

Weichenerneuerung bei der Münchner U-Bahn

Ganzheitliche Planungen für das U-Bahn-, SEV- und Bus-Konzept

M. Sc. ETH Cyrill Bärtsch, Zürich

Der Substanzerhalt der Infrastruktur ist bei der Münchner U-Bahn seit Jahren ein zentrales Thema. Damit verbunden ist eine Zunahme der Anzahl an Baustellen sowie deren zeitliche Ausdehnung. Bereits die Entwicklung von Baustellenfahrplänen erfordert den Einbezug mehrerer Fachstellen der Stadtwerke München (SWM/MVG). Deren zum Teil unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Zielvorstellungen führen in der Regel zu mehreren Varianten. Die SWM/MVG lässt daher größere Anpassungen von Fahrplänen auf Grund von Baustellen vorgängig bezüglich Betriebsstabilität und der zu erwartenden Verkehrsverlagerung simulieren. Damit soll sichergestellt werden, dass die entsprechenden Fahrpläne während den Bauphasen auch mit der erforderlichen Betriebsqualität funktionieren. Zudem können diese Simulationen den Variantenentscheid bezüglich des umzusetzenden Baustellenfahrplans unterstützen. Basierend auf einem stabilen U-Bahnkonzept entwickelt die SWM/MVG jeweils ein ausreichend dimensioniertes Schienenersatzverkehrskonzept.

Am Beispiel der Weichenerneuerung am U-Bahnhof Implerstraße der U-Bahnlinien U3 und U6, deren Bauarbeiten am 19. Juni 2022 pünktlich beendet werden konnten, wird die Vorgehensweise der Baustellenplanung bei der SWM/MVG vorgestellt.

Baulogistik

Bei der Weichenerneuerung Implerstraße erfolgte die Abwicklung der Baustellenlogistik über die unmittelbar angrenzende Betriebsanlage Theresienwiese. Dort wurde nicht nur die Bewehrungsanlage aufgestellt, sondern auch ein Belüftungsschacht geöffnet, über den ein Großteil des benötigten Materials umgeschlagen wurde, unter anderem 3000 Tonnen Schotter.

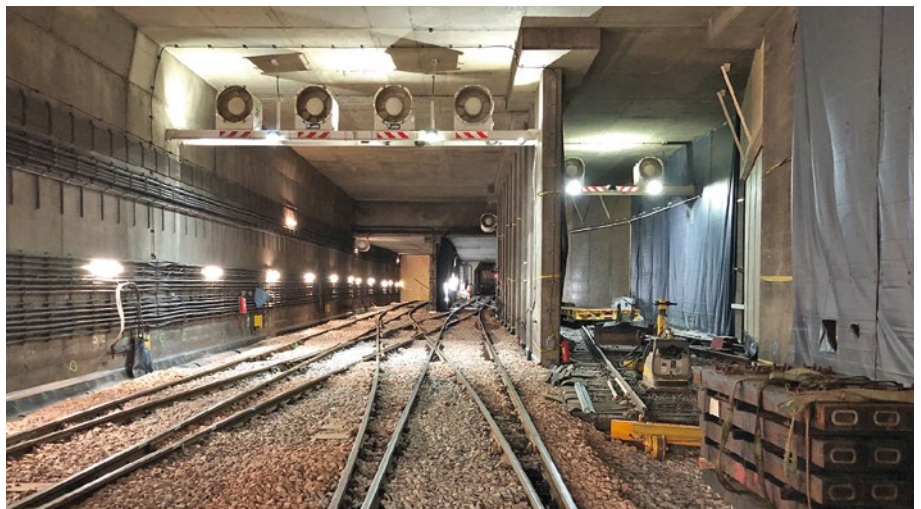


Abb. 1: Einblick in die Baustelle an der Implerstraße.

Foto: SWM/MVG

Zusätzlich blieb während der Weichenerneuerung immer Gleis 1 oder Gleis 2 (die Gleise wechselten je nach Bauphase) offen, über welches Arbeitszüge direkt von der Technischen Basis in Fröttmaning die Baustelle andienen konnten. Dieses Gleis wurde auch für den Austausch der U-Bahnzüge aus den Südabschnitten der U3 (Abschnitt Fürstenried West–Brudermühlstraße) und U6 (Abschnitt Klinikum Großhadern–Implerstraße) genutzt, welche dort bauzeitlich in einem Inselverkehr betrieben wurden. Die Abbildung 1 zeigt die Baustelle an der Implerstraße.

Entwicklung von Baustellenfahrplänen

Aufgrund der vorgegebenen Bauphasen mit den Sperrungen von verschiedenen Gleisen wurden für die SWM/MVG diverse Angebotskonzepte auf Basis des Jahresfahrplans für den Zeitraum während der Baustelle ausgearbeitet. In allen Varianten ist der Abschnitt zwischen Implerstraße und Goetheplatz für die U-Bahn komplett gesperrt. Der Halt Poccistraße wird somit nur durch den SEV

bedient. Nachfolgend sind die beiden Vorzugsvarianten detailliert beschrieben.

Variante 1.2 mit Wende an den Zwischenbahnhöfen

In der Variante 1.2 verkehrt die U3 im Nordabschnitt zwischen Moosach und Sendlinger Tor sowie zwischen Olympiazentrum und Münchner Freiheit im Zehn-Minuten-Takt. Auf dem gemeinsamen Abschnitt ergibt sich ein Vier/Sechs-Minuten-Takt. Die U6 verkehrt zwischen Garching-Forschungszentrum und dem Goetheplatz im Vier/Sechs-Minuten-Takt. Der Zwischentakt der U3 von Olympiazentrum nach Münchner Freiheit erhält gegenüber dem Jahresfahrplan zwischen Olympiazentrum und Münchner Freiheit eine geänderte Fahrlage. Dadurch geht zwar die Korrespondenz am Scheidplatz zwischen der U2 und dem Zwischentakt der U3 verloren. Hingegen wird die Verteilung der Fahrten auf der Stammstrecke der Linien U3/U6 mit einer Vier/Drei/Drei-Minuten-Belegung deutlich besser. Der Zwischentakt der U3 hat zudem einen guten bahnsteiggleichen Anschluss an der Münchner Freiheit auf die

U6. Die Anpassung führt jedoch zu einer überschlagenen Wende an der Münchner Freiheit. Dafür verkürzt sich die Wendezeit am Olympiazentrum.

Der Liniennetzplan der Variante 1.2 ist in der Abbildung 2 ersichtlich.

Die U3 verkehrt im Süden im Sechs/Sieben/Sieben-Minuten-Takt zwischen Fürstenried West und Brudermühlstraße. Die U6 fährt zwischen Klinikum Großhadern und Implerstraße im Acht-Minuten-Takt. Für die Wende an der Implerstraße wird ein zweiter Triebfahrzeugführer benötigt. Ein Vorteil dieser Variante ist, dass der Fahrplan sowohl im Süden als auch im Norden trotz der verschiedenen Bauphasen nicht angepasst werden muss. Die Gleistopologie mit der entsprechenden Nutzung der Gleise ist in Abbildung 3 dargestellt.



Zum Autor

M. Sc. ETH Cyrill Bärtsch (40) ist seit 14 Jahren als Verkehrsingenieur bei der Firma SMA und Partner AG in Zürich tätig. Als Experte und Projektleiter verfügt er über eine langjährige Erfahrung im Bereich Angebotsplanung und Betriebssimulationen im Fern- und Nahverkehr.

In Zusammenarbeit mit

Münchner Verkehrsgesellschaft mbH
Mobilitätsmanagement Angebotsplanung Temporäre Verkehre (MP-AT)

Variante 1.4 mit Wende an den Zwischenbahnhöfen

In der Variante 1.4 erhält anstelle der U6 die U3 eine verbesserte Anbindung ins Stadtzentrum. Es verkehren sowohl der Grundtakt der U3 ab Moosach als auch der Zwischentakt der U3 ab Münchner Freiheit jeweils alle zehn Minuten bis zum Goetheplatz. Die

Wende am Goetheplatz erfolgt jedoch zwischen dem Grund- und dem Zwischentakt linienübergreifend. Der Grundtakt der U6 verkehrt bis zum Sendlinger Tor und der Zwischentakt bis zur Münchner Freiheit. Beide Linien weisen sowohl auf der U3 als auch auf der U6 einen Vier/Sechs-Minuten-Takt auf. Die Belegung auf der Stammstrecke der U3/U6 sieht einen Vier/Drei/Drei-Minuten-Takt vor. Die unmittelbare Korrespondenz zwischen der U2 und dem Zwischentakt der U3 am Scheidplatz entfällt. Hingegen besteht an der Münchner Freiheit ein optimaler bahnsteiggleicher Anschluss vom Zwischentakt der U6 auf den Zwischentakt der U3. Die Gleistopologie mit der entsprechenden Nutzung der Gleise ist in Abbildung 4 dargestellt.

Im Süden ist das Angebotskonzept auf der U6 identisch wie in der Variante 1.2. Die U3 verkehrt zwischen Fürstenried West und Brudermühlstraße in einem Sechs/Sieben/Sieben-Minuten-Takt.

Weitere Varianten

Neben den beiden Vorzugsvarianten 1.2 und 1.4 wurden auch noch die Varianten 1.1 und 1.3 ausgearbeitet. In der Variante 1.1 verkehrt sowohl der Grundtakt als auch der Zwischentakt der U6 immer bis zum Goetheplatz. Bei der U3 endet der Grundtakt am Sendlinger



Abb. 2: Liniennetzplan U-Bahn München Variante 1.2.

Grafik: Delia Albat, SWM/MVG

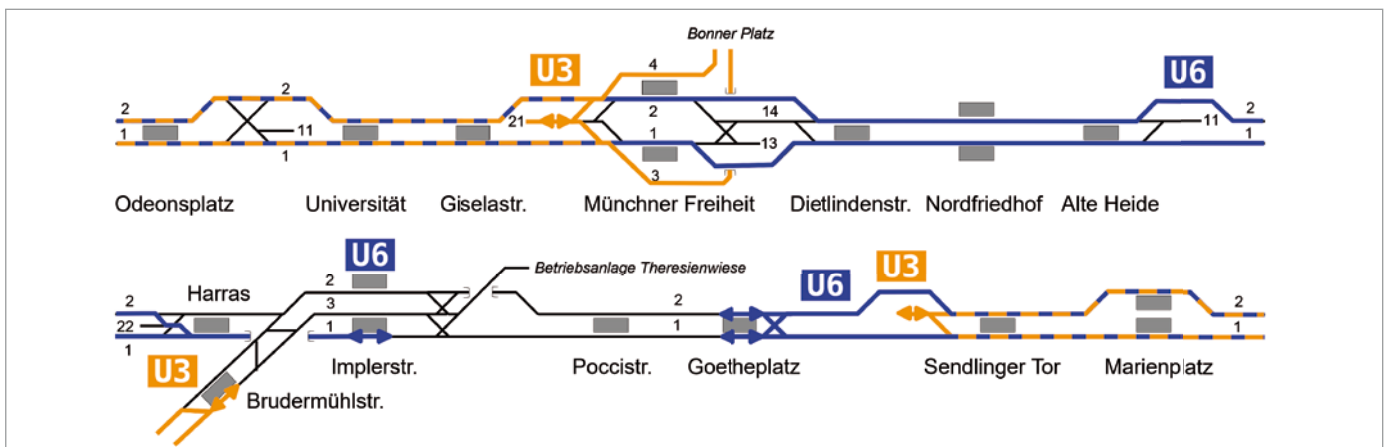


Abb. 3: Vereinfachte Gleistopologie und Gleisnutzung Variante 1.2.

Grafik: SMA und Partner AG

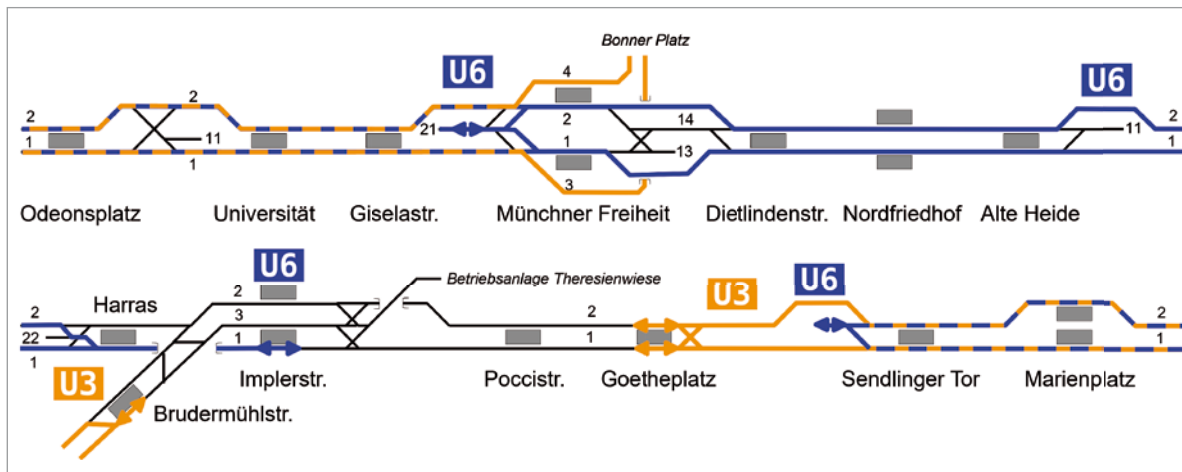


Abb. 4: Vereinfachte Gleis-topologie und Gleisnutzung Variante 1.4. Grafik: SMA und Partner AG

Tor und der Zwischentakt an der Münchner Freiheit. Im Süden (U3 Fürstenried West-Brudermühlstraße und U6 Klinikum Großhadern-Implerstraße) wären für die Bauphasen 1 und 2 unterschiedliche Konzepte vorgesehen gewesen: In der Bauphase 1 hätte man die U6 bis zur Implerstraße fahren können und in der Bauphase 2 würde die U3 bis zur Implerstraße verkehren.

Betriebssimulationen Baustellenfahrpläne

Die beiden Varianten 1.2 und 1.4 wurden sowohl im ungestörten als auch im gestörten Fall mit OpenTrack simuliert. Dieses Simulationstool ermöglicht das Lösen von komplexen Fragestellungen aus dem Bereich des Eisenbahnwesens mittels interaktiver Betriebssimulationen. Nach dem Aufbau eines detaillierten Datenmodells auf Basis der vorliegenden Infrastruktur und der Fahrzeugdaten erlaubt OpenTrack auch die Untersuchung von Verspätungsszenarien durch die Eingabe von gezielten Verspätungen (Einbruchverspätungen, verlängerte Haltezeiten et cetera) für einzelne Züge oder Verspätung der Züge durch einen Zufalls-generator.

In der ungestörten Simulation verkehren die Züge nach Fahrplan und ohne weitere Störungseinflüsse, wobei dies nicht der Realität entspricht. Dabei müsste im Prinzip jeder Zug immer ohne Behinderungen verkehren können. In ungestörten Simulationen wird so der Fahrplan auf die Fahrbarkeit hin überprüft. Mit der Simulation der gestörten Fälle wird die Betriebsqualität abgeschätzt. Störungen wurden durch Einbruchverspätungen und Haltezeitverlängerungen eingebracht. Die Wendezeiten sind gemäß der Vorgabe der SWM/MVG unterstellt. Für Fahrten auf dem Gegengleis wurden in den An-

gebotskonzepten, sofern möglich, entsprechende Zuschläge berücksichtigt.

Folgende Szenarien wurden simuliert:

- **ungestörter Fall,**
- **Mehrfachstörfälle mit folgenden Ereignissen auf dem Nordabschnitt:**
 - einmalige Störung einer U3 oder U6 von drei Minuten an der Station Universität in Fahrtrichtung Süden,
 - verlängerte Haltezeiten von 20 Prozent an den Stationen München Freiheit, Giselastraße, Universität, Odeonsplatz, Marienplatz, Sendlinger Tor in beiden Fahrtrichtungen,
 - Langsamfahrstelle auf dem Oberflächenabschnitt Freimann – Studententadt mit 40 km/h auf einer Länge von 500 m,
 - Ersatzsignal: Ausfall Ausfahrtsignal an der Giselastraße in Richtung Norden und anschließend Ersatzsignalfahrt,

- **Mehrfachstörfälle mit folgenden Ereignissen auf dem Südabschnitt:**
 - einmalige Störung einer U6 von drei Minuten an der Station Klinikum Großhadern in Richtung Implerstraße,
 - einmalige Störung einer U3 von drei Minuten an der Station Fürstenried West in Richtung Brudermühlstraße.

Simulation ungestörter Fall

Die Simulationen für den ungestörten Fall haben gezeigt (Abb. 5), dass sowohl in der Variante 1.2 als auch in der Variante 1.4 die U3 und U6 im Norden und im Süden stabil fahrbar ist.

Simulation Mehrfachstörfälle Variante 1.2

Nachdem der Nachweis der Fahrbarkeit der Varianten mittels der Simulation für den ungestörten Fall erbracht werden konnte, erfolg-

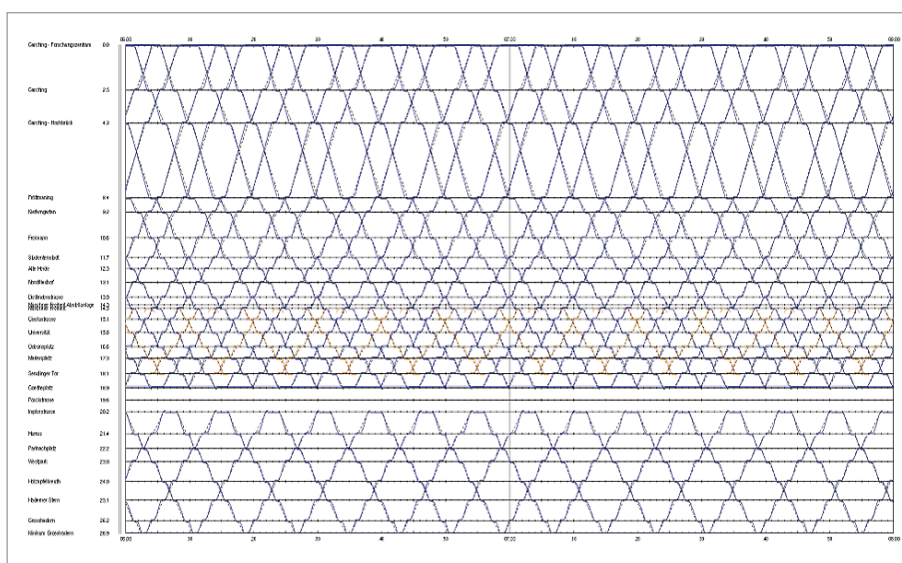


Abb. 5: Bildfahrplan U6 Variante 1.2 im ungestörten Fall.

Grafik: SMA und Partner AG

ten die Simulationen der Mehrfachstörfälle. Durch die Störung an der Universität kommt die betroffene U6 mit einer Verspätung von rund vier Minuten am Goetheplatz an. Trotz der vorhandenen Reserve kann die Verspätung bei der Wende am Goetheplatz aber nicht vollständig abgebaut werden, sondern erst am nächsten Endpunkt in Garching-Forschungszentrum. Aufgrund der Langsamfahrstelle und den Haltezeitverlängerungen kommt die U6 jeweils verspätet an den Endbahnhöfen an. Dank den Reserven in der Wendezeit können die Züge in die Gegenrichtung wieder pünktlich zurückfahren.

Die verspätete Abfahrt in Klinikum Großhadern von drei Minuten kann an der Brudermühlstraße wegen der fehlenden Reserve bei der Wendezeit nur um eine Minute reduziert werden. Ein vollständiger Abbau der Verspätung ist wiederum erst am nächsten Endpunkt in Klinikum Großhadern möglich. Bis auf wenige Ausnahmen können die Verspätungen an den Linienendpunkten abgebaut werden. Es kommt zudem zu keiner Aufschaukelung (Abb. 6).

Simulation Mehrfachstörfälle Variante 1.4

Die Variante 1.4 wurde ebenfalls mit Mehrfachstörfällen simuliert. Die Haltezeitverlängerungen verursachen Verspätungen von rund einer Minute. Sie können in Richtung Norden durch Reserven im Fahrplan und in Richtung Süden durch Reserven beim Wenden wieder abgebaut werden. Durch die Störung an der Universität kommt die U3 mit rund vier Minuten Verspätung am Goetheplatz an. Trotz der vorhandenen Reserve kann die Verspätung nicht vollständig abgebaut werden. Erst nach der Wende in Moosach verkehrt der betroffene Zug der U3 wieder pünktlich. Aufgrund der Störung beim Ausfahrtsignal an der Giselstraße ergibt sich bis Moosach eine Verspätung von zwei Minuten. Infolge der Reserve in der Wendezeit kann die betroffene U3 wieder pünktlich zurückfahren. Da an der Brudermühlstraße nur eine Minute als Reserve für den Verspätungsabbau vorhanden ist, dauert es rund eine halbe Stunde, bis die betroffene U3 im Süden wieder pünktlich verkehren kann (Abb. 7).

Fazit Betriebssimulationen

Im ungestörten Fall sind sowohl die Variante 1.2 als auch die Variante 1.4 stabil fahrbar. Die Haltezeitverlängerungen verursachen in beiden Richtungen jeweils Verspätungen von rund einer Minute. Sie können sowohl

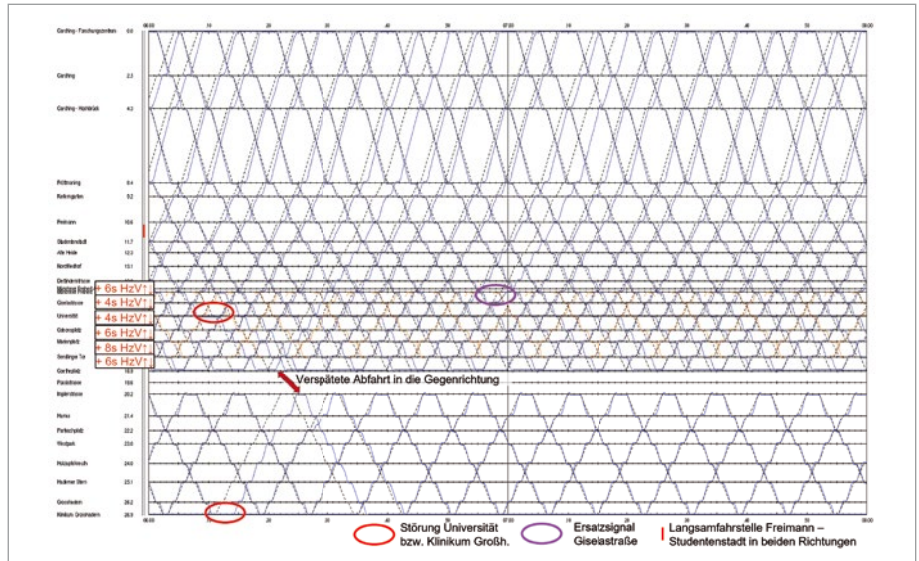


Abb. 6: Bildfahrplan U6 Variante 1.2 Mehrfachstörfälle.

Grafik: SMA und Partner AG

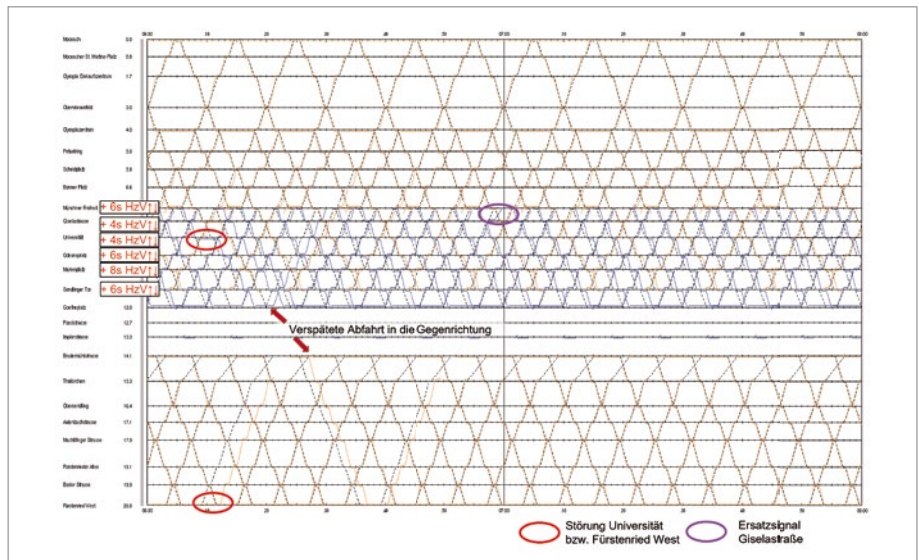


Abb. 7: Bildfahrplan U3 Variante 1.4 Mehrfachstörfälle.

Grafik: SMA und Partner AG

bei der U3 als auch bei der U6 in Richtung Norden durch Reserven im Fahrplan und in Richtung Süden durch Reserven beim Wenden wieder abgebaut werden. Aufgrund der berücksichtigten Langsamfahrstellen kommt es auf der U6 zu weiteren Verspätungen. Diese können jedoch ebenfalls dank den Reserven bei der Wendezeit an den Endbahnhöfen abgebaut werden, so dass die Züge in die Gegenrichtung wieder pünktlich zurückfahren können. Die einmalig auftretenden Störungen und die daraus resultierenden Verspätungen sind jeweils aufgrund der Höhe nicht am ersten Endbahnhof abbaubar. Trotz den Störungen und den daraus resultierenden Verspätungen kommt es zu keiner Aufschaukelung und der Fahrplan ist bei beiden Varianten weiterhin stabil. Es

ist zudem kein signifikanter Unterschied bei der Pünktlichkeit zwischen den Varianten 1.2 und 1.4 feststellbar. Einzig auf der U3 im Süden ergibt sich in der Variante 1.4 eine leicht bessere Betriebsqualität.

Die SWM/MVG hat sich schlussendlich für die Umsetzung der Variante 1.2 entschieden. Das Konzept für die Nebenverkehrszeit wurde zudem von der SWM/MVG modifiziert und angepasst, so dass auch die U3 bis zum Goetheplatz verkehren konnte.

Auswirkungen Schienenersatzverkehr

Nach der Festlegung des umzusetzenden Betriebskonzepts bei der U-Bahn konnte die SWM/MVG darauf aufbauend ein Be-

dienungskonzept für den SEV entwickeln. Weil der gesperrte Abschnitt Brudermühlstraße/Implerstraße bis Goetheplatz einer der nachfragestärksten im Münchner U-Bahnnetz ist, war es sehr wichtig, den Fahrgästen trotz Baustelle gute Alternativen anzubieten. Der SEV musste daher leistungsstark und attraktiv sein, um das hohe Fahrgastaufkommen zu bewältigen und von den Fahrgästen angenommen zu werden. Dies wurde durch eine dichte Taktung der SEV-Buslinien erreicht.

Für jede U-Bahnlinie wurde eine SEV-Linie mit eigenen Haltepunkten geschaffen. Nur an der SEV-Haltestelle Poccistraße teilten sich beide SEV-Linien die Halteposition. Der SEV U3 startete von der Brudermühlstraße über Implerstraße, Poccistraße, Goetheplatz und hatte als Endpunkt den Hauptbahnhof, weil Erfahrungswerte sowie Analysen der Verkehrsströme zeigen, dass eine hohe Fahrgastnachfrage zum Hauptbahnhof besteht. Der SEV U6 pendelte als Ringverkehr im Uhrzeigersinn zwischen der Implerstraße, Poccistraße und dem Goetheplatz.

Ein wichtiger Punkt bei der Dimensionierung des SEV war die Nutzung eines Verkehrsmodells. Es gab die Größenordnung an, mit welchem Fahrgastaufkommen zu rechnen ist, was die Grundlage für die Dimensionierung des SEV darstellt. In Kombination mit den der MVG vorliegenden Auslastungszahlen der U-Bahn sowie von Erfahrungswerten konnte ermittelt werden, dass ein Zweieinhalb-Minuten-Takt pro SEV-Linie bei einem Einsatz von Buszügen (Normalbus mit Anhänger) und Gelenkbussen ausreichend ist, um die Fahrgäste zu befördern.

Der positive Nebeneffekt dieser Taktung war, dass die Leistungsfähigkeit der Verkehrsknotenpunkte nicht überstrapaziert wurde. Bei über der Hälfte, der vom SEV befahrenen Verkehrsknoten erfolgten Modifizierungen, um den SEV mittels einer Vor-

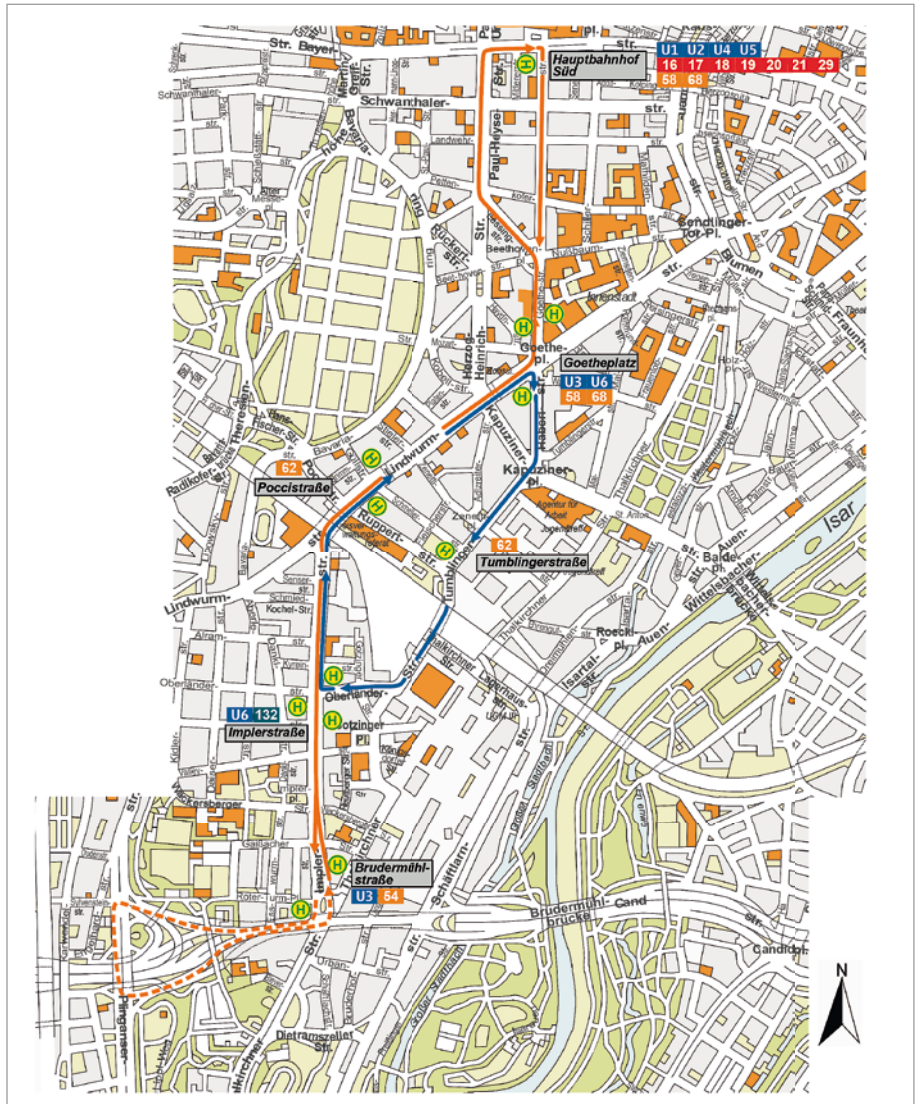


Abb. 8: Linien des SEV in der Vorzugsvariante 1.2

Grafik: Wolfgang Comply, SWM/MVG

rangschaltung an den Lichtsignalanlagen zu beschleunigen. Dies führte zu einer nicht unerheblichen Fahrzeiteinsparung von bis zu fünf Minuten.

Nachdem das Verkehrsmodell auch eine Verlagerung der Fahrgäste von der U-Bahn auf bestehende Buslinien gezeigt hat, wur-

den die Buslinien X30 und 63 verstärkt. Zudem erfolgte die Verlängerung der Expressbuslinie X30 vom Harras zum Rotkreuzplatz.

Insgesamt wurden für die beiden SEV-Linien und die Verdichtungen bei den Bestandsbuslinien 42 Buszüge und Gelenkbusse zusätzlich eingesetzt.

Zusammenfassung/Summary

Weichenerneuerung bei der Münchner U-Bahn

Im Vorfeld der Weichenerneuerung Implerstraße wurden sehr umfangreiche Planungen sowohl für das U-Bahnkonzept wie auch das SEV- und Bus-Konzept durchgeführt. Aufgrund dieser sehr gründlichen Vorbereitung mit der Untersuchung von verschiedenen Varianten und einer frühzeitigen Fahrgastinformation durch die SWM/MVG erfolgte die Umsetzung ohne Probleme. Die Zufriedenheit bei den Fahrgästen war hoch und es gab deutlich weniger Beschwerden als gewohnt sowie sogar einige lobende Zuschriften über die Maßnahme. Die Baumaßnahmen, die vierzehn Wochen dauerten, konnten zudem pünktlich beendet werden.

Switch renewal at Munich metro

In preparation of the Implerstrasse switch renewal, very extensive planings were carried out both for the metro concept as well as the SEV and bus concept. Due to this very careful preparation including the investigation of various methods and early passenger information by SWM/MVG, the implementation took place without any problems. Passenger satisfaction was high and there were significantly fewer claims than usual and even some commendatory letters about the measure. The construction measures, which lasted fourteen weeks, were also completed in time.