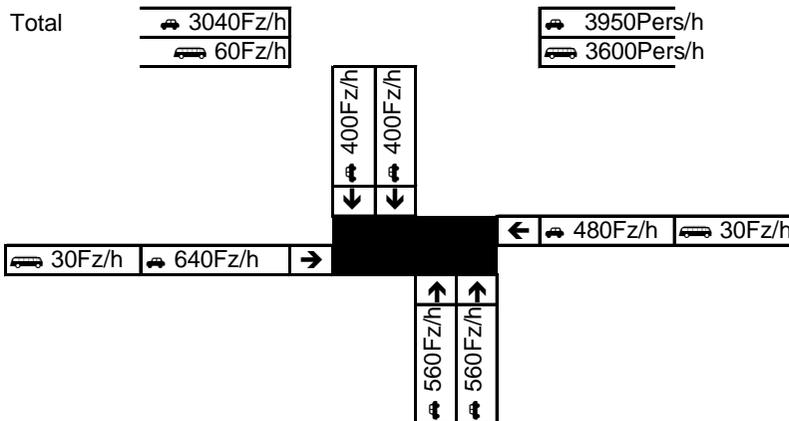
- Nachlauf (zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge = 8s, 16s)
- Nachlauf + Vorlauf
(zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge = 0s, 8s)
- Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf
(zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge = 0s, 8s)

ist die intermodale Qualität etwa gleich gross, wie bei einer Steuerung ohne Priorität.

Alle anderen Arte der Priorität senken die intermodale Qualität gegenüber einer Steuerung ohne Priorität.

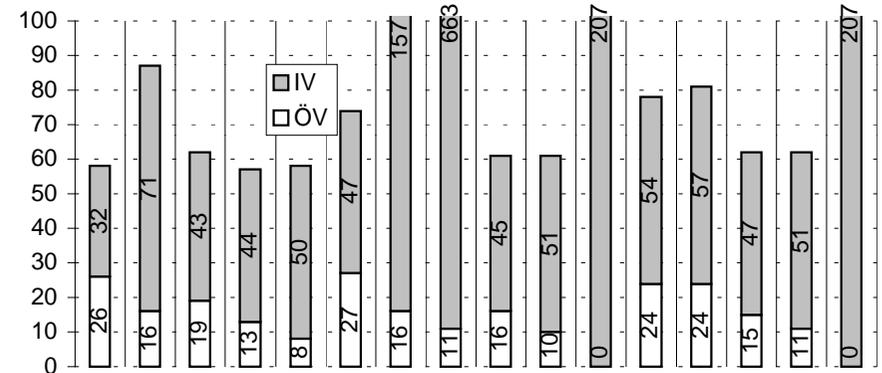
Beispiel f

Bilanz der Personenwartezeiten [Ph/h]



keine Priorität	statische Priorität	Nachlauf $g_{ZUS}=0$	Nachlauf $g_{ZUS}=8$	Nachlauf $g_{ZUS}=16$	Vorlauf $g_{ZUS}=0$	Vorlauf $g_{ZUS}=8$	Vorlauf $g_{ZUS}=16$	Nachlauf+Vorlauf $g_{ZUS}=0$	Nachlauf+Vorlauf $g_{ZUS}=8$	Nachlauf+Vorlauf $g_{ZUS}=16$	Zwischenphase $g_{ZUS}=0$	Zwischenphase $g_{ZUS}=8$	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase $g_{ZUS}=0$	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase $g_{ZUS}=8$	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase $g_{ZUS}=16$
-----------------	---------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------	----------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---------------------------	---------------------------	--	--	---

IV	32	71	43	44	50	47	157	663	45	51	207	54	57	47	51	207
ÖV	26	16	19	13	8	27	16	11	16	10	0	24	24	15	11	0
Σ	58	87	63	57	58	74	173	674	61	61	207	78	81	62	61	207



Im Beispiel g steuert eine Lichtsignalanlage den Knoten einer vierstreifigen Hauptstrasse mit einer zweistreifigen Querstrasse. Der öffentliche Verkehr fliesst in der Hauptstrasse ohne Eigenstrasse. Es befahren ca. 3200 PWE/h bzw. 60 Kursfahrzeuge den Knoten und befördern 4160 Pers/h im Individualverkehr bzw. 3600 Pers/h im öffentlichen Verkehr.

Bei Priorität des öffentlichen Verkehrs mit

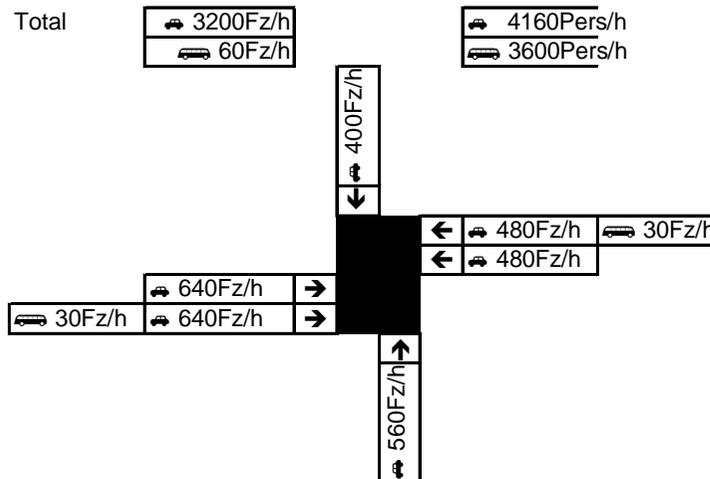
- Nachlauf (zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge = 8s, 16s)
- Nachlauf + Vorlauf (zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge = 0s, 8s)
- Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf (zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge = 0s, 8s)

ist die intermodale Qualität etwa gleich gross, wie bei einer Steuerung ohne Priorität.

Alle anderen Arte der Priorität senken die intermodale Qualität gegenüber einer Steuerung ohne Priorität.

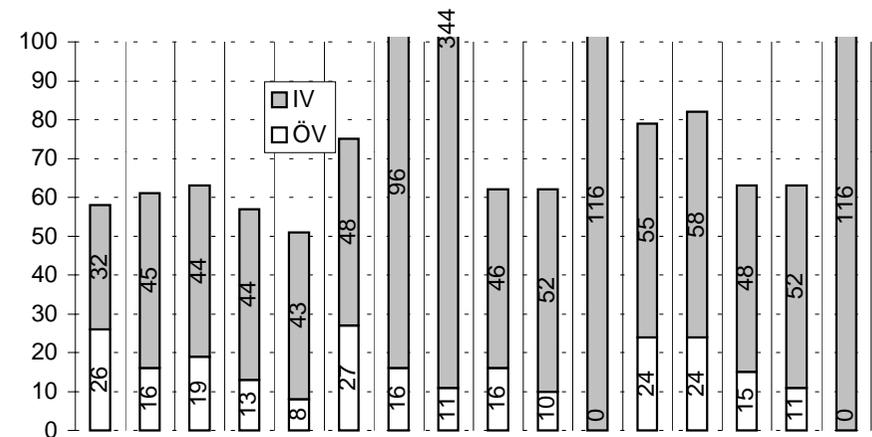
Beispiel g

Bilanz der Personenwartezeiten [Ph/h]



	keine Priorität	statische Priorität	Nachlauf $g_{zus}=0$	Nachlauf $g_{zus}=8$	Nachlauf $g_{zus}=16$	Vorlauf $g_{zus}=0$	Vorlauf $g_{zus}=8$	Vorlauf $g_{zus}=16$	Nachlauf+Vorlauf $g_{zus}=0$	Nachlauf+Vorlauf $g_{zus}=8$	Nachlauf+Vorlauf $g_{zus}=16$	Zwischenphase $g_{zus}=0$	Zwischenphase $g_{zus}=8$	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase $g_{zus}=0$	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase $g_{zus}=8$	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase $g_{zus}=16$
--	-----------------	---------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------	----------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---------------------------	---------------------------	--	--	---

IV	32	45	44	44	43	48	96	344	46	52	116	55	58	48	52	116
ÖV	26	16	19	13	8	27	16	11	16	10	0	24	24	15	11	0
Σ	58	62	63	58	51	75	112	355	61	62	116	79	82	63	62	116



Im Beispiel h steuert eine Lichtsignalanlage den Knoten einer vierstreifigen Hauptstrasse mit einer vierstreifigen Querstrasse. Der öffentliche Verkehr fließt in der Hauptstrasse ohne Eigenstrasse. Es befahren ca. 4160 PWE/h bzw. 60 Kursfahrzeuge den Knoten und befördern 5410 Pers/h im Individualverkehr bzw. 3600 Pers/h im öffentlichen Verkehr.

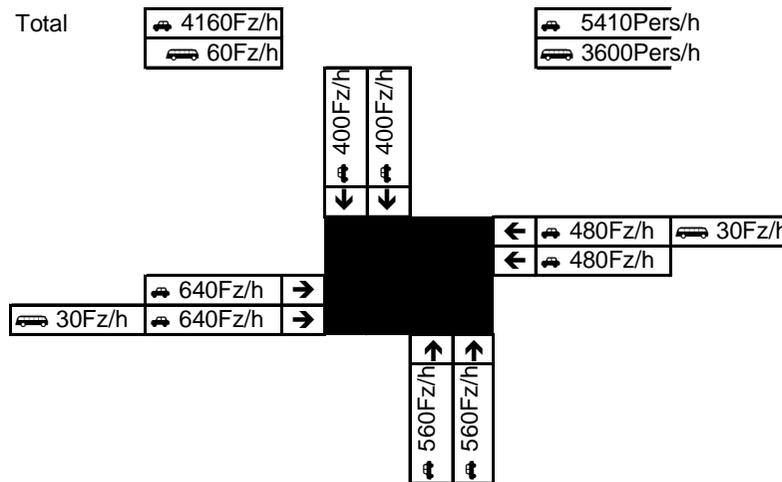
Die Priorität des öffentlichen Verkehrs kann die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs gegenüber einer Steuerung ohne Priorität nicht steigern.

Bei Priorität des öffentlichen Verkehrs mit Nachlauf (zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge = 8s, 16s) ist aber die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs nur wenig niedriger als bei einer Steuerung ohne Priorität.

Alle anderen Arte der Priorität senken die intermodale Qualität gegenüber einer Steuerung ohne Priorität.

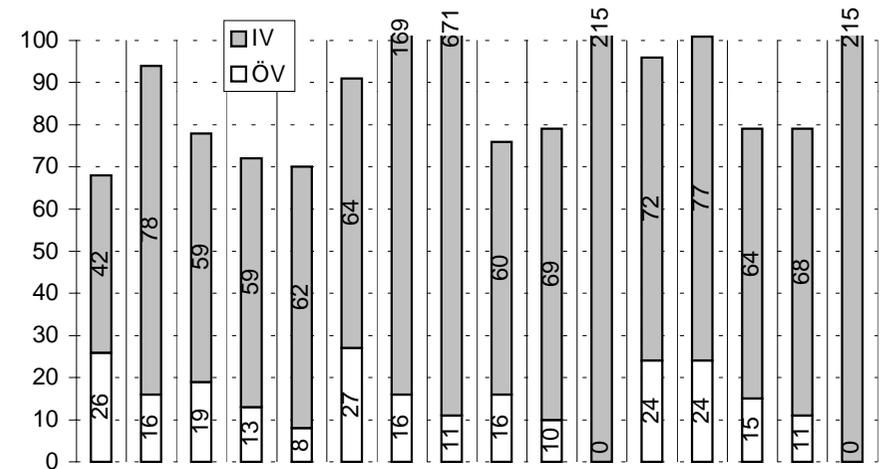
ÖV ohne Eigenstrasse, Beispiel h

Bilanz der Personenwartezeiten [Ph/h]



keine Priorität	statische Priorität	Nachlauf $g_{ZUS}=0$	Nachlauf $g_{ZUS}=8$	Nachlauf $g_{ZUS}=16$	Vorlauf $g_{ZUS}=0$	Vorlauf $g_{ZUS}=8$	Vorlauf $g_{ZUS}=16$	Nachlauf+Vorlauf $g_{ZUS}=0$	Nachlauf+Vorlauf $g_{ZUS}=8$	Nachlauf+Vorlauf $g_{ZUS}=16$	Zwischenphase $g_{ZUS}=0$	Zwischenphase $g_{ZUS}=8$	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase $g_{ZUS}=0$	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase $g_{ZUS}=8$	Nachlauf+Vorlauf+Zwischenphase $g_{ZUS}=16$
-----------------	---------------------	----------------------	----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------	----------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---------------------------	---------------------------	--	--	---

IV	42	78	59	59	62	64	169	671	60	69	215	72	77	64	68	215
ÖV	26	16	19	13	8	27	16	11	16	10	0	24	24	15	11	0
Σ	69	94	78	72	70	90	185	683	76	79	215	96	101	79	79	215



12.2.3 Zusammenfassung der Beispiele

Die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs an isolierten Lichtsignalanlagen hängt von der Arten der Priorität des öffentlichen Verkehrs, vom Knotenausbau und von der Anzahl der beförderten Personen im öffentlichen bzw. im Individualverkehr ab. Die Tabelle fasst dies an Hand der Beispiele zusammen:

Beispiele mit öffentlichem Verkehr auf Eigentrasse

Randbedingung	Arten der Priorität des öffentlichen Verkehrs	intermodale Qualität des Verkehrsablaufs
Der öffentliche Verkehr befördert mehr Personen als der Individualverkehr	Nachlauf, Nachlauf +Vorlauf, Nachlauf +Zwischenphase+Vorlauf ist optimal	höher als bei einer Steuerung ohne Priorität
	statische Priorität, Vorlauf, Zwischenphase	niedriger als bei einer Steuerung ohne Priorität
Der öffentliche Verkehr befördert etwa gleich viele Personen wie der Individualverkehr	Nachlauf, Nachlauf + Vorlauf ist optimal, Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf	etwa gleich hoch wie bei einer Steuerung ohne Priorität
	statische Priorität, Vorlauf, Zwischenphase	niedriger als bei einer Steuerung ohne Priorität
Der öffentliche Verkehr befördert weniger Personen als der Individualverkehr	Nachlauf, Nachlauf + Vorlauf, Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf	nur wenig niedriger als bei einer Steuerung ohne Priorität
	statische Priorität, Vorlauf, Zwischenphase	niedriger als bei einer Steuerung ohne Priorität

Beispiele mit öffentlichem Verkehr ohne Eigentrasse

Bei den einzelnen Arten der Privilegierung wird nach unterschiedlichen zusätzlichen Grünzeiten g_{ZUS} vor Eintreffen der Kursfahrzeuge unterschieden

Randbedingung	Arten der Priorität des öffentlichen Verkehrs	intermodale Qualität des Verkehrsablaufs
Der öffentliche Verkehr befördert mehr Personen als der Individualverkehr	Nachlauf mit $g_{ZUS} = 8s, 16s$ ist optimal Nachlauf +Vorlauf mit $g_{ZUS} = 0s, 8s$ Nachlauf+Zwischenphase+Vorlauf mit $g_{ZUS} = 8s$	höher als bei einer Steuerung ohne Priorität
	statische Priorität, Vorlauf, Zwischenphase, Nachlauf +Vorlauf mit $g_{ZUS} = 16s$ Nachlauf+Zwischenphase+Vorlauf mit $g_{ZUS} = 16s$	niedriger als bei einer Steuerung ohne Priorität
Der öffentliche Verkehr befördert etwa gleich viele Personen wie der Individualverkehr	Nachlauf mit $g_{ZUS} = 8s, 16s$ ist optimal Nachlauf +Vorlauf mit $g_{ZUS} = 0s, 8s$ Nachlauf+Zwischenphase+Vorlauf mit $g_{ZUS} = 0s, 8s$	etwa gleich hoch wie bei einer Steuerung ohne Priorität
	statische Priorität, Vorlauf, Zwischenphase, Nachlauf +Vorlauf mit $g_{ZUS} = 16s$ Nachlauf+Zwischenphase+Vorlauf mit $g_{ZUS} = 16s$	niedriger als bei einer Steuerung ohne Priorität
Der öffentliche Verkehr befördert weniger Personen als der Individualverkehr	Nachlauf mit $g_{ZUS} = 8s, 16s$ ist optimal	nur wenig niedriger als bei einer Steuerung ohne Priorität
	statische Priorität, Nachlauf mit $g_{ZUS} = 0s$, Vorlauf, Zwischenphase, Nachlauf +Vorlauf, Nachlauf+Zwischenphase+Vorlauf	niedriger als bei einer Steuerung ohne Priorität

12. Literatur

VSS Norm SN 640 833: Lichtsignalanlagen Nutzen, Mai 1996

VSS Norm SN 640 834: Lichtsignalanlagen Phasentrennung, Mai 1996

VSS Norm SN 640 834: Lichtsignalanlagen Abschätzen der Leistungsfähigkeit, Juli 1997

Nutzen einer Lichtsignalanlage, P. Pitzinger, Forschungsbericht 15/92 im Auftrag der VSS, Februar 1995

Phasentrennung bei Lichtsignalanlagen, P. Pitzinger, Forschungsbericht 17/92 im Auftrag der VSS, Februar 1995

Lichtsignalanlagen Abschätzen der Leistungsfähigkeit, P. Pitzinger, Forschungsbericht 31/95 im Auftrag der VSS, August 1996

Lichtsignalanlagen Koordination des Verkehrs, P. Pitzinger, Forschungsbericht 13/98 im Auftrag der VSS, 2000

Merkblatt für Massnahmen zur Beschleunigung des öffentlichen Personen- Nahverkehrs mit Strassenbahnen und Bussen
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Ausgabe 1999

Hinweise für die Bewertung von Massnahmen zur Beeinflussung der ÖPNV- Abwicklung
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Ausgabe 1991

Hinweise zur Bevorrechtigung des öffentlichen Personen- Nahverkehrs bei der Lichtsignalsteuerung
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Ausgabe 1993

Merkblatt über Detektoren für den Strassenverkehr
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Ausgabe 1991

Richtlinien für Lichtsignalanlagen an Strassen RiLSA - Lichtzeichenanlagen für den Strassenverkehr
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Ausgabe 1992

Anhang:

Abschätzen der intermodalen Qualität des Verkehrsablaufs

Das Bemessen der Grünzeiten und das Ermitteln von Wartezeiten und Stau ist nicht handlich. Die folgenden Seiten gehen deshalb von Erfahrungswerten zur Lichtsignal- Steuerung aus. So werden die Gleichungen einfacher und die Werte lassen sich in Tabellen angeben. Mit diesen Gleichungen und Tabellen kann die intermodale Qualität des Verkehrsablaufs an Lichtsignalanlagen überschlägig bestimmt werden.

Die Wirkung der einzelnen Arten der Privilegierung des öffentlichen Verkehrs lässt sich rasch abschätzen mit

- einfachen Gleichungen für die Faktoren zum Bemessen der Grünzeiten
- Tabellen mit Näherungen für die Faktoren zur Bemessung der Grünzeiten
- Tabellen mit Näherungen zu Wartezeiten und Stau des Individualverkehrs
- Tabellen mit Näherungen zu Wartezeiten des öffentlichen Verkehrs.

Die einfachen Gleichungen und die Näherungen für die Faktoren zur Bemessung der Grünzeiten basieren auf den Randbedingungen:

$Z[s]=70$	Umlaufzeit
$t_z[s]=4$	Zwischenzeit
$t_l[s]=11.7$	Verlustzeit pro Umlauf
(Die hohe Verlustzeit pro Umlauf berücksichtigt eine mehrphasige Steuerung der Lichtsignalanlage)	
$g_{zus}[s]=0, 8, 16$	zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge
$g_{min}[s]=6$	Mindestgrünzeit
$t_N=g_{min}+g_{zus}+2t_z[s]=14, 22, 30$	Fahrzeit vom Detektor zur Haltelinie.

Die Näherungen für die Wartezeiten des Individualverkehrs basieren auf den Randbedingungen:

$Z[s]=70$	Umlaufzeit
$S[PWE/h]=1800, 1900$	Sättigungsrate

Die Näherungen für den Stau des Individualverkehrs basieren auf den Randbedingungen:

$Z[s]=70$	Umlaufzeit
$S[PWE/h]=1800, 1900$	Sättigungsrate

Die Näherungen für die Wartezeiten $w_{16}+w_{26}$ des öffentlichen Verkehrs basieren auf den Randbedingungen:

$Z[s]=70$	Umlaufzeit
$S_0[Fz/h]=600$	Sättigungsrate
$g_{zus}[s]=0, 8, 16$	zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge
$t_N=g_{min}+g_{zus}+2t_z[s]=14, 22, 30$	Fahrzeit vom Detektor zur Haltelinie.

Zwei Beispiele zeigen schliesslich die Anwendung dieser Tabellen und Gleichungen:

- für einen Knoten mit öffentlichem Verkehr auf Eigentrasse und mit Privilegierung mit Vorlauf + Zwischenphase + Nachlauf
- für einen Knoten mit öffentlichem Verkehr ohne Eigentrasse, mit Privilegierung mit Nachlauf und mit einer zusätzlichen Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge von 8s.

Einfache Gleichungen für die Faktoren zum Bemessen der Grünzeiten

zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge $g_{\text{zus}}[s]=0$

Randbedingungen:

$$Z[s]=70$$

$$t_z[s]=4$$

$$t_l[s]=11.7$$

$$g_{\text{min}}[s]=6$$

$$t_N = g_{\text{min}} + g_{\text{zus}} + 2t_z[s] = 14$$

Allgemeine Randbedingungen:

$$0.086 \leq \lambda_p \leq 0.748$$

$$0.086 \leq \lambda_N \leq 0.748$$

Art der Priorität	Randbedingungen	Faktor f_p	Faktor f_N
Nachlauf	$\lambda_N \leq 0.37$ $\lambda_p \geq 0.46$	$1 + q_{\delta} \cdot \left(32.3 - \frac{4.6}{\lambda_p} - 35\lambda_p \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot \left(26 - \frac{1.97}{\lambda_N} - 35\lambda_N \right)$
	$\lambda_N \geq 0.37$ $\lambda_p \leq 0.46$	$1 + \frac{q_{\delta}}{\lambda_p} \cdot 2.86$	$1 - \frac{q_{\delta}}{\lambda_N} \cdot 2.86$
Vorlauf	$\lambda_N \leq 0.37$ $\lambda_p \geq 0.46$	$1 + q_{\delta} \cdot \left(-72.32 + \frac{34.53}{\lambda_p} + 35\lambda_p \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot \left(14 - \frac{1.46}{\lambda_N} + 35\lambda_N \right)$
	$\lambda_N \geq 0.37$ $\lambda_p \leq 0.46$	$1 + q_{\delta} \cdot 20 \left(\frac{0.89}{\lambda_p} - 1 \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot 20 \left(1 + \frac{0.057}{\lambda_N} \right)$
Nachlauf + Vorlauf		$1 + q_{\delta} \cdot 20 \left(\frac{0.75}{\lambda_p} - 1 \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot 20 \left(1 - \frac{0.086}{\lambda_N} \right)$
Zwischenphase	$\lambda_N \geq 0.37$ $\lambda_p \leq 0.46$	$1 + q_{\delta} \cdot 6 \left(\frac{0.75}{\lambda_p} - 1 \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot 14 \left(1 - \frac{0.086}{\lambda_N} \right)$
Nachlauf + Zwischenphase	$\lambda_N \leq 0.37$ $\lambda_p \geq 0.46$	$1 + q_{\delta} \cdot 20 \left(\frac{0.75}{\lambda_p} - 1 \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot 20 \left(1 - \frac{0.086}{\lambda_N} \right)$
+ Vorlauf	$\lambda_N \geq 0.37$ $\lambda_p \leq 0.46$	$1 + q_{\delta} \cdot 6 \left(\frac{1.41}{\lambda_p} - 1 \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot 14 \left(1 + \frac{0.037}{\lambda_N} \right)$

Einfache Gleichungen für die Faktoren zum Bemessen der Grünzeiten

zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge $g_{\text{zus}}[\text{s}]=8$

Randbedingungen:

$$Z[\text{s}]=70$$

$$t_z[\text{s}]=4$$

$$t_l[\text{s}]=11.7$$

$$g_{\text{min}}[\text{s}]=6$$

$$t_N = g_{\text{min}} + g_{\text{zus}} + 2t_z[\text{s}] = 22$$

Allgemeine Randbedingungen:

$$0.200 \leq \lambda_p \leq 0.748$$

$$0.086 \leq \lambda_N \leq 0.633$$

Art der Priorität	Randbedingungen	Faktor f_p	Faktor f_N
Nachlauf	$\lambda_N \leq 0.49$ $\lambda_p \geq 0.35$	$1 + q_{\delta} \cdot \left(24.33 + \frac{1.37}{\lambda_p} - 35\lambda_p \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot \left(34 - \frac{2.66}{\lambda_N} - 35\lambda_N \right)$
	$\lambda_N \geq 0.49$ $\lambda_p \leq 0.35$	$1 + \frac{q_{\delta}}{\lambda_p} \cdot 5.6$	$1 - \frac{q_{\delta}}{\lambda_N} \cdot 5.6$
Vorlauf	$\lambda_N \leq 0.49$ $\lambda_p \geq 0.35$	$1 + q_{\delta} \cdot \left(-80.33 + \frac{40.50}{\lambda_p} + 35\lambda_p \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot \left(22 - \frac{2.14}{\lambda_N} + 35\lambda_N \right)$
	$\lambda_N \geq 0.49$ $\lambda_p \leq 0.35$	$1 + q_{\delta} \cdot 28 \left(\frac{0.95}{\lambda_p} - 1 \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot 28 \left(1 + \frac{0.11}{\lambda_N} \right)$
Nachlauf + Vorlauf		$1 + q_{\delta} \cdot 28 \left(\frac{0.75}{\lambda_p} - 1 \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot 28 \left(1 - \frac{0.086}{\lambda_N} \right)$
Zwischenphase	$\lambda_N \geq 0.49$ $\lambda_p \leq 0.35$	$1 + q_{\delta} \cdot 14 \left(\frac{0.75}{\lambda_p} - 1 \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot 22 \left(1 - \frac{0.086}{\lambda_N} \right)$
Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf	$\lambda_N \leq 0.49$ $\lambda_p \geq 0.35$	$1 + q_{\delta} \cdot 28 \left(\frac{0.75}{\lambda_p} - 1 \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot 28 \left(1 - \frac{0.086}{\lambda_N} \right)$
	$\lambda_N \geq 0.49$ $\lambda_p \leq 0.35$	$1 + q_{\delta} \cdot 14 \left(\frac{1.15}{\lambda_p} - 1 \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot 22 \left(1 + \frac{0.023}{\lambda_N} \right)$

Einfache Gleichungen für die Faktoren zum Bemessen der Grünzeiten

zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge $g_{\text{zus}}[\text{s}]=16$

Randbedingungen:

$$Z[\text{s}]=70$$

$$t_z[\text{s}]=4$$

$$t_i[\text{s}]=11.7$$

$$g_{\text{min}}[\text{s}]=6$$

$$t_N = g_{\text{min}} + g_{\text{zus}} + 2t_z[\text{s}] = 30$$

Allgemeine Randbedingungen:

$$0.314 \leq \lambda_p \leq 0.748$$

$$0.086 \leq \lambda_N \leq 0.519$$

Art der Priorität	Randbedingungen	Faktor f_p	Faktor f_N
Nachlauf	$\lambda_N \leq 0.519$ $\lambda_p \geq 0.314$	$1 + q_{\delta} \cdot \left(16.33 + \frac{7.35}{\lambda_p} - 35\lambda_p \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot \left(42 - \frac{3.34}{\lambda_N} - 35\lambda_N \right)$
Vorlauf	$\lambda_N \leq 0.519$ $\lambda_p \geq 0.314$	$1 + q_{\delta} \cdot \left(-88.35 + \frac{46.50}{\lambda_p} + 35\lambda_p \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot \left(30 - \frac{2.83}{\lambda_N} + 35\lambda_N \right)$
Nachlauf + Vorlauf		$1 + q_{\delta} \cdot 36 \left(\frac{0.75}{\lambda_p} - 1 \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot 36 \left(1 - \frac{0.086}{\lambda_N} \right)$
Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf	$\lambda_N \leq 0.519$ $\lambda_p \geq 0.314$	$1 + q_{\delta} \cdot 36 \left(\frac{0.75}{\lambda_p} - 1 \right)$	$1 - q_{\delta} \cdot 36 \left(1 - \frac{0.086}{\lambda_N} \right)$

Tabellen mit Näherungen für die Faktoren zur Bemessung der Grünzeiten

Nachlauf

Es gelten die Randbedingungen:

- Z[s]=70 Umlaufzeit
- t_z[s]=4 Zwischenzeit
- t_i[s]=11.7 Verlustzeit pro Umlauf
- g_{zus}[s]=0, 8, 16 zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Fahrzeuge
- t_N=g_{min}+g_{zus}+2t_z[s]=14, 22, 30

Faktoren

λ _p	f _p Nachlauf, keine zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge									
	Q ₀ [Fz/h]									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.10	1.00	1.08	1.16	1.24	1.32	1.40	1.48	1.56	1.64	1.72
0.15	1.00	1.05	1.11	1.16	1.21	1.26	1.32	1.37	1.42	1.48
0.20	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36
0.25	1.00	1.03	1.06	1.10	1.13	1.16	1.19	1.22	1.25	1.29
0.30	1.00	1.03	1.05	1.08	1.11	1.13	1.16	1.19	1.21	1.24
0.35	1.00	1.02	1.05	1.07	1.09	1.11	1.14	1.16	1.18	1.20
0.40	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18
0.45	1.00	1.02	1.04	1.05	1.07	1.09	1.11	1.12	1.14	1.16
0.50	1.00	1.02	1.03	1.05	1.06	1.08	1.09	1.11	1.12	1.14
0.55	1.00	1.01	1.03	1.04	1.05	1.07	1.08	1.09	1.10	1.12
0.60	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09
0.65	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.05	1.06
0.70	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03	1.03

λ _p	f _p Nachlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 8s									
	Q ₀ [Fz/h]									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.10	1.00	1.10	1.21	1.31	1.41	1.52	1.62	1.73	1.83	1.93
0.15	1.00	1.08	1.16	1.23	1.31	1.39	1.47	1.54	1.62	1.70
0.20	1.00	1.06	1.12	1.19	1.25	1.31	1.37	1.44	1.50	1.56
0.25	1.00	1.05	1.10	1.16	1.21	1.26	1.31	1.36	1.41	1.47
0.30	1.00	1.04	1.09	1.13	1.18	1.22	1.27	1.31	1.36	1.40
0.35	1.00	1.04	1.08	1.11	1.15	1.19	1.23	1.27	1.31	1.34
0.40	1.00	1.03	1.06	1.10	1.13	1.16	1.19	1.23	1.26	1.29
0.45	1.00	1.03	1.05	1.08	1.11	1.13	1.16	1.19	1.21	1.24
0.50	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.11	1.13	1.15	1.17	1.19
0.55	1.00	1.02	1.03	1.05	1.06	1.08	1.09	1.11	1.12	1.14
0.60	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09
0.65	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08
0.70	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.04

λ _p	f _p Nachlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 16s									
	Q ₀ [Fz/h]									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.10	1.00	1.07	1.14	1.21	1.28	1.35	1.42	1.49	1.56	1.63
0.15	1.00	1.06	1.12	1.17	1.23	1.29	1.35	1.40	1.46	1.52
0.20	1.00	1.05	1.09	1.14	1.19	1.24	1.28	1.33	1.38	1.42
0.25	1.00	1.04	1.08	1.11	1.15	1.19	1.23	1.26	1.30	1.34
0.30	1.00	1.03	1.06	1.09	1.12	1.15	1.17	1.20	1.23	1.26
0.35	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.11	1.13	1.15	1.17	1.19
0.40	1.00	1.01	1.03	1.04	1.05	1.07	1.08	1.10	1.11	1.12
0.45	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.05	1.06
0.50	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06

λ _N	f _N Nachlauf, keine zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge									
	Q ₀ [Fz/h]									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.10	1.00	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94	0.93
0.15	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81
0.20	1.00	0.97	0.95	0.92	0.90	0.87	0.85	0.82	0.80	0.77
0.25	1.00	0.97	0.95	0.92	0.90	0.87	0.84	0.82	0.79	0.77
0.30	1.00	0.98	0.95	0.93	0.90	0.88	0.85	0.83	0.80	0.78
0.35	1.00	0.98	0.95	0.93	0.91	0.89	0.86	0.84	0.82	0.80
0.40	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.86	0.84	0.82
0.45	1.00	0.98	0.96	0.95	0.93	0.91	0.89	0.88	0.86	0.84
0.50	1.00	0.98	0.97	0.95	0.94	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86
0.55	1.00	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90	0.88	0.87
0.60	1.00	0.99	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88
0.65	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.91	0.90	0.89
0.70	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90

λ _N	f _N Nachlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 8s									
	Q ₀ [Fz/h]									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.10	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90
0.15	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85	0.82	0.79	0.75	0.72
0.20	1.00	0.96	0.92	0.89	0.85	0.81	0.77	0.73	0.70	0.66
0.25	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80	0.76	0.72	0.68	0.63
0.30	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80	0.76	0.72	0.67	0.63
0.35	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80	0.76	0.72	0.69	0.65
0.40	1.00	0.96	0.93	0.89	0.85	0.81	0.78	0.74	0.70	0.67
0.45	1.00	0.97	0.93	0.90	0.86	0.83	0.79	0.76	0.73	0.69
0.50	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72
0.55	1.00	0.97	0.94	0.92	0.89	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75
0.60	1.00	0.97	0.95	0.92	0.90	0.87	0.84	0.82	0.79	0.77
0.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

λ _N	f _N Nachlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 16s									
	Q ₀ [Fz/h]									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.10	1.00	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87
0.15	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80	0.76	0.72	0.68	0.64
0.20	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.64	0.59	0.54
0.25	1.00	0.94	0.89	0.83	0.78	0.72	0.67	0.61	0.56	0.50
0.30	1.00	0.94	0.89	0.83	0.77	0.72	0.66	0.60	0.55	0.49
0.35	1.00	0.94	0.89	0.83	0.78	0.72	0.66	0.61	0.55	0.50
0.40	1.00	0.95	0.89	0.84	0.78	0.73	0.67	0.62	0.56	0.51
0.45	1.00	0.95	0.90	0.84	0.79	0.74	0.69	0.63	0.58	0.53
0.50	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
0.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabellen mit Näherungen für die Faktoren zur Bemessung der Grünzeiten

Vorlauf

Es gelten die Randbedingungen:

- Z[s]=70 Umlaufzeit
- t_z [s]=4 Zwischenzeit
- t_i [s]=11.7 Verlustzeit pro Umlauf
- g_{zus} [s]=0, 8, 16 zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Fahrzeuge
- $t_N = g_{min} + g_{zus} + 2t_z$ [s]=14, 22, 30

Faktoren

λ_P	f_P Vorlauf, keine zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge											f_P Vorlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 8s											f_P Vorlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 16s										
	Q_0 [Fz/h]											Q_0 [Fz/h]											Q_0 [Fz/h]										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90			
0.1	1.00	1.44	1.88	2.32	2.76	3.19	3.63	4.07	4.51	4.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0.2	1.00	1.19	1.38	1.58	1.77	1.96	2.15	2.34	2.53	2.73	1.00	1.29	1.58	1.87	2.16	2.45	2.74	3.04	3.33	3.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
0.3	1.00	1.11	1.22	1.33	1.44	1.55	1.66	1.76	1.87	1.98	1.00	1.17	1.34	1.50	1.67	1.84	2.01	2.18	2.34	2.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
0.4	1.00	1.07	1.14	1.20	1.27	1.34	1.41	1.48	1.54	1.61	1.00	1.10	1.19	1.29	1.39	1.48	1.58	1.68	1.78	1.87	1.00	1.12	1.23	1.35	1.47	1.58	1.70	1.81	1.93	2.05			
0.5	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.00	1.06	1.12	1.18	1.25	1.31	1.37	1.43	1.49	1.55			
0.6	1.00	1.02	1.03	1.05	1.07	1.09	1.10	1.12	1.14	1.16	1.00	1.02	1.05	1.07	1.09	1.11	1.14	1.16	1.18	1.20	1.00	1.03	1.06	1.08	1.11	1.14	1.17	1.20	1.23	1.25			
0.7	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.04	1.05	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.04	1.04	1.05	1.06	1.06			

λ_N	f_N Vorlauf, keine zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge											f_N Vorlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 8s											f_N Vorlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 16s										
	Q_0 [Fz/h]											Q_0 [Fz/h]											Q_0 [Fz/h]										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90			
0.1	1.00	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	1.00	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90	0.88	0.87			
0.2	1.00	0.96	0.92	0.89	0.85	0.81	0.77	0.73	0.70	0.66	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.64	0.59	0.54	1.00	0.94	0.87	0.81	0.75	0.68	0.62	0.56	0.49	0.43			
0.3	1.00	0.95	0.89	0.84	0.78	0.73	0.67	0.62	0.56	0.51	1.00	0.93	0.86	0.79	0.72	0.65	0.58	0.51	0.44	0.37	1.00	0.91	0.83	0.74	0.65	0.57	0.48	0.40	0.31	0.22			
0.4	1.00	0.94	0.87	0.81	0.75	0.68	0.62	0.56	0.49	0.43	1.00	0.91	0.83	0.74	0.66	0.57	0.49	0.40	0.32	0.23	1.00	0.90	0.79	0.69	0.59	0.49	0.38	0.28	0.18	0.08			
0.5	1.00	0.94	0.88	0.81	0.75	0.69	0.63	0.57	0.50	0.44	1.00	0.90	0.81	0.71	0.62	0.52	0.43	0.33	0.24	0.14	1.00	0.88	0.77	0.65	0.54	0.42	0.30	0.19	0.07	-0.05			
0.6	1.00	0.94	0.88	0.82	0.76	0.70	0.64	0.57	0.51	0.45	1.00	0.91	0.81	0.72	0.63	0.54	0.44	0.35	0.26	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
0.7	1.00	0.94	0.88	0.82	0.76	0.70	0.64	0.58	0.52	0.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Tabellen mit Näherungen für die Faktoren zur Bemessung der Grünzeiten

Nachlauf + Vorlauf

Es gelten die Randbedingungen:

- Z[s]=70 Umlaufzeit
- t_z [s]=4 Zwischenzeit
- t_i [s]=11.7 Verlustzeit pro Umlauf
- g_{zus} [s]=0, 8, 16 zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Fahrzeuge
- $t_N = g_{min} + g_{zus} + 2t_z$ [s]=14, 22, 30

Faktoren

λ_P	f_P Nachlauf + Vorlauf, keine zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge											f_P Nachlauf + Vorlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 8s											f_P Nachlauf + Vorlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 16s										
	Q_0 [Fz/h]											Q_0 [Fz/h]											Q_0 [Fz/h]										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90			
0.1	1.00	1.36	1.72	2.08	2.44	2.81	3.17	3.53	3.89	4.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0.2	1.00	1.15	1.31	1.46	1.61	1.76	1.92	2.07	2.22	2.38	1.00	1.21	1.43	1.64	1.85	2.07	2.28	2.49	2.70	2.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
0.3	1.00	1.08	1.17	1.25	1.33	1.42	1.50	1.58	1.67	1.75	1.00	1.12	1.23	1.35	1.46	1.58	1.70	1.81	1.93	2.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
0.4	1.00	1.05	1.10	1.15	1.19	1.24	1.29	1.34	1.39	1.44	1.00	1.07	1.14	1.20	1.27	1.34	1.41	1.47	1.54	1.61	1.00	1.09	1.17	1.26	1.35	1.44	1.52	1.61	1.70	1.78			
0.5	1.00	1.03	1.06	1.08	1.11	1.14	1.17	1.19	1.22	1.25	1.00	1.04	1.08	1.12	1.15	1.19	1.23	1.27	1.31	1.35	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45			
0.6	1.00	1.01	1.03	1.04	1.06	1.07	1.08	1.10	1.11	1.13	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.13	1.15	1.17	1.00	1.02	1.05	1.07	1.10	1.12	1.15	1.17	1.20	1.22			
0.7	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.04	1.05	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.05	1.06			

λ_N	f_N Nachlauf + Vorlauf, keine zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge											f_N Nachlauf + Vorlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 8s											f_N Nachlauf + Vorlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 16s										
	Q_0 [Fz/h]											Q_0 [Fz/h]											Q_0 [Fz/h]										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90			
0.1	1.00	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94	0.93	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	1.00	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87			
0.2	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72	1.00	0.96	0.91	0.87	0.82	0.78	0.73	0.69	0.65	0.60	1.00	0.94	0.89	0.83	0.77	0.72	0.66	0.60	0.54	0.49			
0.3	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80	0.76	0.72	0.68	0.64	1.00	0.94	0.89	0.83	0.78	0.72	0.67	0.61	0.56	0.50	1.00	0.93	0.86	0.79	0.71	0.64	0.57	0.50	0.43	0.36			
0.4	1.00	0.96	0.91	0.87	0.83	0.78	0.74	0.69	0.65	0.61	1.00	0.94	0.88	0.82	0.76	0.69	0.63	0.57	0.51	0.45	1.00	0.92	0.84	0.76	0.69	0.61	0.53	0.45	0.37	0.29			
0.5	1.00	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.72	0.68	0.63	0.59	1.00	0.94	0.87	0.81	0.74	0.68	0.61	0.55	0.48	0.42	1.00	0.92	0.83	0.75	0.67	0.59	0.50	0.42	0.34	0.25			
0.6	1.00	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.71	0.67	0.62	0.57	1.00	0.93	0.87	0.80	0.73	0.67	0.60	0.53	0.47	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
0.7	1.00	0.95	0.90	0.85	0.81	0.76	0.71	0.66	0.61	0.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Tabellen mit Näherungen für die Faktoren zur Bemessung der Grünzeiten

Zwischenphase

Es gelten die Randbedingungen:

$Z[s]=70$ Umlaufzeit
 $t_z[s]=4$ Zwischenzeit
 $t_i[s]=11.7$ Verlustzeit pro Umlauf
 $g_{zus}[s]=0, 8, 16$ zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Fahrzeuge
 $t_N=g_{min}+g_{zus}+2t_z[s]=14, 22, 30$

Faktoren

λ_P		f_P Zwischenphase keine zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge										f_P Zwischenphase zusätzliche Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 8s									
		$Q_0[Fz/h]$										$Q_0[Fz/h]$									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.1		1.00	1.11	1.22	1.33	1.43	1.54	1.65	1.76	1.87	1.98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.2		1.00	1.05	1.09	1.14	1.18	1.23	1.28	1.32	1.37	1.41	1.00	1.11	1.21	1.32	1.43	1.53	1.64	1.75	1.85	1.96
0.3		1.00	1.03	1.05	1.08	1.10	1.13	1.15	1.18	1.20	1.23	1.00	1.06	1.12	1.17	1.23	1.29	1.35	1.41	1.46	1.52
0.4		1.00	1.01	1.03	1.04	1.06	1.07	1.09	1.10	1.12	1.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.6		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.7		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

λ_N		f_N Zwischenphase keine zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge										f_N Zwischenphase zusätzliche Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 8s									
		$Q_0[Fz/h]$										$Q_0[Fz/h]$									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.3		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.4		1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.5		1.00	0.97	0.94	0.90	0.87	0.84	0.81	0.77	0.74	0.71	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.54
0.6		1.00	0.97	0.93	0.90	0.87	0.83	0.80	0.77	0.73	0.70	1.00	0.95	0.90	0.84	0.79	0.74	0.69	0.63	0.58	0.53
0.7		1.00	0.97	0.93	0.90	0.86	0.83	0.80	0.76	0.73	0.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabellen mit Näherungen für die Faktoren zur Bemessung der Grünzeiten

Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf

Es gelten die Randbedingungen:

- Z[s]=70 Umlaufzeit
- t_z [s]=4 Zwischenzeit
- t_l [s]=11.7 Verlustzeit pro Umlauf
- g_{zus} [s]=0, 8, 16 zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Fahrzeuge
- $t_N = g_{min} + g_{zus} + 2t_z$ [s]=14, 22, 30

Faktoren

λ_P	f_P Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf, keine zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge										f_P Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 8s										f_P Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 16s									
	Q_0 [Fz/h]										Q_0 [Fz/h]										Q_0 [Fz/h]									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.1	1.00	1.22	1.44	1.66	1.88	2.10	2.31	2.53	2.75	2.97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.2	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.51	1.61	1.71	1.81	1.91	1.00	1.18	1.37	1.55	1.74	1.92	2.11	2.29	2.47	2.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.3	1.00	1.06	1.12	1.19	1.25	1.31	1.37	1.43	1.50	1.56	1.00	1.11	1.22	1.33	1.44	1.55	1.66	1.77	1.88	1.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.4	1.00	1.04	1.08	1.13	1.17	1.21	1.25	1.30	1.34	1.38	1.00	1.07	1.14	1.20	1.27	1.34	1.41	1.47	1.54	1.61	1.00	1.09	1.17	1.26	1.35	1.44	1.52	1.61	1.70	1.78
0.5	1.00	1.03	1.06	1.08	1.11	1.14	1.17	1.19	1.22	1.25	1.00	1.04	1.08	1.12	1.15	1.19	1.23	1.27	1.31	1.35	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45
0.6	1.00	1.01	1.03	1.04	1.06	1.07	1.08	1.10	1.11	1.13	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.11	1.13	1.15	1.17	1.00	1.02	1.05	1.07	1.10	1.12	1.15	1.17	1.20	1.22
0.7	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.00	1.01	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.04	1.05	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.05	1.06

λ_N	f_N Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf, keine zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge										f_N Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 8s										f_N Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf, zusätzlichen Grünzeiten vor Eintreffen Kursfahrzeuge 16s									
	Q_0 [Fz/h]										Q_0 [Fz/h]										Q_0 [Fz/h]									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.1	1.00	0.99	0.98	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94	0.93	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	1.00	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87
0.2	1.00	0.97	0.94	0.91	0.87	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72	1.00	0.96	0.91	0.87	0.82	0.78	0.73	0.69	0.65	0.60	1.00	0.94	0.89	0.83	0.77	0.72	0.66	0.60	0.54	0.49
0.3	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80	0.76	0.72	0.68	0.64	1.00	0.94	0.89	0.83	0.78	0.72	0.67	0.61	0.56	0.50	1.00	0.93	0.86	0.79	0.71	0.64	0.57	0.50	0.43	0.36
0.4	1.00	0.96	0.92	0.87	0.83	0.79	0.75	0.70	0.66	0.62	1.00	0.94	0.88	0.82	0.76	0.69	0.63	0.57	0.51	0.45	1.00	0.92	0.84	0.76	0.69	0.61	0.53	0.45	0.37	0.29
0.5	1.00	0.96	0.92	0.87	0.83	0.79	0.75	0.71	0.67	0.62	1.00	0.94	0.87	0.81	0.74	0.68	0.62	0.55	0.49	0.42	1.00	0.92	0.83	0.75	0.67	0.59	0.50	0.42	0.34	0.25
0.6	1.00	0.96	0.92	0.88	0.83	0.79	0.75	0.71	0.67	0.63	1.00	0.94	0.87	0.81	0.75	0.68	0.62	0.56	0.49	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.7	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80	0.75	0.71	0.67	0.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabellen mit Näherungen zu Wartezeiten des Individualverkehrs

Es gelten die Randbedingungen: $Z[s]=70$ Umlaufzeit
 $S[PWE/h]=1800, 1900$ Sättigungsrate

Wartezeiten IV

$w_1+w_2 [s]$		deterministisch +stochastisch+Überlastung										
C= 0.5		ohne Priorität ÖV										
S[Fz/h]= 1800		Q[Fz/h]										
λ		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0.10	28	54	341	1263	2253	3250	4251	5253	6257	7262	8268	
0.15	25	34	63	312	926	1584	2249	2916	3586	4256	4928	
0.20	22	28	37	69	294	756	1248	1747	2248	2751	3256	
0.25	20	23	28	39	75	282	652	1046	1446	1847	2251	
0.30	17	20	23	29	40	80	273	583	911	1244	1580	
0.35	15	17	19	23	29	41	85	266	532	814	1100	
0.40	13	14	16	19	22	28	42	91	260	494	741	
0.45	11	12	13	15	18	22	28	43	96	255	464	
0.50	9	10	11	12	14	17	21	28	43	100	250	
0.55	7	8	9	10	12	13	16	20	27	44	105	
0.60	6	6	7	8	9	11	13	15	19	27	45	
0.65	4	5	5	6	7	8	10	12	14	19	26	
0.70	3	4	4	5	5	6	7	9	11	13	18	

Wartezeiten IV

$w_1+w_2 [s]$		deterministisch +stochastisch+Überlastung										
C= 0.5		ohne Priorität ÖV										
S[Fz/h]= 1900		Q[Fz/h]										
λ		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0.10	28	50	263	1107	2042	2987	3934	4883	5834	6785	7738	
0.15	25	33	56	231	788	1409	2038	2670	3303	3938	4574	
0.20	22	27	35	59	212	627	1091	1562	2037	2513	2990	
0.25	20	23	27	36	60	198	529	899	1276	1656	2038	
0.30	17	19	23	27	36	61	187	463	771	1085	1402	
0.35	15	17	19	22	27	36	61	179	416	679	949	
0.40	13	14	16	18	21	26	35	62	172	379	610	
0.45	11	12	13	15	17	20	25	35	62	166	350	
0.50	9	10	11	12	14	16	19	24	34	62	160	
0.55	7	8	9	10	11	13	15	18	23	33	62	
0.60	6	6	7	8	9	10	12	14	17	22	32	
0.65	4	5	5	6	7	8	9	11	13	16	21	
0.70	3	4	4	5	5	6	7	8	9	12	15	

Wartezeiten IV

$w_1+w_2 [s]$		deterministisch +stochastisch+Überlastung										
C= 1		mit Priorität ÖV										
S[Fz/h]= 1800		Q[Fz/h]										
λ		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0.10	28	75	406	1290	2268	3261	4259	5260	6263	7267	8273	
0.15	25	42	92	364	950	1599	2259	2925	3592	4262	4933	
0.20	22	31	49	103	338	778	1262	1757	2256	2758	3262	
0.25	20	25	35	53	110	320	673	1060	1455	1855	2257	
0.30	17	21	27	37	57	117	307	602	924	1254	1587	
0.35	15	18	22	28	38	59	122	297	551	826	1109	
0.40	13	15	18	22	28	39	61	126	288	511	753	
0.45	11	12	15	18	22	29	40	63	130	281	480	
0.50	9	10	12	14	18	22	29	40	65	134	274	
0.55	7	8	10	12	14	17	22	28	41	67	137	
0.60	6	7	8	9	11	13	17	21	28	41	69	
0.65	4	5	6	7	9	10	13	16	21	28	41	
0.70	3	4	5	6	7	8	10	12	15	20	28	

Wartezeiten IV

$w_1+w_2 [s]$		deterministisch +stochastisch+Überlastung										
C= 1		mit Priorität ÖV										
S[Fz/h]= 1900		Q[Fz/h]										
λ		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
0.10	28	69	330	1136	2058	2998	3943	4890	5840	6790	7742	
0.15	25	40	80	286	815	1424	2049	2678	3310	3944	4579	
0.20	22	30	45	86	259	652	1106	1573	2045	2519	2996	
0.25	20	25	33	48	88	241	553	914	1287	1665	2045	
0.30	17	21	26	34	49	90	226	486	786	1096	1410	
0.35	15	18	21	26	34	50	90	215	437	693	959	
0.40	13	15	17	21	26	35	50	91	205	400	623	
0.45	11	12	14	17	21	26	34	50	90	197	370	
0.50	9	10	12	14	17	20	25	34	50	90	190	
0.55	7	8	10	11	13	16	19	25	33	50	90	
0.60	6	7	8	9	10	12	15	19	24	33	49	
0.65	4	5	6	7	8	10	12	14	18	23	32	
0.70	3	4	4	5	6	8	9	11	13	17	22	

Tabellen mit Näherungen zu Stau des Individualverkehrs

Es gelten die Randbedingungen: $Z[s]=70$ Umlaufzeit
 $S[PWE/h]=1800, 1900$ Sättigungsrate

Stau IV

k_1+k_2 [s]		deterministisch +stochastisch+Überlastung									
C= 0.5		ohne Priorität ÖV									
S[Fz/h]= 1800											
λ	Q[Fz/h]										
	0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000										
0.10	0	2	17	64	115	197	218	269	322	374	428
0.15	0	1	4	24	71	152	172	224	276	328	381
0.20	0	1	3	6	30	107	127	178	230	282	335
0.25	0	1	2	4	9	63	83	133	184	236	288
0.30	0	1	2	3	5	26	41	89	139	190	242
0.35	0	1	1	2	4	10	15	47	94	145	196
0.40	0	1	1	2	3	6	8	18	52	100	150
0.45	0	0	1	2	2	5	5	9	21	58	106
0.50	0	0	1	1	2	4	4	6	10	25	63
0.55	0	0	1	1	2	3	3	5	7	12	29
0.60	0	0	1	1	1	2	3	4	5	8	13
0.65	0	0	0	1	1	2	2	3	4	5	8
0.70	0	0	0	1	1	2	2	2	3	4	6

Stau IV

k_1+k_2 [s]		deterministisch +stochastisch+Überlastung									
C= 0.5		ohne Priorität ÖV									
S[Fz/h]= 1900											
λ	Q[Fz/h]										
	0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000										
0.10	0	2	14	59	110	161	212	264	316	369	422
0.15	0	1	4	18	63	114	165	216	268	320	373
0.20	0	1	2	6	22	67	117	168	219	271	324
0.25	0	1	2	4	7	26	71	121	171	223	275
0.30	0	1	2	3	5	9	30	74	124	175	226
0.35	0	1	1	2	4	6	11	33	78	127	178
0.40	0	1	1	2	3	4	7	13	36	81	130
0.45	0	0	1	2	2	3	5	7	14	40	84
0.50	0	0	1	1	2	3	4	5	8	16	43
0.55	0	0	1	1	2	2	3	4	6	9	18
0.60	0	0	1	1	1	2	2	3	4	6	10
0.65	0	0	0	1	1	1	2	3	3	5	7
0.70	0	0	0	1	1	1	2	2	3	4	5

Stau IV

k_1+k_2 [s]		deterministisch +stochastisch+Überlastung									
C= 1		mit Priorität ÖV									
S[Fz/h]= 1800											
λ	Q[Fz/h]										
	0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000										
0.10	0	3	20	66	116	197	218	270	322	375	428
0.15	0	2	6	28	72	153	173	224	276	328	382
0.20	0	1	4	10	34	108	128	179	231	283	335
0.25	0	1	3	6	13	66	85	135	185	237	289
0.30	0	1	2	4	8	32	47	92	141	191	243
0.35	0	1	2	3	5	15	21	52	98	147	198
0.40	0	1	2	3	4	9	12	25	58	104	153
0.45	0	1	1	2	3	7	8	14	29	64	109
0.50	0	1	1	2	3	5	6	9	16	33	69
0.55	0	0	1	2	2	4	5	7	10	18	38
0.60	0	0	1	1	2	3	4	5	8	12	20
0.65	0	0	1	1	2	3	3	4	6	8	13
0.70	0	0	1	1	1	2	3	3	5	6	9

Stau IV

k_1+k_2 [s]		deterministisch +stochastisch+Überlastung									
C= 1		mit Priorität ÖV									
S[Fz/h]= 1900											
λ	Q[Fz/h]										
	0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000										
0.10	0	3	17	61	111	162	213	264	316	369	422
0.15	0	2	6	23	66	115	165	217	268	320	373
0.20	0	1	4	8	28	70	119	169	220	272	324
0.25	0	1	3	5	11	32	74	123	173	224	276
0.30	0	1	2	4	7	14	36	78	126	176	228
0.35	0	1	2	3	5	8	16	40	82	130	180
0.40	0	1	1	3	4	6	10	19	44	85	133
0.45	0	1	1	2	3	5	7	11	21	47	89
0.50	0	0	1	2	3	4	5	8	13	24	50
0.55	0	0	1	2	2	3	4	6	9	14	26
0.60	0	0	1	1	2	3	4	5	7	10	15
0.65	0	0	1	1	2	2	3	4	5	7	10
0.70	0	0	1	1	1	2	2	3	4	6	8

Tabellen mit Näherungen für Wartezeiten $w_{1\delta}+w_{2\delta}$ des öffentlichen Verkehrs

Ohne Priorität auf Eigentrasse, Nachlauf, Vorlauf

Es gelten die Randbedingungen:

$Z[s]=70$ Umlaufzeit

$S_{\delta}[Fz/h]=600$ Sättigungsrate

$g_{zus}[s]=0, 8, 16$ zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Fahrzeuge

$t_N=g_{min}+g_{zus}+2t_z[s]=14, 22, 30$

Wartezeiten ÖV, ohne Priorität auf Eigentrasse

$w_1+w_2 [s]$		deterministisch+stochastisch+Überlastung									
$g_{zus}=0$											
λ_N	λ_{δ}	$Q_{\delta}[Fz/h]$									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.10	0.70	3.2	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9	5.3	5.6	6.0
0.15	0.65	4.3	4.6	4.9	5.3	5.6	6.0	6.4	6.9	7.3	7.8
0.20	0.60	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.7	8.2	8.7	9.3	9.9
0.25	0.55	7.1	7.5	8.0	8.5	9.1	9.7	10.3	10.9	11.6	12.4
0.30	0.50	8.8	9.3	9.9	10.5	11.2	11.9	12.7	13.5	14.4	15.4
0.35	0.45	10.6	11.3	12.0	12.8	13.6	14.5	15.5	16.6	17.7	19.0
0.40	0.40	12.6	13.5	14.4	15.4	16.5	17.6	18.9	20.3	21.9	23.6
0.45	0.35	14.8	15.9	17.1	18.4	19.8	21.4	23.2	25.1	27.4	29.9
0.50	0.30	17.2	18.6	20.2	22.0	24.0	26.2	28.8	31.8	35.2	39.3
0.55	0.25	19.7	21.7	24.0	26.6	29.6	33.1	37.3	42.4	48.6	56.5
0.60	0.20	22.4	25.5	29.0	33.3	38.5	44.9	53.1	63.8	78.6	99.6
0.65	0.15	25.3	30.6	37.2	45.7	57.0	72.8	95.9	132	189	279
0.70	0.10	28.4	40.3	57.3	83.1	126	201	331	527	768	1035

Wartezeiten ÖV, Nachlauf,

$w_1+w_2 [s]$		deterministisch+stochastisch+Überlastung ohne Δw									
unabhängig von g_{zus}											
λ_N	λ_{δ}	$Q_{\delta}[Fz/h]$									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.10	0.99	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1
0.15	0.94	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4
0.20	0.89	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9
0.25	0.84	0.9	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7
0.30	0.79	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	2.9	3.1	3.4	3.7
0.35	0.74	2.4	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9
0.40	0.69	3.5	3.7	4.0	4.3	4.6	5.0	5.3	5.7	6.1	6.5
0.45	0.64	4.6	5.0	5.3	5.7	6.1	6.5	6.9	7.4	7.8	8.4
0.50	0.59	6.0	6.4	6.8	7.3	7.7	8.2	8.8	9.3	9.9	10.6
0.55	0.54	7.5	8.0	8.5	9.1	9.7	10.3	10.9	11.6	12.4	13.2
0.60	0.49	9.3	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.3	15.3	16.3
0.65	0.44	11.1	11.9	12.7	13.5	14.4	15.4	16.4	17.6	18.8	20.2
0.70	0.39	13.2	14.1	15.1	16.2	17.4	18.6	20.0	21.6	23.3	25.2

Wartezeiten ÖV, Vorlauf

$w_1+w_2 [s]$		deterministisch+stochastisch+Überlastung ohne Δw									
$g_{zus}=0$											
λ_N	λ_{δ}	$Q_{\delta}[Fz/h]$									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.10	0.71	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.2	4.5	4.9	5.2	5.6
0.15	0.71	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.2	4.5	4.9	5.2	5.6
0.20	0.71	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.2	4.5	4.9	5.2	5.6
0.25	0.71	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.2	4.5	4.9	5.2	5.6
0.30	0.71	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.2	4.5	4.9	5.2	5.6
0.35	0.71	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.2	4.5	4.9	5.2	5.6
0.40	0.69	3.5	3.7	4.0	4.3	4.6	5.0	5.3	5.7	6.1	6.5
0.45	0.64	4.6	5.0	5.3	5.7	6.1	6.5	6.9	7.4	7.8	8.4
0.50	0.59	6.0	6.4	6.8	7.3	7.7	8.2	8.8	9.3	9.9	10.6
0.55	0.54	7.5	8.0	8.5	9.1	9.7	10.3	10.9	11.6	12.4	13.2
0.60	0.49	9.3	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.3	15.3	16.3
0.65	0.44	11.1	11.9	12.7	13.5	14.4	15.4	16.4	17.6	18.8	20.2
0.70	0.39	13.2	14.1	15.1	16.2	17.4	18.6	20.0	21.6	23.3	25.2

Wartezeiten ÖV, Vorlauf

$w_1+w_2 [s]$		deterministisch+stochastisch+Überlastung ohne Δw									
$g_{zus}=8$											
λ_N	λ_{δ}	$Q_{\delta}[Fz/h]$									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.60	0.60	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.7	8.2	8.7	9.3	9.9
0.60	0.60	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.7	8.2	8.7	9.3	9.9
0.60	0.60	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.7	8.2	8.7	9.3	9.9
0.60	0.60	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.7	8.2	8.7	9.3	9.9
0.60	0.60	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.7	8.2	8.7	9.3	9.9
0.60	0.60	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.7	8.2	8.7	9.3	9.9
0.60	0.60	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.7	8.2	8.7	9.3	9.9
0.60	0.60	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.7	8.2	8.7	9.3	9.9
0.59	0.59	6.0	6.4	6.8	7.3	7.7	8.2	8.8	9.3	9.9	10.6
0.54	0.54	7.5	8.0	8.5	9.1	9.7	10.3	10.9	11.6	12.4	13.2
0.49	0.49	9.3	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.3	15.3	16.3
0.44	0.44	11.1	11.9	12.7	13.5	14.4	15.4	16.4	17.6	18.8	20.2

Wartezeiten ÖV, Vorlauf

$w_1+w_2 [s]$		deterministisch+stochastisch+Überlastung ohne Δw									
$g_{zus}=16$											
λ_N	λ_{δ}	$Q_{\delta}[Fz/h]$									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.49	0.49	9.3	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.3	15.3	16.3
0.49	0.49	9.3	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.3	15.3	16.3
0.49	0.49	9.3	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.3	15.3	16.3
0.49	0.49	9.3	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.3	15.3	16.3
0.49	0.49	9.3	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.3	15.3	16.3
0.49	0.49	9.3	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.3	15.3	16.3
0.49	0.49	9.3	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.3	15.3	16.3
0.49	0.49	9.3	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.3	15.3	16.3
0.49	0.49	9.3	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.3	15.3	16.3
0.49	0.49	9.3	9.8	10.5	11.1	11.9	12.6	13.5	14.3	15.3	16.3

Tabellen mit Näherungen für Wartezeiten $w_{1\ddot{o}}+w_{2\ddot{o}}$ des öffentlichen Verkehrs
 Nachlauf + Vorlauf, Zwischenphase, Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf

Wartezeiten ÖV, Nachlauf+Vorlauf

w_1+w_2 [s]		deterministisch+stochastisch+Überlastung ohne Δw									
$g_{zus}=0$											
λ_N	λ_0	Q_0 [Fz/h]									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.10	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.15	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.20	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.25	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.30	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.35	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.40	0.97	0.0	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2
0.45	0.92	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5
0.50	0.87	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1
0.55	0.82	1.1	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	2.9
0.60	0.77	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7	4.0
0.65	0.72	2.7	3.0	3.2	3.5	3.8	4.0	4.3	4.7	5.0	5.4
0.70	0.67	3.8	4.1	4.4	4.7	5.0	5.4	5.8	6.1	6.6	7.0

Wartezeiten ÖV, Nachlauf+Vorlauf

w_1+w_2 [s]		deterministisch+stochastisch+Überlastung ohne Δw									
$g_{zus}=8$											
λ_N	λ_0	Q_0 [Fz/h]									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.10	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.15	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.20	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.25	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.30	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.35	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.40	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.45	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.50	0.99	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1
0.55	0.94	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4
0.60	0.89	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9
0.65	0.84	0.9	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7

Wartezeiten ÖV, Nachlauf+Vorlauf

w_1+w_2 [s]		deterministisch+stochastisch+Überlastung ohne Δw									
$g_{zus}=16$											
λ_N	λ_0	Q_0 [Fz/h]									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.10	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.15	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.20	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.25	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.30	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.35	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.40	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.45	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.50	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.55	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.60	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.65	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.70	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1

Wartezeiten ÖV, Zwischenphase

w_1+w_2 [s]		deterministisch+stochastisch+Überlastung ohne Δw									
$g_{zus}=0$											
λ_N	λ_0	Q_0 [Fz/h]									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.35	-										
0.40	0.60	5.7	6.1	6.5	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.5	10.1
0.45	0.60	5.7	6.1	6.5	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.5	10.1
0.50	0.60	5.7	6.1	6.5	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.5	10.1
0.55	0.60	5.7	6.1	6.5	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.5	10.1
0.60	0.60	5.7	6.1	6.5	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.5	10.1
0.65	0.60	5.7	6.1	6.5	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.5	10.1
0.70	0.60	5.7	6.1	6.5	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.5	10.1

Wartezeiten ÖV, Zwischenphase

w_1+w_2 [s]		deterministisch+stochastisch+Überlastung ohne Δw									
$g_{zus}=8$											
λ_N	λ_0	Q_0 [Fz/h]									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
-	-										
-	-										
-	-										
-	-										
0.43	11.2	11.9	12.7	13.6	14.5	15.5	16.5	17.7	18.9	20.3	
0.43	11.2	11.9	12.7	13.6	14.5	15.5	16.5	17.7	18.9	20.3	
0.43	11.2	11.9	12.7	13.6	14.5	15.5	16.5	17.7	18.9	20.3	
0.43	11.2	11.9	12.7	13.6	14.5	15.5	16.5	17.7	18.9	20.3	

Wartezeiten ÖV, Nachlauf+Zwischenphase+Vorlauf

w_1+w_2 [s]		deterministisch+stochastisch+Überlastung ohne Δw									
unabhängig von g_{zus}											
λ_N	λ_0	Q_0 [Fz/h]									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.10	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.15	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.20	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.25	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.30	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.35	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.40	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.45	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.50	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.55	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.60	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.65	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1
0.70	1.00	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1

Grenze für $g_{zus}=16s$

Grenze für $g_{zus}=8s$

Es gelten die Randbedingungen:
 $Z[s]=70$ Umlaufzeit
 $S_0[Fz/h]=600$ Sättigungsrate
 $g_{zus}[s]=0, 8, 16$ zusätzliche Grünzeit vor Eintreffen der Fahrzeuge
 $t_N=g_{min}+g_{zus}+2t_z[s]=14, 22, 30$

Beispiel: Knoten mit öffentlichem Verkehr auf Eigentrasse, Privilegierung mit Nachlauf + Zwischenphase + Vorlauf

$b[\text{Pers/PWE}] = 1.3$
 $b_{\delta}[\text{Pers/Fz}] = 60$

Besetzungsgrad IV
 Besetzungsgrad ÖV

Nachlauf+Zwischenphase+Vorlauf, ÖV auf Eigentrasse

Dimensionierung

Z[s]=	70
t[s]=	11.7

$g_{\text{zus}}[\text{s}] =$	0
Q δ =	60
[Fz/h]	

	1. Iteration						2. Iteration			3. Iteration								
	Q[Fz/h]	S[Fz/h]	Q/S	$\emptyset g[\text{s}]$	$\emptyset \lambda$	f	$\emptyset \lambda / f$	λ	f	$\emptyset \lambda / f$	λ	f	$\emptyset \lambda / f$	λ	$\emptyset \lambda$	g[s]	$\emptyset g[\text{s}]$	$\emptyset x$
P→	640	1900	0.34	30.3	0.43	1.23	0.35	0.33	1.33	0.33	0.32	1.35	0.32	0.31	0.42	22.0	29.5	0.80
N↑	560	1800	0.31	28.0	0.40	0.75	0.54	0.50	0.75	0.53	0.52	0.75	0.53	0.52	0.39	36.4	27.3	0.80
			0.65	58.3	0.83		0.89	0.83		0.86	0.83		0.86	0.83	0.81	58.3	56.8	

Wartezeiten und Stau IV

C= 1 massgebende Fahrstreifen

	$w_1[\text{s}]$	$w_2[\text{s}]$	w[s]	$k_1[\text{Fz}]$	$k_2[\text{Fz}]$	k[Fz]
P→	17.6	31.9	49.5	3.1	7.1	10.2
N↑	18.9	36.0	54.9	2.9	7.0	10.0

nicht massgebende Fahrstreifen

	Q[Fz/h]	S[Fz/h]	$\emptyset \lambda$	$\emptyset x$	$w_1[\text{s}]$	$w_2[\text{s}]$	w[s]	$k_1[\text{Fz}]$	$k_2[\text{Fz}]$	k[Fz]
P←	480	1900	0.42	0.599	15.6	13.0	28.6	2.1	2.9	5.0
N↓	400	1800	0.39	0.57	16.8	13.2	30.0	1.9	2.6	4.4

Wartezeiten ÖV

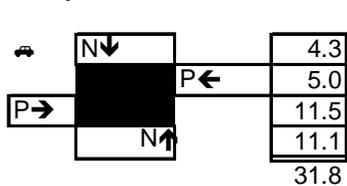
C= 0.5

	Q[Fz/h]	S[Fz/h]	r[s]	λ	x	$w_1[\text{s}]$	$w_2[\text{s}]$	$\Delta w[\text{s}]$	w[s]
P→	30	600	0.0	1.0	0.05	0.0	0.3		0.3

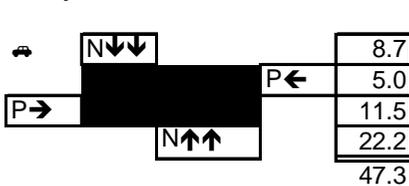
	Q[Fz/h]	S[Fz/h]	r[s]	λ	x	$w_1[\text{s}]$	$w_2[\text{s}]$	$\Delta w[\text{s}]$	w[s]
P←	30	600	0.0	1.0	0.05	0.0	0.3		0.3

Bilanz der Personenwartezeiten W[Ph/h]

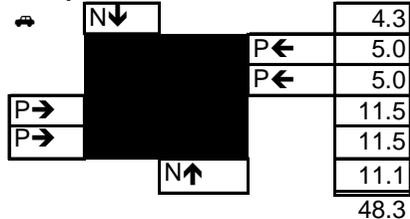
Beispiel a



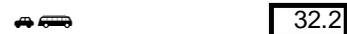
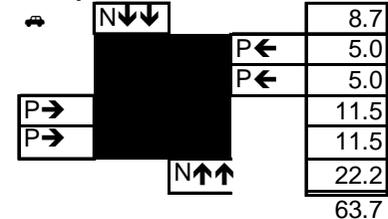
Beispiel b



Beispiel c



Beispiel d



Beispiel: Knoten mit öffentlichem Verkehr ohne Eigentrasse,
Privilegierung mit Nachlauf und mit einer zusätzlichen Grünzeit vor Eintreffen der Kursfahrzeuge von 8s.

$b[\text{Pers}/\text{PWE}] = 1.3$ Besetzungsgrad IV
 $b_0[\text{Pers}/\text{Fz}] = 60$ Besetzungsgrad ÖV

Nachlauf, ÖV ohne Eigentrasse, $g_{\text{zus}}=8$

Dimensionierung

Z[s]=	70
t _i [s]=	11.67

g_{zus} [s]:	8
Q _ö =	60
[Fz/h]	

	1. Iteration					2. Iteration					3. Iteration							
	Q[Fz/h]	S[Fz/h]	Q/S	$\emptyset g$ [s]	$\emptyset \lambda$	f	$\emptyset \lambda / f$	λ	f	$\emptyset \lambda / f$	λ	f	$\emptyset \lambda / f$	λ	$\emptyset \lambda$	g[s]	$\emptyset g$ [s]	$\emptyset x$
P→	640	1900	0.34	30.3	0.43	1.21	0.36	0.34	1.27	0.34	0.34	1.27	0.34	0.34	0.43	23.8	30.3	0.78
N↑	560	1800	0.31	28.0	0.40	0.78	0.51	0.49	0.81	0.49	0.49	0.81	0.49	0.49	0.40	34.5	28.0	0.78
			0.65	58.3	0.83		0.87	0.83		0.83	0.83		0.83	0.83	0.83	58.3	58.3	

Wartezeiten und Stau IV

C=	1	massgebende Fahrstreifen				
	w ₁ [s]	w ₂ [s]	w[s]	k ₁ [Fz]	k ₂ [Fz]	k[Fz]
P→	17.0	28.0	45.0	3.0	6.4	9.4
N↑	18.3	31.7	49.9	2.8	6.3	9.2

nicht massgebende Fahrstreifen

	Q[Fz/h]	S[Fz/h]	$\emptyset \lambda$	$\emptyset x$	w ₁ [s]	w ₂ [s]	w[s]	k ₁ [Fz]	k ₂ [Fz]	k[Fz]
P←	480	1900	0.43	0.583	15.0	11.9	27.0	2.0	2.7	4.7
N↓	400	1800	0.40	0.56	16.2	12.2	28.3	1.8	2.4	4.2

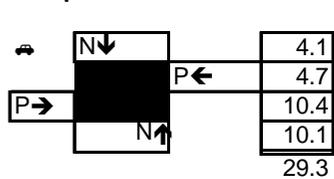
Wartezeiten ÖV

C=	0.5								
	Q[Fz/h]	S[Fz/h]	r[s]	λ	x	w ₁ [s]	w ₂ [s]	Δw [s]	w[s]
P→	30	600	28.5	0.59	0.084	6.1	0.9	12.91	20.0

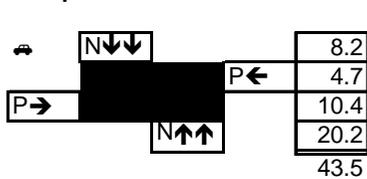
	Q[Fz/h]	S[Fz/h]	r[s]	λ	x	w ₁ [s]	w ₂ [s]	Δw [s]	w[s]
P←	30	600	28.5	0.59	0.084	6.1	0.9	0.0	7.1

Bilanz der Personenwartezeiten W[Ph/h]

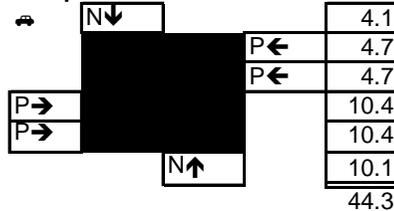
Beispiel a



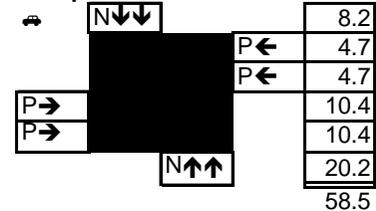
Beispiel b



Beispiel c



Beispiel d



42.8

57.0

57.8

72.0