Vor- und Nachteile einer Systemverknüpfung von S-, U-Bahn und Straßenbahn in Berlin

Diplomarbeit von Stephan Hertel
Berichtsband

Institut für Straßen- und Schienenverkehr
Fachgebiet Schienenfahrwege und Bahnbetrieb
der TU Berlin

Januar 2001

Vor- und Nachteile einer Systemverknüpfung von S-, U-Bahn und Straßenbahn in Berlin

Berichtsband

Diplomarbeit

am Institut für Straßen- und Schienenverkehr

Fachgebiet Schienenfahrwege und Bahnbetrieb

der Technischen Universität Berlin

Prof. Dr.-Ing. habil. J. Siegmann

Betreuerin: Dipl.-Ing. C. Große

vorgelegt von

cand.-ing. Stephan Hertel

Matr.-Nr. 97217

Berlin, den 08.01.2001

Die selbständige und eigenhändige

Anfertigung dieser Arbeit versichere ich,

Stephan Hertel,

an Eides Statt.

Berlin, den .....

.....

(Unterschrift)

Zusammenfassung

Die Untersuchung der Möglichkeiten für Systemverknüpfungen von Straßenbahn, U-Bahn und S-Bahn zeigt deutlich, daß durch gezielte Verknüpfungsmaßnahmen ein Nutzen zugunsten von Betreiber und Kunden auftreten kann.

Als ideal stellt sich die Systemverknüpfung von Tram und Kleinprofil-U-Bahn in Berlin dar. Die wenigen technischen Systemunterschiede erlauben eine besonders kostengünstige Form des Mischbetriebs, was die Entwicklungschancen für beide Verkehrsmittel deutlich verbessert. Insbesondere die perspektivische Zusammenführung beider Teilsysteme zu einem Stadtbahnsystem nach internationalem Vorbild – das hier UTram genannt werden kann, um Verwechselungen mit der Stadtbahnstrecke der S-Bahn zu vermeiden - ist ohne große Schwierigkeiten möglich. Resultierend daraus eröffnen sich Rationalisierungsmöglichkeiten auf Betreiberseite besonders im Bereich des Betriebshofmanagements und es entsteht die Möglichkeit, deutlich kostensparender Streckenausbau zu betreiben als bisher. Durch Anwendung des UTram-Standards für Streckenverlängerungen des derzeitigen Kleinprofil-U-Bahnnetzes können in großem Umfang neue Fahrgastpotentiale an den SPNV angeschlossen werden.

Da der ÖPNV in Berlin eine im Vergleich zu anderen deutschen Städten besonders große Bedeutung für die Mobilität der Stadt hat, ist es wichtig, daß diese Stellung durch die gezielte Beschleunigung von Strecken und Bevorrechtigung der Schienenfahrzeuge an Knotenpunkten vor dem MIV gefestigt und gefördert wird. Zusätzlich ermöglicht es die weitere Rationalisierung des Betriebs und damit eine Erweiterung des Angebots.

Eine Systemverknüpfung von Großprofil-U-Bahn bzw. S-Bahn und Tram erscheint ebenfalls für ausgewählte Strecken zukunftsträchtig, hierbei ist jedoch durch die Unterschiedlichkeit der Systeme sorgfältig zu prüfen, in welchem Verhältnis Kosten und Nutzen zueinander stehen werden.

Die durch Systemverknüpfungen erforderlichen neuen Fahrzeugkonzepte stärken außerdem den Standort Berlin als Innovations- und Verkehrskompetenzzentrum und könnte auf diese Art die wirtschaftliche Entwicklung der Region positiv beeinflussen.

Vorwort

Ohne diese Unterstützung seitens der BVG und anderer Unternehmen hätte die vorliegende Arbeit in dieser Form nicht angefertigt werden können. Besonderer Dank gilt auch Christine Große vom Fachgebiet Schienenfahrwege und Bahnbetrieb der TU Berlin, die die Betreuung meiner Arbeit übernommen hat.

Ich danke ganz speziell den folgenden Mitarbeitern der BVG, von denen ich wichtige Informationen, Beratung und große Unterstützung erhalten habe:

- Hr. Dipl. Ing. Hans Christian Kaiser (U-Bahn)
- Hr. Dipl. Ing. Rainer Döge (Straßenbahn)
- Hr. Dipl. Ing. Peter Aschenbrenner (Straßenbahn)

Besonderer Dank gilt meinem Kollegen Dipl. Ing. Frank Schulz, der mich in vielen persönlichen Gesprächen beraten hat und ohne desse Unterstützung die Umlegungsrechnungen nicht in dem erfolgten Maße möglich gewesen wären und meiner lieben Frau Dipl. Geogr. Martina Hertel für die kartographische Aufbereitung der Ergebnisse, die kritische Durchsicht der Arbeit und die fachliche Beratung und moralische Unterstützung.

Weiterhin möchte ich meinem Arbeitgeber für die Bereitstellung der Hard- und Software und zahlreicher Quellenunterlagen sowie meinem Chef Manfred Rabe für die zeitweise Freistellung vom normalen Arbeitsbetrieb danken.

Berlin, im Januar 2001

Stephan Hertel

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 1
2 Problemstellung ... 2
3 Gliederung der Arbeit ... 3
4 SPNV-Systeme und ihre Unterschiede ... 4
4.1 Geschichte und Allgemeines ... 4
4.1.1 Straßenbahn ... 4
4.1.2 Stadtbahn ... 5
4.1.3 U-Bahn ... 6
4.1.4 S-Bahn ... 6
4.2 Kenngrößen der verschiedenen Verkehrsmittel des ÖPNV ... 6
4.3 Unterschiede der EBO und BOStrab ... 7
4.4 Technische Unterschiede ... 9
4.4.1 Radprofile ... 9
4.4.2 Schienentypen ... 9
4.4.3 Unterschiede BOStrab und EBO Profile ... 10
4.4.4 Lichtraum und Bahnsteige ... 11
4.4.5 Sicherheitstechnik ... 12
5 Entwicklung / Bestehende Mischsysteme / Planungen ... 14
5.1.1 Vor- und Nachteile von Systemverknüpfungen für den Kunden ... 15
5.1.2 Vor- und Nachteile für den Betrieb und Systembetreiber bzw. den Aufgabenträger ... 16
5.2 Ansätze zur Systemverknüpfung ... 17
5.2.1 Vereinfachtes Umsteigen ... 17
5.2.2 Die Entwicklung von Stadtbahnsystemen ... 17
5.2.3 Technische Verbindung von ÖPNV-Systemen ... 19
5.2.4 Verbindung von Eisenbahn und Stadtbahnsystemen ... 20
5.3 Realisierte Projekte ... 20
5.3.1 Stadtbahn Köln-Bonn ... 20
5.3.2 Stadtbahn Karlsruhe ... 21
5.3.3 Vogtlandbahn ... 25
5.3.4 Amsterdam ... 27
5.3.4.1 Praxiserfahrungen in Amsterdam ... 32
5.4 Geplante Projekte ... 33
5.4.1 Nürnberg ... 33
6 Entwicklung / Bestand / Perspektiven ... 35
6.1 Die Anfänge von Straßenbahn und Hochbahn ... 35
6.2 Weiterentwicklung der U-Bahn ... 36
6.3 Weiterentwicklung der Straßenbahn ... 37
6.4 S-Bahn ... 37
6.5 Technische Spezifikationen der Systeme ... 39
6.6 Aktuelle Streckennetze (Linienpläne siehe Anlagen 1 und 2) ... 40
6.6.1 S-Bahn: ... 40
6.6.2 U-Bahn: ... 41
6.6.3 Straßenbahn: ... 42
6.7 Geplante Infrastrukturentwicklung ... 43
6.7.1 S-Bahn ... 43
6.7.2 U-Bahn ... 45
6.7.3 Straßenbahn ... 48
7 Ansätze für Systemverknüpfungen ... 50
7.1 Systemüberlappung ... 50
7.2 Systemübergang / Mischbetrieb ... 51
7.2.1 S-Bahn - Großprofil U-Bahn ... 52
7.2.2 S-Bahn - Kleinprofil U-Bahn ... 54
7.2.3 S-Bahn – Tram ... 55
7.2.4 Großprofil U-Bahn - Kleinprofil U-Bahn ... 60
7.2.5 Großprofil U-Bahn – Tram ... 61
7.2.6 Kleinprofil U-Bahn – Tram ... 63
7.2.7 Entscheidung für eine weiterführend zu untersuchende Systemverknüpfung ... 65
8 Systemverknüpfung von Kleinprofil-U-Bahn und Tram ... 67
8.1 Bezeichnung des gemeinsamen Systems ... 67
8.2 Allgemeine Rahmenbedingungen ... 67
9 Ein gemeinsames Fahrzeug / ein gemeinsamer Fahrweg ... 68
9.1 Anforderungskatalog technische Randbedingungen ... 68
9.1.1 Fahrweg / Trassierung ... 68
9.1.2 Lichtraumprofil (siehe auch Anlagen 7 und 8) ... 69

9.1.3 Spannungsversorgung / Stromabnehmer ... 69
9.1.4 Bahnsteiglänge / Fahrzeuglänge ... 71
9.1.5 Bahnsteighöhe / Fahrzeugfußbodenhöhe ... 72
9.1.6 Bremsen ... 74
9.1.7 Leit- und Sicherungstechnik ... 74
9.1.8 Automatischer Betrieb ... 74
9.1.9 Zugsignale ... 75
10 Verknüpfungspunkt Warschauer Straße ... 76
10.1 Ist-Zustand im Bereich U-Bahn und Straßenbahn / Rahmenbedingungen für die Systemverknüpfung ... 76
10.2 Variantenvergleich ... 77
10.2.1 Variante 1 – Linienbetrieb ... 80
10.2.2 Variante 2 – Richtungsbetrieb ... 83
10.2.3 Variante 3 – Kombination aus Richtungs- und Linienbetrieb ... 86
10.2.4 Variante 4 – weiterentwickelte Kombination aus Richtungs- und Linienbetrieb ... 89
10.2.5 Vergleich der Ergebnisse ... 92
10.2.5.1 Bewertung Anlagen und Kosten ... 92
10.2.5.2 Betriebliche Bewertung ... 93
10.2.5.3 Verkehrliche Bewertung ... 94
10.2.5.4 Zusammenfassung der Einzelergebnisse ... 95
10.3 Entwurf des U/Tram-Bahnhofs Warschauer Straße ... 96
11 Streckenführung und Linienkonzeption ... 99
11.1 Grundlagen der Untersuchung ... 99
11.1.1 Verkehrsnachfragematrix ... 99
11.2 Streckennetz und Linienvarianten ... 100
11.3 Modellrechnung ... 101
11.4 Ergebnisse der Modellrechnungen ... 103
11.5 Bevorrechtigung / LSA-Steuerung ... 104
11.6 Ausführung der Endstellen / Kehranlagen ... 105
11.6.1 U Frankfurter Tor ... 105
11.6.2 Landsberger Allee (SEZ) ... 106
11.7 Infrastrukturmaßnahmen ... 107
11.8 Anmerkungen zu den Streckenplänen im Anhang ... 108
12 Betriebskonzept ... 109
12.1.1 Allgemeines ... 109
12.1.2 Fahrplan ... 109
12.1.3 Fahrzeugbedarf ... 110
13 Kostenschätzung ... 111
13.1 Vorbemerkung ... 111
13.2 Verschiebung des U-Bahnhofs und Tram-Haltepunkts über die S-Bahn ... 112
13.3 Erster Abschnitt ... 113
13.4 Zweiter Abschnitt ... 113
13.5 Drittter Abschnitt ... 114
13.6 Vierter Abschnitt ... 114
13.7 Zusammenfassung der Ergebnisse ... 115
13.8 Fahrzeuge ... 115
14 Literatur- und Quellenverzeichnis ... 116
15 Verzeichnis der Tabellen im Text ... 119
16 Verzeichnis der Abbildungen im Text ... 120
17 Verzeichnis der Anlagen ... 121

Abkürzungsverzeichnis

10‘	10 Minuten
$^{0}/_{00}$	Promille
Abb.	Abbildung
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
AVG	Albtal Verkehrs Gesellschaft
b	Beschleunigung
b_a	Anfahrbeschleunigung
b_b	Bremsverzögerung
BOStrab	Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen
BR	Baureihe
BVB	VEB Kombinat Berliner Verkehrsbetriebe (Ost-BVG)
BVG	Berliner Verkehrsbetriebe
b_x	Auslaufverzögerung
d.h.	das heißt
DB	Deutsche Bundesbahn
DB AG	Deutsche Bahn Aktien Gesellschaft
DIN	Deutsches Institut für Normung
DM	Deutsche Mark
DS	Druckschrift
DV	Dienstvorschrift
EBA	Eisenbahn Bundesamt
EBO	Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung
ESO	Eisenbahn Signalordnung (=DS 301)
EVO	Eisenbahn-Verkehrsordnung
FFB	FunkFahrBetrieb
ggf.	gegebenenfalls
GSM-R	Global System for Mobile Communication - Rail
GVFG	Gemeinde Verkehrs Finanzierungsgesetz
HVZ	Hauptverkehrszeit
i.d.R.	in der Regel
ICE	InterCityExpreß
IC	InterCity
IR	InterRegio
IMU	Fahrsperre
Indusi	Induktive Zugsicherung
IV	Individualverkehr (auch MIV)
Kfz	Kraftfahrzeug
km	Kilometer
km/h	Kilometer pro Stunde
KVB	Kölner Verkehrs Betriebe

KVV	Karlsruher Verkehrsverbund
LNT	Leichter Nahverkehrs Triebwagen
LSA	Lichtsignalanlage (umgangssprachlich: Ampel)
LZB	LinienZugBeeinflussung
m	Meter
m/s	Meter pro Sekunde
m/s^2	Meter je Quadratsekunde
Mio.	Million
Min.	Minute
NVZ	Nebenverkehrszeit
o.g.	oben genannt
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PbefG	Personenbeförderungsgesetz
PKW	Personenkraftwagen
Premetro	Vorlaufbetrieb in der Bau-/Umstellungsphase
RBL	Rechnergestütstes Betriebsleitsystem
RGB	Regional Bahn Kassel GmbH
s	Sekunde
SiFa	SicherheitsFahrschaltung
SO	Schienenoberkannte
SPNV	Schienen-Personen-Nahverkehr
SpR	Spurführungsrichtlinien zur BOStrab
STEP	Stadtentwicklungsplan
StVO	Straßenverkehrs Ordnung
StVZO	Straßenverkehrs Zulassungsordnung
SVZ	Spätverkehrszeit
t	Zeit
UIC	Union Internationale de Chemins de fer
v	Geschwindigkeit
VBK	Verkehrsbetriebe Karlsruhe
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
V_{max}	Höchstgeschwindigkeit
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
ZOB	Zentraler Omnibusbahnhof
z.Z.	zur Zeit

1 Einleitung

Nach der Vollendung der staatlichen Einheit Deutschlands 1990 und der Entscheidung, Berlin zum Sitz der Bundesregierung zu machen, war es eine der Hauptaufgaben der letzten Jahre, ein einheitliches und den neuen Bedürfnissen gerecht werdendes Verkehrssystem für Gesamt-Berlin zu entwickeln. Hierzu zählen die Zusammenführung und Sanierung beider S-Bahn-Teilnetze, der U-Bahn-Teilnetze von BVG und BVB, die Sanierung des Straßenbahnnetzes und die Zusammenführung und Neuorientierung der Bus-Teilnetze. Durch die unterschiedliche politische Entwicklung der beiden Stadthälften verfügt der Ostteil Berlins über ein umfangreiches S-Bahn- und Straßenbahnnetz, jedoch nur zwei U-Bahnlinien, während im Westteil Berlins die Straßenbahn zugunsten des massiven U-Bahnausbaus abgeschafft wurde. Die S-Bahn wurde im Westteil Berlins nach dem Bau der Mauer 1961 boykottiert und verfiel zum überwiegenden Teil in einen Dornröschenschlaf. Erst nach Übergang der Betriebsrechte an die BVG 1984 kam die S-Bahn im Westteil wieder ins Licht der Öffentlichkeit und es wurde seitdem mit der dringend erforderlichen Sanierung der Strecken und Bahnhöfe begonnen.

Ein großer Teil des Streckennetzes ist inzwischen saniert und der Prozeß des Zusammenwachsens weiter fortgeschritten. Durch – den noch nicht vollständig abgeschlossenen – Wiederaufbau von stillgelegten S-Bahnstrecken existiert wieder ein weitgehend gesamtstädtisches S-Bahnsystem. Durch die Reaktivierung der gesperrten Transit-U-Bahnhöfe der Linien 6 und 8 unter dem Ostteil Berlins und den Wiederaufbau der unterbrochenen U–Bahnstrecken Gleisdreieck – Potsdamer Platz und Schlesisches Tor – Warschauer Straße haben im Bereich der U-Bahn die alten Ost-West-Verbindungen wieder an Leben gewonnen. Die Verlängerung des Straßenbahnnetzes in den Westteil Berlins verläuft hingegen äußerst schleppend und stößt an vielen Stellen auf Widerstand. Erst eine Strecke ist nach Wedding verlängert worden, alle weiteren Straßenbahnverlängerungen wurden im Ostteil Berlins vorgenommen.

Als Besonderheit gegenüber anderen U-Bahn-Städten verfügt Berlin über zwei technisch verschiedene U-Bahnsysteme, die sich sowohl im Lichtraum als auch im Stromsystem unterscheiden. Das schmalere Kleinprofil ist zu Beginn des Jahrhunderts privat gebaut worden, ab 1923 wurden dann auch städtische Strecken im breiteren Großprofil errichtet. Die Kleinprofilstrecken wurden ab diesem Zeitpunkt nur noch an einigen Stellen verlängert, Streckenneubauten erfolgten ausschließlich in Großprofilausführung.

Die Bestrebungen, die vorhandenen Systeme auszubauen, stoßen bei S-Bahn und U-Bahn an räumliche und finanzielle Grenzen; vor diesem Hintergrung ermöglicht ein System auf Tram-Basis den kostengünstigsten und stadträumlich verträglichsten Weg, Lücken im bestehenden Netz zu schließen und neue Potentiale zu erschließen.

2 Problemstellung

Berlin hat bisher im Bundesdurchschnitt noch die geringste Pkw-Dichte pro Einwohner. Das liegt unter anderem daran, daß Berlin über einen vergleichsweise sehr dichtes ÖPNV-Netz mit hoher Bedienungsqualität verfügt. Trotz des allgemeinen Konsens zur Stärkung des ÖPNV im Innenstadtbereich steigt die Kfz-Benutzung jedoch stetig weiter an. Die steigende MIV-Dichte beeinträchtigt in stark verdichteten Innenstädten mit hoher Nutzungsvielfalt erheblich die Lebens- und Aufenthaltsqualität. Um die Innenstädte weiterhin lebenswert und attraktiv zu erhalten, müssen neue Konzepte und Ideen zur Bindung und Rückverlagerung der Verkehre auf den ÖPNV untersucht werden. Ein besonderer Schwerpunkt für ein konkurrenzfähiges ÖPNV-System ist die Darstellung des Systems gegenüber dem Kunden, sein Komfort und seine Attraktivität.

Um die Qualität des ÖPNV der vermeintlichen Qualität des MIV anzunähern, sollten folgende Forderungen aus Sicht des potentiellen Fahrgasts erfüllt werden:

- eine hohe Verfügbarkeit (durch z.B. kurze Taktfolge)
- wenig Umsteigenotwendigkeit (durch viele Direktverbindungen)
- kurze Wege zu Zugangsstellen und beim Umsteigen (durch ein engmaschiges Haltestellennetz und optimale Verknüpfungspunkte)
- hohe Reisegeschwindigkeit (durch hohe Beschleunigung und Fahrgeschwindigkeit, sowie geringe Verlustzeiten an Knotenpunkten, schnellen Zugang zum Verkehrsmittel, kurze Haltezeiten, kurze Warte- und Umsteigezeiten)

Einige dieser Forderungen aus Sicht des Nutzers führen zu Zielkonflikten. Ein System, das schnelle Direktverbindungen anbietet, wäre aus Sicht des Kunden optimal, jedoch betrieblich kaum zu realisieren. Es bestünde die Notwendigkeit, viele Linien mit unterschiedlichen Endpunkten anzubieten, die unter Betrachtung der Streckenleistungsfähigkeit dann jeweils nicht in enger Taktfolge verkehren könnten. Eine dichte Haltestellenfolge würde zwar die Erreichbarkeit des Systems verbessern, im gleichen Schritt aber auch die Reisezeit durch vermehrte Halte verlängern. Umgekehrt verbessern wenige weit auseinanderliegende Haltestellen die Reisezeitergebnisse, führen jedoch zu einer schlechteren Erreichbarkeit des Systems.

Für den Betreiber ist von besonderem Interesse, wie durch Rationalisierungen bei Fuhrpark und Betrieb die Kosten gesenkt werden können. Innovative Konzepte können zudem die Stellung Berlins auf dem internationalen Verkehrsmarkt stärken.

Unter diesen Randbedingungen sollen hier die vorhandenen Systeme nicht grundlegend umgebaut werden, vielmehr soll aufgezeigt werden, in welcher Art durch die Verknüpfung der vorhandenen Systeme das Angebot für den Fahrgast verbessert werden kann, wo solche Maßnahmen erforderlich oder möglich sind und wie solche Maßnahmen technisch und betrieblich realisiert werden können.

3 Gliederung der Arbeit

Diese Diplomarbeit gliedert sich aufgrund der Aufgabenstellung in drei Teile.

Teil A beinhaltet als allgemeiner Teil eine Erläuterung der bestehenden SPNV-Systeme und ihrer Unterschiede, sowie eine Vorstellung ausgewählter Beispiele von Systemverknüpfungen bzw. Mischbetrieben. Es werden kurz die Vor- und Nachteile von Systemverknüpfungen aus betrieblicher Sicht und verkehrlicher Sicht skizziert.

In **Teil B** wird die Netz- und System-Entwicklung in Berlin dargestellt, die Unterschiede der bestehenden Systeme im speziellen aufgezeigt und die aktuellen Planungen zum Ausbau der bestehenden Teilsysteme vorgestellt. Im weiteren werden Möglichkeiten von Systemverknüpfungen in Berlin allgemein bezüglich ihrer Perspektiven untersucht.

Eine für vordringlich befundene Systemverknüpfung wird im **Teil C** vertieft dargestellt. Diese Systemverknüpfung wird in den Bereichen Betrieb, verkehrliche Wirkung, Machbarkeit und Kosten untersucht und bewertet.

Teil A – ALLGEMEINER TEIL

4 SPNV-Systeme und ihre Unterschiede

4.1 Geschichte und Allgemeines

Im Laufe der Geschichte sind verschiedene Formen von SPNV-Systemen entstanden. Grundsätzlich muß zwischen der „großen Eisenbahn“ und städtischen Verkehrssystemen unterschieden werden.

Die Eisenbahn ist ein klassisches Fernverkehrsmittel, führte ursprünglich meist nur bis an die Stadtgrenzen der Metropolen und endete dort in Kopfbahnhöfen. Durch das seinerzeit starke städtische Wachstum lagen diese Kopfbahnhöfe jedoch bald im Zentrumsbereich der ausufernden Städte. Mit Anstieg der Pendlerbewegungen und der Verkehrsbedürfnisse in den Städten wurden den radialen Eisenbahnstrecken meist eigene Vorortstrecken hinzugebaut und die Radialen durch Tangenten oder Ringsysteme miteinander verbunden. Die Elektrifizierung und weitgehende Trennung der Anlagen des Nahverkehrs vom Fernverkehr und Güterverkehr führte schließlich – erstmalig in Berlin - zu dem allgemein als S-Bahn bekannten System.

Den Anfang der Entwicklung städtischer Schienenverkehrsmittel machte die Straßenbahn. Mitte des 19. Jahrhunderts wurden in den größeren Städten Pferdebahn-Netze aufgebaut, ab der Jahrhundertwende begann man, diese Streckennetze zu elektrifizieren. Es entstand die klassische elektrische Straßenbahn, die ohne besonderen Bahnkörper direkt auf der Straße verkehrt, sich die Fläche mit allen anderen Oberflächenverkehrsmitteln teilen muß und entsprechend langsam und störungsanfällig ist.

Um die Jahrhundertwende entstanden zusätzlich Hochbahnen und Untergrundbahnen, da die Straßenbahnen die Verkehrslast oft nicht mehr bewältigen konnten. Diese verfügen über eigene Bahnkörper und haben in der Regel längere Haltestellenabstände.

4.1.1 Straßenbahn

Straßenbahnen sind im Straßenraum angelegte Schienenbahnen, die ausschließlich oder überwiegend der Beförderung von Personen im Orts- und Nachbarschaftsbereich dienen. Straßenbahnen werden nach BOStrab gebaut und betrieben. Sie unterliegen den Regelungen des Personenbeförderungsgesetzes (PbefG). Straßenbahnen verkehren entweder im Verkehrsraum der öffentlichen Straßen oder oberirdisch auf eigenem Bahnkörper. Als Fahrzeuggrenzmaße straßenabhängiger Bahnen sind 2,65 m Breite, 4 m Höhe (mit abgezogenem Stromabnehmer) und 75 m Länge festgelegt [§34 und §55 der BOStrab]. Da die Straßenbahnfahrzeuge im Straßenraum durch andere Verkehrsteilnehmer behindert werden, kommen immer häufiger besondere oder unabhängiger Bahnkörper zur Anwendung. Der besondere Bahnkörper liegt zwar auch im

Verkehrsraum öffentlicher Straßen, ist jedoch durch ortsfeste Hindernisse (Bordsteine, Leitplanken, Hecken etc.) vom übrigen Verkehr getrennt. Der unabhängige Bahnkörper ist aufgrund seiner Lage und Bauart vom übrigen Verkehr unabhängig (z.B. freie Strecke) [1]. Die mittlere Leistungsfähigkeit von Straßenbahnen liegt bei 15.000 – 20.000 Fahrgästen je Stunde und Richtung [2].

4.1.2 Stadtbahn

Heute werden als Stadtbahn Verkehrssysteme bezeichnet, die im Bereich zwischen der klassischen Straßenbahn und der U- bzw. S-Bahn angesiedelt sind. Während die Unterschiede zur U- und S-Bahn in der Vergangenheit relativ klar erkennbar waren, ist die Grenze zwischen Stadt- und Straßenbahn meist fließend.
Folgende Eigenschaften gelten bei Stadtbahnsystemen als charakteristisch:

- größeres Platzangebot im Fahrzeug als bei Straßenbahnen;
- höhere Geschwindigkeiten als bei Straßenbahnen;
- Streckenführungen, die zum Teil unabhängig vom Straßenverlauf erfolgen;
- möglichst geringer Anteil von Gleisen im Straßenraum;
- technisch gesicherte Bahnübergänge;
- Zweirichtungsfahrzeuge, die keine Wendeschleife benötigen und auch Mittelbahnsteige anfahren können;
- ggf. Betrieb sowohl nach BOStrab als auch nach EBO möglich;
- ggf. gemischter Betrieb mit Güterverkehr.

Abbildung 4-1 Saarbrücker Stadtbahnwagen in Moosach

Die meisten existierenden Stadtbahnsysteme haben Fahrzeuge mit Fußbodenhöhen von 90 cm bis 100 cm über Schienenoberkante (Hochflur). Die heutige Technologie erlaubt bei gleicher Systemleistungsfähigkeit Bodenhöhen von etwa 30 cm (Niederflur). Die mittlere Leistungsfähigkeit von Stadtbahnen liegt bei 16.000 – 24.000 Fahrgästen je Stunde und Richtung [2].

4.1.3 U-Bahn

Hauptmerkmal von U-Bahnen ist die vollständige Trennung vom übrigen Verkehr. U-Bahnen werden aber wie Straßenbahnen nach BOStrab gebaut und betrieben. Die Strecken sind in der Regel fast vollständig in Tunnellage und auf die Kernstadt und Kernrandgebiete beschränkt. Der Betrieb erfolgt signaltechnisch gesichert (im Raumabstand). Gegenüber der Straßenbahnen haben U-Bahnen i.d.R. günstigere Trassierungsparameter, die Strecken sind nicht an den Verlauf vorhandener Straßen gebunden, verfügen über leistungsfähigere Fahrzeuge und haben größere Haltestellenabstände. U-Bahnen sind klassische Massenverkehrsmittel, deren Leistungsfähigkeit zwischen Straßenbahn und S-Bahn einzuordnen ist. Die mittlere Leistungsfähigkeit von U-Bahnen liegt bei 25.000 – 35.000 Fahrgästen je Stunde und Richtung [2].

4.1.4 S-Bahn

Klassische S-Bahnen sind nach dem Allgemeinen Eisenbahngesetz (AEG) [5] als regelspurige Eisenbahnen des öffentlichen Verkehrs in Deutschland definiert und werden nach den Regeln der Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung (EBO) [6] gebaut und betrieben. In der Dienstvorschrift 432 zur Berliner S-Bahn [7] ist zu lesen: “S-Bahnen sind meist in starrem Taktfahrplan betriebene öffentliche Nahverkehrssysteme der Deutschen Bahn AG mit hoher Leistungsfähigkeit für den Stadt- und Regionalverkehr in den großen Verbindungsräumen.“ Die mittlere Leistungsfähigkeit von S-Bahnen liegt bei 30.000 – 40.000 Fahrgästen je Stunde und Richtung [2].

4.2 Kenngrößen der verschiedenen Verkehrsmittel des ÖPNV

Kriterien	S-Bahn	U-Bahn	U-Strab (=Stadtbahn)	Tram	Bus
mittlere Haltestellenabstände	>1500 m	500-1500 m	400-700 m	400-600 m	~500 m
Höchstgeschwindigkeit	120 km/h	80 km/h	60-80 km/h	60-80 km/h	50 km/h
mittlere Reisegeschwindigkeit	50 km/h	30-40 km/h	20-30 km/h	7-20 km/h	<10 km/h
Fassungsvermögen je Zug (Fahrgäste)	1000	600-1000	250-800	250	120
Leistungsfähigkeit (Fahrgäste/Stunde und Richtung)	30000-40000	25000-35000	16000-24000	15000-20000	45000-6000
Zugfolge	90 s	90 s	50 s	50 s	40 s
Gleisbogenmindesthalbmesser	300 m	180 m	bes. Bahnkörper 180 m im Straßenraum 25 m		
Fahrzeugbreite	2,8-3,0 m	2,65 m	2,2-2,65 m	2,2-2,65 m	2,0-2,5 m
Zuglänge	160 m	125 m	bis 125 m	max. 75 m	
Bahnsteighöhe	> 0,8 m	0,8 m	0,3-0,8 m	0,2-0,6 m	

Tabelle 4-1 Kenngrößen der verschiedenen Verkehrsmittel des ÖPNV [2]

4.3 Unterschiede der EBO und BOStrab

Auf oberster Regelungsebene existiert eine Zweiteilung in "Eisenbahnen" und "Straßenbahnen" mit den Normenkomplexen AEG [5] und EBO [6] einerseits und PbefG [8] und BOStrab [1] andererseits.

AEG und PbefG erhalten nur grundsätzliche und allgemeine Regeln, da sie die übergeordnete Norm sind. Auf der Ebene der Verordnungen (EBO und BOStrab) sind nur wichtige technische und betriebliche Spezifikationen (z.B. Spurweite, Lichtraumprofile, Fahrzeuge, Bahnanlagen) festgelegt. Genauere Vorschriften finden sich dann auf der nächsten Regelungsebene, die aus Dienstvorschriften, Weisungen oder anerkannten Regeln der Technik besteht.

Unter den anerkannten Regeln der Technik §2(1) EBO und BOStrab sind in den meisten Fällen die Richtlinien und Festlegungen von übergeordneten Fachverbänden bzw. Arbeitsgruppen und Normungsausschüssen zu verstehen. Wichtige Vertreter im Untersuchungsgebiet sind hier die UIC (Union Internationale des Chemins de fer (Internationaler Eisenbahnverband)) für den Bereich der DB AG, der BDE (Bundesverband Deutscher Eisenbahnen) bei den NE-Bahnen und der VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen) für die "Straßenbahn"-Betriebe (mit U-Bahn). DIN Normen und VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker) Vorschriften gelten als anerkannte Regeln der Technik.

Die wichtigsten Richtlinien im Bereich der BOStrab:

- Spurführungsrichtlinien
- Trassierungsrichtlinien
- Lichtraumrichtlinien
- Bremsrichtlinien
- Oberbaurichtlinien
- Empfehlungen für die Festigkeitsauslegung von Personenfahrzeugen nach BOStrab

Die Anforderungen an BOStrab und EBO waren von Anfang an unterschiedlich. Ursprünglich war die BOStrab für Bahnen konzipiert, die in der Fahrbahn verkehren und ist dementsprechend angepaßt (Rillenschienen, kleine Kurvenradien, Beleuchtung, Richtungsanzeiger, Bremsleuchten, Fahrzeugbreiten etc.). Erst im Laufe der Zeit entwickelten sich auch eisenbahnähnliche Systeme wie "U-Bahn" oder "Stadtbahn". BOStrab-Anlagen werden fast ausschließlich als Inselnetze mit höchstens regionaler Ausdehnung betrieben, wohingegen die EBO wie eine Klammer funktioniert und die Kompatibilität der Teilnetze auf Bundesebene und international ein herausragender Aspekt ist. Tendenziell sind also im Bereich der EBO, um Übergänge zu ermöglichen, die Bestimmungen genauer gefaßt als in der BOStrab, die in Teilbereichen Anpassungen an die lokalen Gegebenheiten zuläßt. Beispiele hierfür sind die Komplexe Bahnsteige und Lichtraumprofile. Dennoch ist man auch im BOStrab-Bereich seit Jahren bemüht, eine stärkere Standardisierung der Fahrzeuge und Bahnanlagen herbeizuführen, was hauptsächlich auf wirtschaftliche Gründe zurückzuführen ist. Eine Angleichung von EBO und BOStrab wäre für die Zukunft durchaus sinnvoll und wünschenswert.

Eine Besonderheit besteht bei der EBO in der Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebenbahnen: Der Betrieb als Nebenbahn stellt an Strecken hinsichtlich Geschwindigkeit und Achslasten geringere Anforderungen und erlaubt hier einfachere bauliche und betriebliche Standards.

Eine Besonderheit im Rahmen der BOStrab ist die Klassifizierung verschiedener Bahnkörper:

- Straßenbündiger Bahnkörper: Verlauf in der Straßenfahrbahn oder in Gehwegflächen
- Besonderer Bahnkörper: Vom übrigen Verkehr abgetrennt (Bordsteine, Leitplanken, Hecken, Zäune)
- Unabhängiger Bahnkörper: Vom übrigen Verkehr unabhängig

Diese Streckenarten haben in erster Linie Auswirkungen auf die Qualität der Betriebsführung. Aber auch die Einstufung an Kreuzungen (Bahnübergängen) sowie die Bezuschussung gem. GVFG (Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz) sind davon abhängig.

Weil die Art des Bahnkörpers im BOStrab Betrieb an zahlreiche Bedingungen geknüpft ist und die Regeln über die ganze BOStrab verstreut sind, werden die wichtigsten Kriterien in Tabellenform aufgeführt:

Bahnkörper	Straßenbündiger - §16(4) und 16(5)	Besonderer -, Kreuzungen mit Straßen, Wegen, Plätzen §16(4) und 16(6)	Besonderer -, mit Bahnübergängen §16(4),16(6),55(3), 20(7)	Unabhängiger - §16(4) und 16(7)
Bahnbezeichnung	Straßenabhängig §55(1)	Straßenabhängig (wg. Kreuzungen) §55(1)	Unabhängig §55(3) und 20(7)	Unabhängig §55(3)
Max Fahrzeugbreite Max Fahrzeughöhe Max Zuglänge	2,65 m - §34(3)1a 4,0 m - §34(3)1b 75 m - §55(2)	2,65 m - §34(3)1a 4,0 m - §34(3)1b 75 m - §55(2)	keine Beschränkung	keine Beschränkung
Teilnahme am Straßenverkehr	Ja §55(1)	Nein, außer Kreuzungen §55(3)	Nein §55(3) und 20(7)	Nein §55(3)
Fahren auf Sicht	Ja, außer: V>70 km/h, Tunnel, Eingleisig im Gegenverkehr §49(2)2 und 49(5)	Ja, außer: V>70 km/h, Tunnel, Eingleisig im Gegenverkehr §49(2)2 und 49(5)	Nein §49(2)1	Nein §49(2)1
Bremsen, besondere Anforderungen	Gefahrbremswerte gem. Anlage 2 Tab 2, Schienenbremse §36(5)3 und §36(5)1	Gefahrbremswerte gem. Anlage 2 Tab 2, Schienenbremse §36(5)3 und §36(5)1	-	-
Signaleinrichtungen (gem. Anlage 3 5. und 7.)	Z1 Scheinwerfer §40(2) + Spitzensignal 51(7) Z2 Schlußlicht §51(7) Z3 Bremslicht §51(8) Z4 Blinker §40(3) Z5 Warnblinker §40(4) Sh5 Klingel/Pfeife §40(1)	Z1 Scheinwerfer §40(2) + Spitzensignal 51(7) Z2 Schlußlicht §51(7) Z3 Bremslicht §51(8) Z4 Blinker §40(3) Z5 Warnblinker §40(4) Sh5 Klingel/Pfeife §40(1)	Z1 Spitzensignal §51(7) Z2 Schlußsignal §51(7)	Z1 Spitzensignal §51(7) Z2 Schlußsignal §51(7)

Tabelle 4-2 Zuordnung der Bahnkörper innerhalb der BOStrab [1][9]

4.4 Technische Unterschiede

4.4.1 Radprofile

In Deutschland existieren derzeit drei verschiedene in diesem Rahmen interessierende Profile.

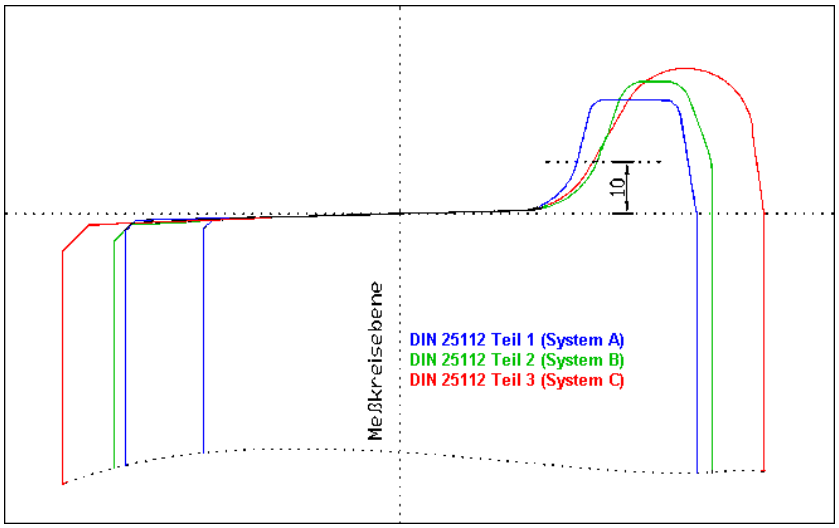


Abbildung 4-2 Radprofilvergleich DIN 25112 Teil 1 bis 3 (A-C) [9]

DIN 25112 unterscheidet u. a. zwischen den Profiltypen A, B und C, wobei Profil A für "Straßenbahnen", Profil C für EBO-Fahrzeuge und Profil B als Mischform aus A und C für Mehrsystemfahrzeuge ist. Gemäß den Spurführungsrichtlinien zur BOStrab werden sie mit Maßsystem A – C bezeichnet.

4.4.2 Schienentypen

Bei den Schienen kommen im EBO-Bereich fast ausschließlich Breitfußschienen (Vignolschienen) zum Einsatz, die mit einer Neigung von 1:40 eingebaut werden. Der Kopfausrundungshalbmesser beträgt hauptsächlich 13 mm. Die am häufigsten verwendeten Profile sind derzeit S49, S54, S64, UIC 54 und UIC 60. Die Zahlenangaben bezeichnen dabei die Metergewichte. Bei BOStrab Strecken finden unterschiedliche Schienentypen Verwendung. Auf unabhängigen und besonderen Bahnkörpern werden auch Breitfußschienen wie S41 und R10 verwendet. Für straßenbündige Gleise werden Rillenschienen verwendet. Rillenschienen und Vignolschienen werden meist senkrecht eingebaut, inzwischen jedoch auch einigenorts mit 1:40 Schienenneigung (so z.B. in Berlin [10]). Der Ausrundungshalbmesser des Schienenkopfs beträgt in der Regel 10 mm. Aufgrund der zahlreichen Radvarianten existieren auch mehrere verschiedene Rillenschienentypen, Hauptunterschiede sind die Kopfeckausrundungshalbmesser und die Rillenweiten. Die Typen mit einem Ausrundungshalbmesser von 13 oder 14 mm sind Ri 59 N, Ri 60 N und Ph 37a. [9]

4.4.3 Unterschiede BOStrab und EBO Profile

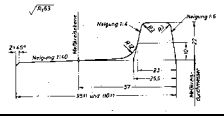
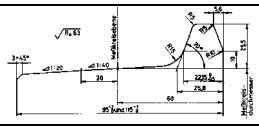
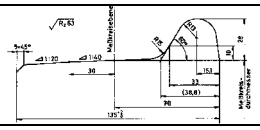
Parameter	BOStrab (Profil A)	BOStrab (ProfilB)	EBO (Profil C)
Radreifenbreite	95-110 mm	95-115 mm	130-150 mm
Laufflächenbreite	~56 mm	~56 mm	67-74 mm
Laufflächenform	früher zylindrisch heute auch kegelig (1:40)	kegelig (1:40)	kegelig (1:40)
Spurkranzhöhe	~22 mm	~ 25,5 mm	~28 mm
Spurkranzbreite (10 mm über Meßkreisebene)	23 mm	22,15 mm	33 mm
Flankenwinkel	~76°	70°	60°
Ausrundungshalb-messer Spurkranz/Lauffläche	12 mm	15 mm	15 mm
Bild			

Tabelle 4-3 Unterschiede der BOStrab und EBO Profile [9]

Es handelt sich also um recht unterschiedliche Systeme, die im Laufe der Zeit für Ihren Einsatzbereich weiterentwickelt wurden. Dabei ist zu beachten, daß bei den Straßenbahnen noch diverse weitere Sonderformen von Radprofilen existieren, was auf den straßenbahntypischen „Inselbetrieb" zurückzuführen ist. Anders verhält es sich im EBO-Bereich. Hier ist eine weitgehende Standardisierung erreicht. Inzwischen wird das Profil UIC-ORE S 1002 (gem. UIC-Merkblatt 510-2) verwendet, dessen Unterschiede zum Profil DB II nicht wesentlich sind, somit ist ein international einheitlicher Standard vorhanden. [9]

Um den Systemübergang zwischen EBO-Strecken und BOStrab-Strecken zu ermöglichen, wurde das Maßsystem B für regelspurige Bahnen eingeführt. Die Spurkranzdicke ist gegenüber Maßsystem C (EBO Profil) um ca. 10mm geringer, um wie das System A "schmale" Rillenschienen befahren zu können.

Die wesentlichsten Unterschiede gegenüber dem Profil des Maßsystems A sind:

- Größere Spurkranzhöhe → Eisenbahnähnliche Strecken können auch mit höheren Geschwindigkeiten entgleisungssicher befahren werden.
- Größere Radbreite → Eine breitere Lauffläche garantiert, daß auch rillenlose Weichen und Kreuzungen sowie Tiefrillenweichen befahren werden können.
  (Mindestradaufstandsbreite 9mm)
- Der Ausrundungshalbmesser der Hohlkehle beträgt 15mm.

Die Kopfausrundungshalbmesser der verwendeten Schienen sind darauf abgestimmt; verwendet werden z.B. S41/R14, S49, Ri59N, Ri60N, PH37a mit Radien von zwischen 13 – 14 mm.

4.4.4 Lichtraum und Bahnsteige

Die Vorgaben in der BOStrab sind ganz allgemein gefaßt und geben keine festen Maße vor, sondern definieren nur die einzelnen Begriffe und schreiben vor, daß Fahrzeuge keine Berührungen mit anderen Fahrzeugen oder Einbauten haben dürfen. Dies bedeutet, daß der benötigte Lichtraum vor Ort festzulegen (und ggf. nachzuweisen) ist.

Eine wichtige Einschränkung enthält §34(2) [1], wonach die maximal zulässige Breite von *straßenabhängigen* Bahnen 2650 mm beträgt, oberhalb von 3400 mm nur 2250 mm. Die Fahrzeughöhe ist – mit abgezogenem Stromabnehmer – auf 4000 mm über SO beschränkt. Dies hängt mit der zulässigen Fahrzeugbreite für Kraftfahrzeuge zusammen, die nach §32(1) StVZO [11] bzw. §18(1) und §22(2) StVO [12] auf 2550 mm begrenzt ist. Die maximal zulässige Höhe für Kraftfahrzeuge ist ebenfalls auf 4000 mm festgelegt.

Die EBO macht dagegen sehr genaue Angaben über Regellichtraum einerseits und Fahrzeugumgrenzungen andererseits. Dies ist aufgrund der netzweiten und internationalen Freizügigkeit erforderlich. EBO-Fahrzeuge haben eine maximale Breite von 3290 mm, was aber die kinematischen Einflüsse nicht berücksichtigt. Die Mehrzahl der EBO-Fahrzeuge haben je nach Typ, zugl. Geschwindigkeit und Einsatzgebiet eine Breite, die sich zwischen 2850 mm und 3100 mm bewegt [6][9].

Bahnsteige:

Die BOStrab enthält keine Angaben über Abstände der Bahnsteigkanten zur Gleisachse oder Höhe über SO. Diese Maße ergeben sich aus den eingesetzten Fahrzeugen bzw. den örtlich geltenden Lichtraumprofilen. Der maximal zulässige Spalt zwischen Fahrzeugfußboden (oder Trittstufen) und Bahnsteigkante ist auf 250 mm begrenzt; es heißt zudem, daß das Ein- und Aussteigen für die Fahrgäste *bequem* sein muß und daß der Fahrzeugboden nicht tiefer als die Bahnsteigoberfläche liegen soll. Im BOStrab Bereich sind demzufolge alle Arten von Bahnsteigen vom straßenbündigen "Bahnsteig" bis zu Hochbahnsteigen im U- oder Stadtbahnbereich anzutreffen.

Gemäß EBO ist die Regelhöhe für Personenbahnsteige 760 mm über SO, abweichend treten auch Höhen von 380 mm, 550 mm und 960 mm auf. Dabei finden 960 mm hohe Bahnsteige vornehmlich bei Stadtschnellbahnen Anwendung. [4][6]

Die Problematik besteht also in der Vielzahl der verschiedenen Bahnsteighöhen, sowie der verschiedenen Fußbodenhöhen bzw. Trittstufen der eingesetzten Fahrzeuge. Diese Zustände können auch wegen der langen Nutzzeiten der Fahrzeuge und des enormen finanziellen Aufwands für Umbaumaßnahmen in absehbarer Zeit kaum vereinheitlicht werden.

Der Spalt zwischen Bahnsteig und Fahrzeug hängt einerseits von der Bahnsteighöhe, andererseits von der Fahrzeugumgrenzung ab. Für die Zukunft sind folgende Entwicklungen zu erwarten: Die Züge des Fernverkehrs (also z.B. ICE, IC, IR) werden weiterhin mit einer Fußbodenhöhe von ca. 1250 mm (über SO) betrieben bzw. beschafft. Ebenso die S-Bahnen mit 1000 mm "Standard"-

Fußbodenhöhe. Bei den Regional- und Stadtverkehrszügen ist ein Trend zu niedrigeren Fußbodenoberkanten (um die 600 mm, aber teilweise auch 800 mm) zu verzeichnen, einerseits deshalb, weil diese auch an sehr niedrigen Bahnsteigen verkehren (380 mm und darunter), andererseits weil durch den verstärkten Einsatz von Doppelstockwagen mit Tiefeinstieg im Untergeschoß diese Höhe konstruktiv bedingt ist. [9]

4.4.5 Sicherheitstechnik

Im Bereich BOStrab wird sowohl auf Sicht als auch mit technischer Zugsicherung gefahren. §49 verbietet ein Fahren auf Sicht, wenn es sich um Züge *unabhängiger Bahnen* handelt, oder für *straßenabhängige Bahnen,* wenn die Streckenhöchstgeschwindigkeit größer als 70km/h ist oder die Strecke im Tunnel verläuft. Außerdem müssen eingleisige Streckenabschnitte, die in beiden Richtungen befahren werden, entsprechend ihrer Betriebsweise technisch gesichert sein. [1]

Im EBO-Bereich wird im festen oder beweglichen Raumabstand gefahren, der im Regelfall durch technische Zugsicherung gewährleistet wird. Auf Nebenstrecken kommen auch vereinfachte Betriebsweisen wie Zugleitbetrieb, Funkleitbetrieb, Zugleitbetrieb mit Streckenblock, Signalisierter Zugleitbetrieb (SZB) und inzwischen auch der FunkFahrBetrieb (FFB) zur Anwendung [4].

Im Bereich der BOStrab kommen als technische Zugsicherung meistens Fahrsperren (IMU) zum Einsatz, die einen Zug selbsttätig zum Stehen bringen können. Beim Fahren auf Sicht sind z.B. Weichen als besondere Gefahrenpunkte damit abgesichert; ansonsten die Blockabschnitte oder eingleisige Abschnitte. Bei U-Bahnen wird auch die Linienzugbeeinflussung (LZB) verwendet, die von der punktförmigen Beeinflussung / Kontrolle zur linienhaften mit Übertragung der Signalbilder auf den Führerstand übergeht [13][4]. Durch Informationsaustausch in beide Richtungen ist auch die Steuerung des Fahrzeugs möglich (→ Automatischer Betrieb).

Auf Eisenbahnstrecken mit technischer Zugsicherung kommen die Indusi und die LZB zum Einsatz. Die Indusi stimmt in ihrer Grundfunktion mit der Fahrsperre überein, die technische Realisierung ist vom Prinzip ähnlich. Neben der Grundfunktion sind aber wegen der höheren Geschwindigkeiten zwischen den Vor- und Hauptsignalen auch eine Geschwindigkeitsüberwachung (angehängte Geschwindigkeitsprüfung) integriert. Die Signale werden an Blockstellen errichtet, die einzelne Gefahrenpunkte, Streckenabschnitte oder Bahnhöfe sichern. Die LZB kommt auf Neu- und Ausbaustrecken zum Einsatz.

Die Ausrüstung mit Fernmeldeanlagen (in der Regel Funk) ist zwar weder in BOStrab noch EBO für alle Fälle zwingend vorgeschrieben; jedoch sind Fahrzeuge und Strecken beinahe vollständig damit ausgestattet. Die verwendeten Systeme sind aber untereinander in der Regel nicht kompatibel.

Die EBO schreibt zur Überprüfung der Einsatzfähigkeit des Fahrzeugführers eine SiFa vor, welche den Zug bei Nichtbetätigung zum Stehen bringt.

Eisenbahnfahrzeuge sind mit einer durchgehenden Bremse auszustatten. D.h. bei einer Zugtrennung werden alle Teile sofort zwangsgebremst. Die zulässigen Bremswege, die sich aus

dem Vor- Hauptsignal Abstand von 1000 m bzw. 700 m ergeben, bestimmen die maximal zulässige Geschwindigkeit der einzelnen Fahrzeuge / Züge. Eine Ausnahme vom oben erwähnten max. Bremsweg bilden die LZB geführten Züge.

Bei BOStrab Fahrzeugen wird ebenso eine selbsttätige Bremsung bei unbeabsichtigter Trennung von Zugverbänden vorgeschrieben. Außerdem sind mindestens zwei voneinander unabhängige Bremsen nötig. Bei *straßenabhängigen Bahnen* muß eine dieser Bremsen vom Kraftschluß Rad/Schiene unabhängig sein, die andere muß mit Sandstreueinrichtungen versehen sein. Die Bremsleistung wird in Anlage 2 BOStrab bzw. den Bremsrichtlinien zur BOStrab Anhang 3 und 4 vorgegeben:

v [km/h]	a [m/s²]	s [m]
20	0,77	20
30	0,87	40
40	0,95	65
50	1,03	94
60	1,06	131
70	1,07	177
80	1,07	230
90	1,08	290
100	1,09	355

Tabelle 4-4 Grenzwerte bei Ausfall einer Bremse (gültig für alle Fahrzeuge) [1]

v [km/h]	a [m/s²]	s [m]
20	1,71	9
30	2,04	17
40	2,29	27
50	2,47	39
60	2,57	54
70	2,73	69

Tabelle 4-5 Grenzwerte bei Gefahrbremsungen (nur gültig für straßenabhängige Bahnen) [1]

Diese strengeren Grenzwerte stehen im Zusammenhang mit der gemeinsamen Nutzung des Verkehrsraums durch Straßenbahnen und Kraftfahrzeuge und der deswegen nötigen Angleichung der Bremsfähigkeiten. Kraftfahrzeuge müssen gem. §41(4) StvZO eine Mindestverzögerung von 2,5 $^{m}/_{s}^{2}$ erreichen, erzielen heute aber auch Werte von ca. 4 $^{m}/_{s}^{2}$.

Als Signalgeber bzw. Warneinrichtungen sind Pfeifen oder Klingeln sowie Bremsleuchten und Blinker (Fahrtrichtungsanzeiger) vorgeschrieben.

Die unterschiedlichen Regelungen für Bahnübergänge sind in §11 EBO sowie in §20 BOStrab getroffen.

5 Entwicklung / Bestehende Mischsysteme / Planungen

Weiterführend soll untersucht werden, unter welchen Randbedingungen die Verknüpfung der Systeme Straßenbahn, U-Bahn und S-Bahn möglich und sinnvoll ist. Es soll aufgezeigt werden, welche verkehrlichen und betrieblichen Vor- und Nachteile hieraus entstehen.

Einleitend wird kurz erwähnt, welche Anforderungen die Benutzer an ÖPNV-Systeme stellen, um im weiteren Verlauf der Arbeit abschätzen zu können, welchen Nutzen eine Systemverknüpfung aus Fahrgastsicht haben kann.

Forderungen der Nutzer (Fahrgäste):	**Zusammenhänge mit:**
Ausreichendes Platzangebot	Fahrzeuggröße, Zuglänge, Fahrzeugfolge
Bequemlichkeit (auf längeren Strecken ein Sitzplatz)	Fahrzeugeinrichtung / Verhältnis Sitzplätze zu Auslastung (-> Ausreichendes Platzangebot)
Pünktlichkeit	Betriebsführung, Vermeidung äußerer Störungen (eigene Trasse)
Starrer Fahrplan mit dichter Zugfolge, angemessene Verkehrsbedienung auch außerhalb der Spitzenzeiten	technisch mögliche Zugfolge / wirtschaftlich vertretbare Zugfolge / politisch gewollte Zugfolge
Kurze Reisezeiten (geringer Gesamtzeitaufwand zwischen Quelle und Ziel)	Zugangszeit (Entfernung der Zugangsstellen), Fahrzeit (Fahrdynamik, Abstand der Haltepunkte), Umsteigezeiten (Fahrplangestaltung, Linienführung, Linienverknüpfung, Systemverknüpfung)
zumutbare Fußwege	Lage der Zugangsstellen, Umfeld der Zugangsstellen, Gestaltung von Umsteigehaltestellen
Nach Möglichkeit umsteigefreie Verbindungen	Liniennetz (Netzdichte, Linienzahl, Systemverknüpfungen)
Technischer Fahrkomfort	Streckenzustand, Trassierung, Fahrzeug (technischer Stand, Zustand)
Gefahrlos zu erreichende Haltestellen, ohne Umwege erreichbare Haltestellen	Anzahl und Lage der Eingänge, gesicherte Zuwege, Vermeidung von Überquerungszwängen anderer Verkehrswege
Attraktive Tarife (günstig, einfach, übersichtlich)	politische Vorgaben, Verkehrsverbund, Finanzierung
guter Kundendienst	Qualität des Verkehrsunternehmens, Mitarbeiterführung, Verantwortungsbewußtsein
Ausreichende statische Informationen, schnelle dynamische Informationen (übersichtlich, verständlich)	Marketing, Informationspolitik, Verknüpfung Betriebsleitsystem – Fahrgastinformationssystem

Tabelle 5-1 Forderungen der Nutzer [2]

Ein einheitliches Schnellbahnsystem mit leistungsfähigen Radialstrecken stellt sich für den Kunden attraktiver dar, als verschiedene Teil-Systeme, die zudem oft schlecht verknüpft sind. Bei älteren Anlagen kommt zusätzlich zum bestehenden Umsteigezwang oft noch die zu überwindende räumliche Distanz zwischen den Systemen durch schlecht gestaltete oder gar weit voneinander entfernte Umsteigepunkte.

Das einfache Nutzen unterschiedlicher Systeme als ein integriertes Gesamtsystem setzt auch voraus, daß die verschiedenen Systeme für den Fahrgast als ein System dargestellt werden. Negativ sind hier besonders getrennte Netzübersichtspläne für Regionalverkehr, S-Bahn, U-Bahn und Tram zu nennen, obwohl oft die Struktur der Netze und die unterschiedlichen Haltestellenabstände der Systeme die Gestaltung eines gemeinsamen Linienplans sehr schwierig machen, zeigen Städte wie Essen oder Stuttgart, daß es möglich ist.

Wo für jedes System getrennte Informationsmittel ohne ausreichende Verweise auf das andere System eingesetzt werden, bilden sich je nach Nutzer unterschiedliche Wertungskriterien heraus. Da auch noch nicht jeder potentielle Nutzer über die technischen Voraussetzungen verfügt, sich seine Fahrtrouten via „Fahrinfo“ am Computer oder per WAP-Handy online berechnen zu lassen, muß auch für den „nicht e-client“ die Möglichkeit der einfachen Orientierung geboten werden. Das gesamte ÖPNV-System muß daher neben einem leicht verständlichen Informationssystem über Marketing und ein freundliches und einheitliches Erscheinungsbild für den Kunden attraktiv sein.

Eine Verknüpfung zumindest aller vorhandenen SPNV-Systeme in der Kundeninformation würde einen ersten Schritt auf dem Wege zu einem im Erscheinungsbild für den Kunden homogeneren SPNV-System bedeuten.

5.1.1 Vor- und Nachteile von Systemverknüpfungen für den Kunden

Für den Kunden ergäben sich durch einen nahtlosen Systemübergang Reisezeitverkürzungen und ein attraktiveres Angebot:

- Wegfall von Umsteigezwängen durch den Übergang des Fahrzeugs über Systemgrenzen (längere Linien mit mehr systemübergreifenden Direktverbindungen möglich)
- Wegfall von Wartezeitverlusten durch Umsteigen
- Reduktion von Zugangs- und Umsteigewegen
- Besserer Übergang zwischen mehreren Linien verschiedener Systeme bei kurzen Abschnitten mit Parallelverkehr *(Systemüberlappung)* (z.B. Umsteigen zwischen Tram und U-Bahn an der selben Bahnsteigkante)
- Übersichtlichere Netzstruktur durch weniger Linien

Mögliche Nachteile für den Kunden sind abhängig von der Art der Systemverknüpfung:

- Die Verknüpfung eines vom übrigen Verkehr getrennten Systems mit einem straßenabhängigen System kann zu Behinderungen des Gesamtsystems führen. Als Folge wäre die Pünktlichkeit und das System der Anschlußsicherung an Umsteigeknoten gefährdet.
- Abhängig von der technischen Lösung (Hochflurigkeit / Niederflurigkeit) können Nachteile für Mobilitätsbehinderte auftreten, die es nach Möglichkeit zu vermeiden gilt.
- Bei Fahrzeugen auf Stadtbahnbasis ist die Fahrradmitnahme problematisch.

5.1.2 Vor- und Nachteile für den Betrieb und Systembetreiber bzw. den Aufgabenträger

Vorteile einer Systemverknüpfung:

- Fahrgastzuwachs und erhöhte Fahrgeldeinnahmen durch Attraktivitätssteigerung
- Vermeidung von Parallelbauten durch gemeinsame Nutzung vorhandener Infrastruktur
- Größere Flexibilität durch verschiedene Ausbaustandards angepasst an örtliche Situationen und Verkehrsaufkommen
- Geringere Baukosten durch Anwendung des Stadtbahnstandards
- Die Vereinfachung der Fahrzeugunterhaltung bei Einsatz eines gemeinsamen Fahrzeugtyps für mehrere Systeme (Systemangleichung, Kostensenkung im Werkstattbereich)
- Bei einem gemeinsamen Fahrzeugtyp auf Modulbasis besteht die Möglichkeit der Beschaffung von Fahrzeugen für den systemübergreifenden Betrieb mit entsprechender erweiterter Ausrüstung und von Fahrzeugen für den systemreinen Betrieb mit reduzierter Ausrüstung (und somit geringeren Anschaffungskosten), die untereinander kuppelbar und somit im Zugverband einsetzbar sind (Flügelung an Unterwegshalten mit Systemübergang bzw. Zugtrennung an Endpunkten eines Systems)
- Daraus resultierend die Vereinheitlichung der Anlagen und universelle Nutzbarkeit der Betriebshöfe für die Fahrzeuge mehrerer Systeme
- Größere Flexibilität in der Standortwahl für Erweiterungen und Neubauten von Betriebsanlagen
- Ein gemeinsames Betriebsleitsystem mit der Möglichkeit, im Störfall schneller und flexibler zu reagieren (z.B. systemübergreifende Umleitungen bei Streckensperrungen oder Havarien möglich)

Betrieblich und wirtschaftlich von Nachteil oder zumindest problematisch wären bei einer Systemverknüpfung folgende Punkte:

- Längere Linien sind für betriebliche Störungen anfälliger; besonders Störungen des Fahrplans der Straßenbahn hätten Auswirkungen bis ins U- oder S-Bahnnetz (Folgeverspätungen)
- Die Problematik Hochflur/Niederflur-Fahrzeuge kann Fahrgastwechselzeiten und somit Fahrtzeit und Umlaufzeit verlängern (evtl. mehr Fahrzeuge und Personal einzusetzen)
- Ein gemeinsames Fahrzeug muß in verschiedenen Zugsicherungssystemen sowie Fahrstromsystemen einsetzbar und entsprechend den technischen Anforderungen der Einzelsysteme kompatibel sein, hierdurch bedingt höhere Fahrzeugkosten, evtl. höheres Fahrzeuggewicht und Mehrbedarf an Traktionsenergie
- Problematik der unterschiedlichen Gefäßgrößen bzw. Systemleistungsfähigkeit; die gemeinsame Betriebsführung darf nicht zu Einbußen der Leistungsfähigkeit eines jetzt schon stark belasteten Systems führen (Vergleich der Leistungsfähigkeit der Einzelsysteme), in der Folge wäre Mischbetrieb auf hochbelasteten Strecken nur außerhalb der HVZ möglich
- Notwendige Umbauten der Infrastruktur sollten unter Betrieb realisierbar sein
- Umbauten müssen in einem wirtschaftlich zu rechtfertigenden Kostenrahmen stattfinden können.

5.2 Ansätze zur Systemverknüpfung

5.2.1 Vereinfachtes Umsteigen

Die einfachste Form für Systemverknüpfungen ist es, vorhandene Umsteigepunkte im Netz zu optimieren. Vielerorts werden im Zuge von ohnehin erforderlichen baulichen Erneuerungen der alten Anlagen gemeinsame Bahnsteige für verschiedene Verkehrssysteme errichtet; insbesondere kombinierte Bus / Straßenbahn Haltestellen (z.B. Potsdam – Glienicker Brücke) und Bus / S-Bahnsteige (z.B. Planung neuer ZOB am S-Bahnhof Bergisch Gladbach) sind immer öfter anzutreffen. Es handelt sich dabei nicht um echte Systemverknüpfungen, da kein Mischbetrieb stattfindet und keine gemeinsame Trassennutzung mit Fahrzeugübergang von einem in das andere System stattfindet.

5.2.2 Die Entwicklung von Stadtbahnsystemen

In vielen Städten existieren heute Stadtbahnsysteme, die sich im allgemeinen aus Straßenbahnsystemen gebildet haben. Diese Stadtbahnsysteme stellen prinzipiell eine Verbindung der Systeme U-Bahn und Straßenbahn dar.

In der Regel verfügten diese Städte bereits über Straßenbahnnetze, die in den 50er Jahren zugunsten des autogerechten Stadtumbaus zurückgebaut werden sollten. Einige Städte haben auf diese Art ihr funktionierendes Straßenbahnnetz vollständig verloren, in anderen Städten wurden die Netze auf kaum nennenswerte Reste reduziert. Die Haupverkehrslast wurde meistens von Bussen übernommen. Mit dem stetig steigenden Autoverkehr erkannte man Mitte der 60er Jahre jedoch die Notwendigkeit, einen leistungsfähigen ÖPNV anzubieten. Da sich die Straße aber nicht als optimaler Verkehrsraum anbot, die zusätzlichen Verkehrsleistungen zu erbringen, mussten neue Lösungen gesucht werden. Die Einführung eines Voll-U-Bahnsystems wäre für viele Städte zu teuer geworden, so daß man sich oftmals für Ausbaumaßnahmen auf der Basis des vorhandenen Straßenbahnsystems entschied. In den Innenstädten wurden Tunnelstrecken für die Straßenbahn gebaut, die außerhalb des Zentrums an die bestehenden Straßenbahnnetze angeschlossen wurden.

Es entstand die Bezeichnung Stadtbahn. Die erste Stadtbahnstrecke entstand in Frankfurt am Main, wo am 4. Oktober 1968 der erste Teilabschnitt einer Strecke mit zwei Tunnelabschnitten zwischen der Hauptwache und der Nordweststadt eröffnet wurde [15]. Im Innenstadtbereich verkehrt eine Stadtbahn in der Regel wie eine U-Bahn im Tunnel, in den weniger dicht bebauten Randbereichen ist sie möglichst unabhängig vom Individualverkehr auf eigenem oder besonderem Bahnkörper trassiert. Ein besonderer Vorteil dieser Stadtbahnsysteme ist, daß der jeweilige Systemvorteil von U-Bahn und Straßenbahn, je nach den Anforderungen in verschiedenen Stadtbereichen gezielt eingesetzt werden können und die Systemkosten weit unter denen eines Voll-U-Bahnsystems liegen.

Die dichte Bebauung und intensive Nutzung des knappen Straßenlandes in Innenstädten führten zu Mehrfachnutzungen und zu Konflikten der Nutzer. Der Raum in den Innenstädten wird sowohl zur Erbringung von Verkehrsleistungen nachgefragt, als auch für Arbeit, Wohnen, Einkauf und Aufenthalt. Die durch zu großes Verkehrsaufkommen entstehenden Beeinträchtigungen werden aber immer weniger akzeptiert. Neigte man früher dazu, den öffentlichen Verkehr im Tunnel unter den Innenstädten hindurchzuführen – um auch den Autoverkehr nicht zu behindern – so ist ein eindeutig betrieblicher Vorteil der Tunnelstrecken, daß diese eben nicht durch den Autoverkehr beeinflusst werden können. Nachteile der unterirdischen Trassen sind sowohl hohe Investitionskosten in die bauliche Anlage des Fahrweges und der Zugangsstellen, als auch die psychologischen Effekte durch die „Verbannung“ der umweltfreundlicheren Verkehrsmittel unter die Erde.

Ein besonderer Vorteil von Stadtbahnsystemen gegenüber der U-Bahn ist auch die Möglichkeit, isolierte Teilabschnitte in Tunnellage zu eröffnen. Die Tunnelabschnitte werden problemlos in das bestehende Straßenbahn-/Stadtbahnnetz integriert und mit den gleichen Fahrzeugen befahren. Es sind keine getrennten Depot- und Werkstattanlagen erforderlich. Für den Fahrgast von Vorteil ist, daß von Anfang an kein gebrochener Verkehr mit dem damit verbundenen Umsteigezwang stattfinden muß.

In den weniger verdichteten Regionen der Stadt, d.h. in den Außenbereichen ist es kostengünstiger, statt einer Tunnelstrecke bzw. U-Bahn, Stadtbahnstrecken oberirdisch anzulegen. Bei ausreichend Raum sind im Regelfall eigene Gleiskörper für die Stadtbahn realisiert, was auch hier die Beeinträchtigungen durch andere Nutzungen der Fläche begrenzt und auf niveaugleiche Kreuzungen mit anderen Verkehrsmitteln beschränkt.

5.2.3 Technische Verbindung von ÖPNV-Systemen

Verschiedene ÖPNV-Systeme können durch eine Angleichung der Technik oder Kompatibilität der eingesetzten Technik zusammengeführt werden. Hierbei wird ein Mischsystem geschaffen, das zwei oder mehr Systeme derart verbindet, daß Fahrten systemüberlappend oder systemübergreifend stattfinden könnnen. Das kann soweit führen, daß sukzessive die verschiedenen Systemtechniken angeglichen und somit vollständig vereinheitlicht werden, oder das eine System langfristig das andere ablöst (siehe auch Stadtbahn Stuttgart).

Systemübergreifende Fahrten können zum einen durch den Einsatz von Mehrsystemfahrzeugen realisiert werden, zum anderen ist es auch denkbar, durch eine entsprechende Anpassung der Infrastruktur die Benutzung der Strecken durch verschiedene Fahrzeugarten zu ermöglichen.

Eine Möglichkeit für die räumliche Einordnung einer Systemverknüpfung ist die Verbindung bestehender Strecken an einem bestehenden Umsteigepunkt *(=> Punktverknüpfung)*. Ein Umsteigepunkt muß jedoch grundsätzlich durch seine Lage und Gestaltung hierfür geeignet sein. Durch den Bau von Verbindungsgleisen bzw. Verbindungsrampen können die dort zusammentreffenden Systeme verbunden werden und ein Fahrzeugübergang vom einen in das andere System wird ermöglicht. Dieser Ansatz bietet sich insbesondere dort an, wo bereits heute starke Umsteigeströme zwischen den sich dort treffenden Systemen existieren und die technisch-betrieblichen Systemunterschiede eine Verknüpfung nicht unmöglich machen.

Ebenso besteht die Möglichkeit, eine Verknüpfung bestehender Strecken unterschiedlicher Systeme – im Sinne eines Lückenschlusses - durch Neubaustrecken zu erreichen. Die Neubaustrecke könnte als für beide Systeme kompatibel ausgelegt werden und in diesem Bereich eine Systemüberlappung ermöglichen *(=> Systemüberlappung)* oder als Anlage eines der beiden zu verknüpfenden Systeme einen echten Systemübergang nach dem Muster der Punktverknüpfung herstellen. Das ist insbesondere dort sinnvoll, wo kurze Lücken zwischen zwei Systemen existieren, die z.Z. nur mit doppeltem Umsteigezwang überwunden werden können und durchgehende Linien neue Fahrgastpotentiale erschließen würden. Eine Refinanzierung der Maßnahmen durch zusätzliche Fahrgeldeinnahmen wäre denkbar.

Wenn sich die Lücke z.B. zwischen U-Bahn-Streckenteilen befindet und die Investitionskosten für den Lückenschluß als U-Bahn zu hoch sind, böte sich auch die Möglichkeit, den Lückenschluß zu erheblich geringeren Infrastrukturkosten als straßenbahnartiges System auszuführen – es ist jedoch mit höheren Kosten für die Umrüstung vorhandener Fahrzeuge oder die Neubeschaffung von Mehrsystemfahrzeugen zu rechnen. Als weitere Option kann über Streckenverlängerungen

vom Endpunkt als anderes System nachgedacht werden *(=> Systemmodifikation)*, besonders wenn der Weiterbau eines bestehenden Systems (U-Bahn) unwirtschaftlich wäre, hingegen ein anderes System wichtige Fahrgastpotentiale wirtschaftlicher und effektiver erschließen könnte.

5.2.4 Verbindung von Eisenbahn und Stadtbahnsystemen

Neben der Anlage von Stadtbahnsystemen wird seit einigen Jahren auch ein neuer Weg in Bezug auf Systemverknüpfungen beschritten. Die bisher getrennten Systeme Eisenbahn und Straßenbahn wurden in einigen Regionen zu einem System zusammengeführt, indem die Straßenbahn teilweise die Bahnanlagen der Eisenbahn mitbenutzt oder umgekehrt. In diesem Zusammenhang traten in der Entwicklungsphase der Konzepte anfangs große Schwierigkeiten durch die sehr unterschiedlichen Regelungen der Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung (EBO) und der Bau- und Betriebsordnung Straßenbahn (BOStrab) auf. Daß diese Probleme zufriedenstellend gelöst wurden, zeigen die realisierten Beispiele (Karlsruhe, Saarbahn, Vogtlandbahn etc.).

Vorteil dieser Art der Systemverknüpfung ist, daß ohne besonderen baulichen Aufwand der Einzugsbereich des städtischen Straßenbahnnetzes erheblich erweitert werden konnte. Spezielle Straßenbahnfahrzeuge fahren auf DB-Strecken aus den Städten heraus und können diese Strecken im nächsten Ballungsraum als „normale“ Straßenbahn wieder verlassen, um dort direkt in die Zentren des Verkehrsaufkommens geführt zu werden. Für Pendler aus diesen entfernteren Aufkommensgebieten entfällt der Umsteigezwang zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln und dadurch verkürzt sich die Reisezeit. Bisher wird dieses Modell aber hauptsächlich auf DB-Strecken eingeführt, wo bisher der Regionalverkehr nur schwach nachgefragt war oder kein Personenverkehr mehr stattfand. Das „alte“ System Eisenbahn ist hier oftmals nicht ausreichend flexibel und wirtschaftlich, so daß die entstehenden Mischsysteme, entweder auf der Basis von LNT (Leichte Nahverkehrstriebwagen) die EBO- und BOStrab-tauglich sind oder auf Basis von EBO-tauglichen Stadtbahnfahrzeugen umgesetzt werden. Die Züge werden sowohl auf DB-Strecken als auch in Stadtbahnnetzen betrieben. An den Verknüpfungsstellen gibt es entsprechend Systemübergänge.

Erste Beispiele für Mischverkehr von Stadtbahn und DB-Güterverkehr auf nichtelektrifizierten EBO-Strecken stammen aus Köln-Bonn (zwei Strecken seit 1978 und 1986), Ettlingen-Herrenalb/Ittersbach (seit 1959), Neureuth (seit 1979) und seit 1994 Kassel. Hier sind die Strecken mit einer Gleichstromfahrleitung überspannt worden.

5.3 Realisierte Projekte

5.3.1 Stadtbahn Köln-Bonn

Im Verkehrsverbund Rhein-Sieg (VRS) bildet das Stadtbahnnetz zusammen mit den S-Bahn- und Regionalstrecken der Deutschen Bahn das Rückgrat des Öffentlichen Nahverkehrs. Das Stadtbahnsystem wurde hier seit den 70er-Jahren aus den Straßenbahnnetzen der Städte Köln

und Bonn, dem Netz der Köln-Bonner Eisenbahnen (KBE) und mehreren Überland-Straßenbahnlinien, die teilweise ebenfalls als Eisenbahnbetrieb konzessioniert waren, entwickelt.
Das Kernnetz inklusive zweier Köln und Bonn verbindender Linien wird heute von einem Fahrzeugtyp befahren, der in verschiedenen Varianten in mehreren deutschen Städten eingesetzt wird. Dieser sogenannte Stadtbahnwagen B wird seit 1972 gebaut und ist der damals vorhandenen Technologie entsprechend ein hochfluriges Fahrzeug, das für einen niveaugleichen Einstieg Hochbahnsteige benötigt. Mittels ausfahrbarer Trittstufen kann der Höhenunterschied zu niedrigeren Bahnsteigen oder bei Halten im Straßenplanum überwunden werden.
In der Kölner und Bonner Innenstadt, aber auch punktuell in anderen Bereichen, verlaufen die Strecken unterirdisch. In Köln befindet sich zusätzlich ein sogenanntes Ost-West-Netz in der Umrüstung auf Niederflur-Stadtbahnwagen. Die beiden Stadtbahntypen sollen die dort noch verkehrenden Straßenbahnfahrzeuge mittelfristig ersetzen. In Bonn existieren außer den Stadtbahnlinien noch Linien, die mit neuen Niederflur-Straßenbahnen befahren werden. Einige Streckenabschnitte werden von beiden Fahrzeugtypen gemeinsam benutzt.
Nachdem die ehemaligen KBE-Strecken für den Stadtbahnbetrieb umgerüstet wurden, wird zwar heute durchgehend mit einem Stromsystem gefahren; die Strecken zwischen Köln und Bonn werden aber nach EBO betrieben. Dort gibt es auch teilweise Mischbetrieb mit durch Dieselloks gezogenen Güterzügen.

5.3.2 Stadtbahn Karlsruhe

Die Karlsruher Stadtbahn hat sich aus der herkömmlichen Straßenbahn entwickelt, die seit der Jahrhundertwende den öffentlichen Nahverkehr in Karlsruhe prägt. Alle Straßenbahn- und Stadtbahnlinien fahren durch die Kaiserstraße, eine ca. zwei Kilometer lange Fußgängerzone in Karlsruhe. Dort sind fast alle wichtigen Aktivitäten einer Großstadt gebündelt - zahlreiche Kaufhäuser, Einzelhandelsgeschäfte, Banken, Restaurants, Kinos, Behörden und Verwaltungen mit Tausenden von Berufspendlern und Besuchern. Rund 60 Prozent aller ÖPNV-Kunden (insgesamt über 130 Millionen pro Jahr) haben dort Ihr Ziel. In der Rush-hour fährt in jeder Minute pro Richtung ein Zug, teilweise in Doppeltraktion.

In den 60er Jahren beschloß der Karlsruher Gemeinderat, die Straßenbahn beizubehalten und diese Zug um Zug zu einem leistungsfähigen Stadtbahnsystem auszubauen. In der Folgezeit erhielt die Bahn in vielen Straßen einen eigenen Gleiskörper. Mittlerweile fährt sie auf über 80 Prozent ihres Streckennetzes in Karlsruhe unabhängig vom motorisierten Individualverkehr. Außerdem wurde ein "Beschleunigungsprogramm" verabschiedet, in dessen Mittelpunkt die Beeinflussung der Signalanlagen durch die Straßenbahn steht: Die Straßenbahn erhält an den meisten Kreuzungen Vorfahrt und gleicht damit den Nachteil aus, alle 400 bis 500 Meter an Haltestellen stoppen zu müssen.

Der Erfolg des Karlsruher Modells spiegelt sich in den Zahlen wieder:

Zwischen 1985 und 1997 stiegen die Fahrgastzahlen allein in der Stadt Karlsruhe von 55 auf über 100 Millionen im Jahr an. Gegenüber dem früheren Nahverkehr der Deutschen Bahn konnte die Fahrgastzahl zunächst um das Vierfache, bis heute um das Sechsfache, gesteigert werden.

Die Karlsruher Stadtbahn macht nicht an den Grenzen der Stadt halt, sie fährt weit in die Region hinaus. Bereits Ende der 50er Jahre hatte die Stadt Karlsruhe die Albtalbahn von einer privaten Eisenbahngesellschaft übernommen und mit dem Karlsruher Straßenbahnnetz verbunden. Die Albtalbahn fährt von Bad Herrenalb im nördlichen Schwarzwald über Ettlingen in das rund 30 km entfernte Zentrum von Karlsruhe. Eine Seitenstrecke fährt von Ittersbach über Waldbronn in die Fächerstadt. Später wurde die Hardtbahn, eine ehemalige Bundesbahnstrecke, für den Personenverkehr "reaktiviert" und bis Linkenheim-Hochstetten verlängert. Weitere Strecken, etwa nach Rheinstetten oder ins Forschungszentrum, folgten. Das Straßenbahnnetz wurde in den letzten Jahren beträchtlich ausgebaut: Während die Streckenlänge 1975 nur 75 km betrug, sind es heute ca. 400 km.

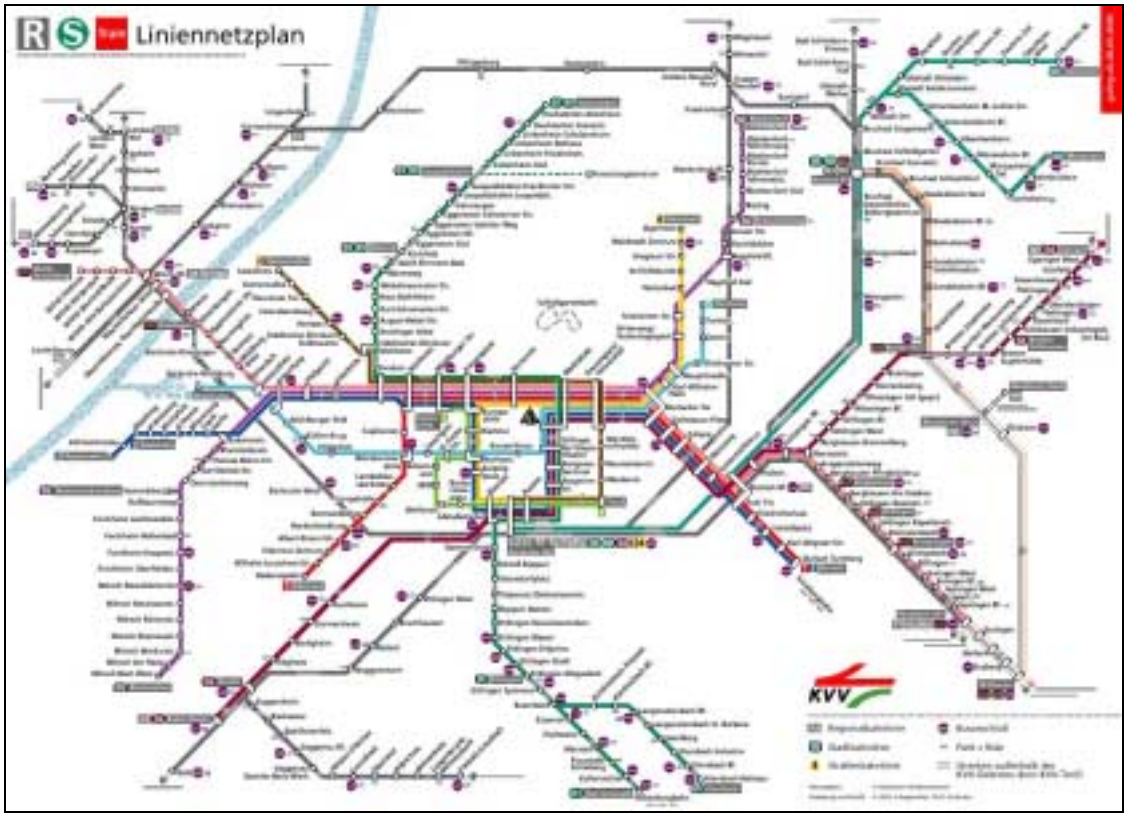


Abbildung 5-1 KVV-Netzplan [16]

Die Stadtbahn fährt im Außenbereich als Eisenbahn; sie legt dabei lange Entfernungen mit relativ hohen Geschwindigkeiten zurück. In der Stadt fährt sie nach der Betriebsordnung für Straßenbahnen (BOStrab) weiter, mit kurzen Haltestellenabständen, zum Teil auch niedrigen Geschwindigkeiten, mitten in die Fußgängerzone.

Abbildung 5-2 Stadtbahn Karlsruhe als Straßenbahn und als Eisenbahn im Hauptbahnhof [16]

Seit Ende 1992 fährt die Karlsruher Stadtbahn auch gemeinsam mit Zügen der Deutschen Bahn auf deren Gleisen. Die DB-Bahnhöfe liegen in den Randgebieten der Stadt Karlsruhe, so daß früher die Fahrgäste, die in die City wollten, in die Straßenbahn umsteigen mußten. Der Weg vom Bahnsteig zur Straßenbahn-Haltestelle war zeitaufwendig und beschwerlich. Zweisystemfahrzeuge, die sowohl unter der Fahrleitung der Straßenbahn als auch der Deutschen Bahn AG fahren können, vermeiden den Zwang zum Umsteigen. Die Straßenbahn fährt in Karlsruhe mit 750 V Gleichspannung die DB AG mit 15 kV 162/3 Hz Wechselspannung. Bei dem Zweisystemfahrzeug handelt es sich um eine Weiterentwicklung des Karlsruher GT8-80C. Alle 15 kV-Komponenten sind dabei im Mittelteil der dreiteiligen Einheit untergebracht. Auf dem Dach befinden sich der eigens konstruierte Systemschalter (Stellungen des Drei-Wege-Trenners: 15 kV, Neutral (=Aus), 750 V), ein Überspannungsableiter (für den 750 V Teil), ein Spannungswandler mit Spannungsfühlsystem und der 15 kV Leistungsschalter. Unter dem Fahrzeugboden sind der Trafo und der Gleichrichter eingebaut. Der Stromabnehmer befindet sich ebenfalls auf dem Mittelteil. Es kommt ein auch bei der DB verwendeter Typ (8 WL0 284-4Y G80 von Siemens) zum Einsatz, der für beide Netze geeignet ist. Wegen der hohen Spannung mußte die Dachbefestigung und Führung der Stromleitungen mittels entsprechender Isolatoren ausgeführt werden. Die Umrüstung führte zu einem Mehrgewicht von 5 t [9][17].

Der Einstiegsbereich ist bei den Zweisystemfahrzeugen der ersten Generation (GT8-100/2S) identisch mit den bisherigen Stadtbahnwagen der AVG (GT6/8-80C), außer daß sich bei den Zwei-Richtungs-Wagen natürlich Türen auf beiden Seiten befinden. Das Fahrzeug verkehrt aber an unterschiedlich hohen Bahnsteigen. Bei den bisherigen Maßen "Bordsteinhöhe" im Stadtbereich und 380 mm hoher Bahnsteig bei der DB sind die Verhältnisse wie oben beschrieben. Neu sind die Halte an 550 mm und in seltenen Fällen an 760 mm hohen Bahnsteigkanten. Beim 550 mm Bahnsteig liegt die unterste Stufe (nicht Schwenktrittstufe) des Fahrzeugs etwa auf Bahnsteigniveau, allerdings liegt dazwischen ein Spalt von ca. 460 mm. Dieser wird durch die Schwenktrittstufe (mit ihrer Breite von 200 mm) nur teilweise geschlossen und zudem liegt der Tritt 180 mm unter der Bahnsteigkante. Am 760 mm Bahnsteig (z.B. Karlsruhe Hbf) ist die Situation noch ungünstiger. Die Spaltbreite ist wie beim 550 mm Bahnsteig, allerdings liegt die unterste Stufe 180 mm unter Bahnsteigoberfläche. Die etwa höhengleiche zweite Trittstufe liegt aber 640 mm von der Bahnsteigkante entfernt. D.h. der Fahrgast wird im Regelfall vom Bahnsteig auf die

unterste Stufe herunter steigen, um dann zwei weitere Stufen aufwärts zu erklimmen. Der ausgefahrene Schwenktritt liegt ca. 390 mm unter der Bahnsteigoberfläche.

Eine wesentliche Verbesserung bringen hier die neuen Mittelflur-Fahrzeuge. Die Fußbodenhöhe im Einstiegsbereich der Türen konnte auf 580 mm gesenkt werden, welche über eine Steigung von 1:8,5 auf 630 mm im Wagen geht. Es entfallen also im Einstiegsbereich zwei Stufen, wobei dafür im Fahrzeug eine Stufe vom Mittelflur zum Hochflurbereich an den Enden sowie im Mittelteil (C-Wagen) von 220 mm entsteht. Der 550 mm Bahnsteig bietet nun optimalen höhengleichen Zugang zum Fahrzeug. Am bisher sehr kritischen 760 mm Bahnsteig steigt man eine Stufe nach unten, wobei aber Wagenboden und Schiebetritt ein Niveau bilden. Für die "Bordsteinbahnsteige" und die 380 mm hohen Bahnsteige werden durch den Wegfall von 2 Stufen kürzere Fahrgastwechselzeiten zu erwarten sein.

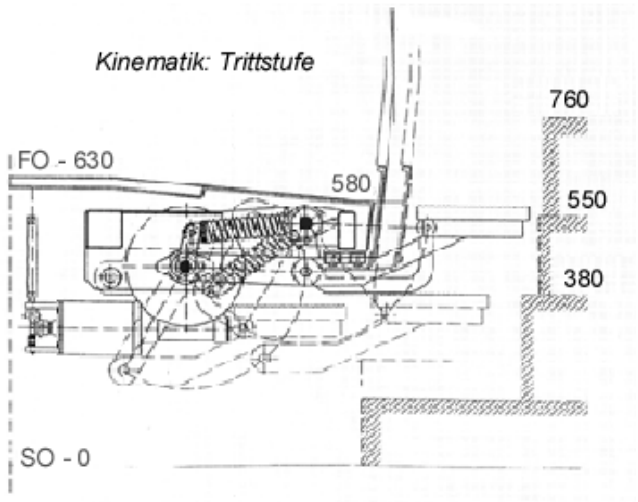


Abbildung 5-3 Kinematik Trittstufe / Bahnsteig [18]

5.3.3 Vogtlandbahn

In Zwickau wird derzeit der umgekehrte Weg zum Karlsruher Modell gegangen. Statt ein aus Straßen- oder Stadtbahnen entwickeltes Fahrzeug für EBO-Strecken zu ertüchtigen, fährt dort ein voll zugelassenes EBO-Fahrzeug als Straßenbahn ins Stadtzentrum. Beim eingesetzten RegioSprinter handelt es sich um ein dieselgetriebenes Fahrzeug, das diesen Antrieb auch im Stadtbereich verwendet.

In Zwickau liegt der Hauptbahnhof der DB AG ca. 1 km vom Stadtzentrum entfernt. Der Hbf wird zwar von einer Straßenbahnlinie angefahren, man verspricht sich allerdings durch eine umsteigefreie Verbindung eine erhöhte Attraktivität.

Abbildung 5-4 Lageplan der Strecke in Zwickau [19]

Seit Fahrplanwechsel am 30. Mai 1999 fahren die Züge der Vogtlandbahn ab Hauptbahnhof noch etwa 4 km weiter direkt bis in die Zwickauer Innenstadt. Die neue Endstation "Zwickau Zentrum" ist nur wenige Meter vom Hauptmarkt entfernt. Die Stadt Zwickau baut z. Z. eine neue Straßenbahnlinie zwischen Stadtzentrum und dem Wohngebiet Neuplanitz. Über eine reaktivierte Anschlußbahn vom Hauptbahnhof zum Ortsteil Schedewitz wurde eine Regionalbahn-Anbindung an diese Straßenbahntrasse geschaffen. Von dort bis ins Stadtzentrum wurde die Trasse als Dreischienengleis (Straßenbahn - 1000 mm, Eisenbahn – 1435 mm Spurweite) ausgelegt. Es handelt sich dabei um ein bisher einmaliges Projekt, daß eine

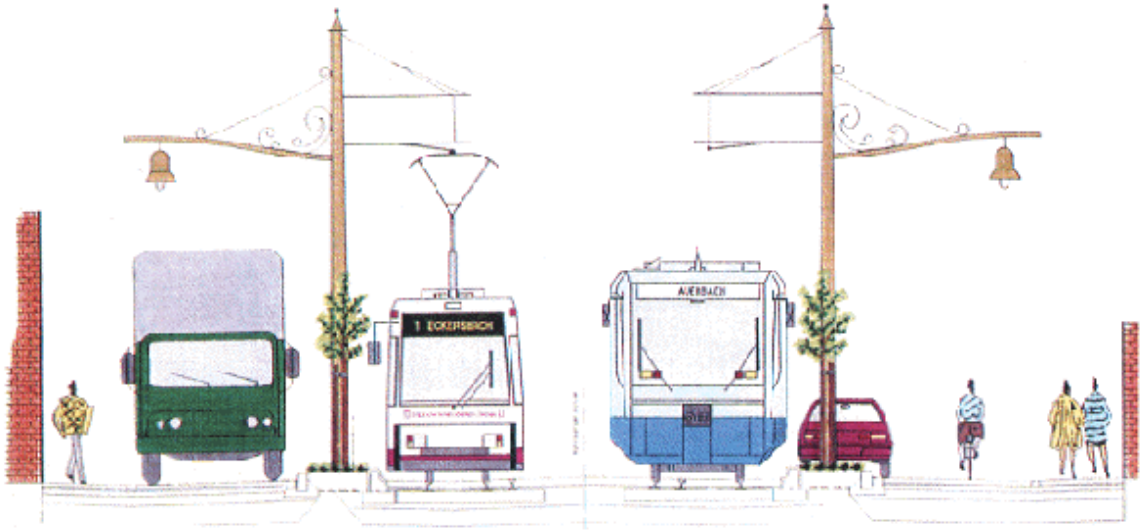


Abbildung 5-5 Querschnitt der Trasse mit Dreischienengleis [19]

Eisenbahn nicht am Bahnhof endet, sondern ihre Fahrgäste als Straßenbahn direkt bis ins Stadtzentrum bringt.

Von 18 bei der Vogtlandbahn-GmbH eingesetzten modernen Nahverkehrs-Triebwagen vom Typ RegioSprinter sind 10 Stück "straßenbahntauglich".
Sie verfügen über Zusatzausstattungen wie Blinker, Rücklichter, Transponder für Weichenverstellung und Warnglocke. Verläßt ein RegioSprinter den Zwickauer Hauptbahnhof in Richtung Zentrum, wird durch den Triebfahrzeugführer ein Umschalter betätigt, der alle erforderlichen technischen Zusatzeinrichtungen für den Straßenbahnbetrieb aktiviert: Die zulässige Höchstgeschwindigkeit wird von 120 km/h auf 80 km/h bzw. ab dem Ende der Anschlußbahnstrecke auf 40 km/h beschränkt. Eine Lichtsignalanlagen-Beeinflußung sorgt dafür, daß die RegioSprinter stets freie Fahrt in der Zwickauer Innenstadt haben. Mit der Realisierung dieses Projektes gewinnen nicht nur der öffentliche Nahverkehr, sondern auch Zwickau als Einkaufsstadt und die Tourismusregion Vogtland deutlich an Attraktivität.

Es liegt wieder ein Mischbetrieb zwischen EBO und BOStrab vor, allerdings mit anderen Vorzeichen, weil das übergehende Fahrzeug eine EBO-Erlaubnis besitzt und für BOStrab zuzulassen war. Die in Zwickau vorhandene Meterspur ist natürlich mit der Regelspur unvereinbar. Man entschied sich deswegen für die Verwendung eines Dreischienengleises. Aber auch dieses Dreischienengleis muß noch besonders ausgebildet sein: Wegen der breiten EBO-Spurkränze muß die Rillenweite der Schienen verbreitert werden. Im geschlossenen Gleisbereich finden daher bei Radien unter 500 m Phoenix 37a und bei Radien über 500 m RI 59 N Verwendung. In Bereichen, wo ausschließlich die Straßenbahn verkehrt, kommen dagegen Ri 60 Schienen zum Einsatz. Aufgrund der unterschiedlichen Radprofile (Maßsystem A gegenüber Maßsystem C) und der damit verbundenen unterschiedlichen erforderlichen Rillenweite am Radlenker bzw. Herzstück ist auch die Verwendung von "regulären" Weichen nicht möglich. Es kommen Weichensonderkonstruktionen mit beweglichen Herzstücken zum Einsatz, weshalb aufgrund der geschlossenen Fahrkanten keine Radrückenführung mehr nötig ist. Als nächstes Problem existiert das der verschiedenen Fahrzeugabmessungen. Der RegioSprinter darf mit einer Breite von 2970 mm nicht als straßenabhängige Bahn verkehren, weil dafür eine Breitenbeschränkung auf 2650 mm besteht. D.h. die RegioSprinter können nur auf besonderen Bahnkörpern verkehren, da sie dann nicht am Straßenverkehr teilnehmen. Außerdem müssen die Kreuzungen mit Straßen, Wegen, Plätzen als Bahnübergänge ausgebaut sein (Andreaskreuze, technische Sicherung), da ansonsten wieder eine Teilnahme am Straßenverkehr vorliegt.

Die zweigleisige Strecke ist mit einem Gleisachsabstand der Regelspur Gleise von 3470 mm verlegt. Die Achsen der Straßenbahngleise sind dagegen um 2175 mm nach außen, also in Fahrtrichtung gesehen nach rechts versetzt. Es ergibt sich ein Überstand des RegioSprinters gegenüber der Straßenbahn (Breite 2200 bis 2300 mm) von 117,5 mm auf der Außenseite des Bahnkörpers. Dies wird natürlich am Bahnsteig zum Problem, weil so die Bahnsteigoberfläche um etwa 70 mm überstrichen wird, zumal der RegioSprinter an Straßenbahnsteigen wegen der verschiedenen Einstiegshöhen nicht halten kann und diese ohne Halt passiert. Die Aufsichtsbehörde hat daher die Abmarkierung der Bahnsteigkanten und Fahrgastinformationen

angeordnet und diese Lösung als Kompromiß zugelassen. Die Geschwindigkeit für das Durchfahren ohne Halt am Bahnsteig ist auf 40 km/h begrenzt [1]. Die schon erwähnten unterschiedlichen Einstiegshöhen der Fahrzeuge von 530 mm und 300 mm erfordern getrennte Bahnsteige. Der RegioSprinter hat ab Zwickau Hbf Richtung Stadtzentrum nur 2 Haltestellen. Einen Halt an der "Wende Schedewitz", dem Beginn des Dreischienengleises, und die Endstation im Zentrum, die als seitlich zur weiterführenden Straßenbahnstrecke gelegenes Stumpfgleis gebaut wurde.

Der gemeinsame Streckenabschnitt ist für die höheren Achslasten des RegioSprinters von 17,2 t gegenüber 10 t ausgerichtet worden.

Die Anforderungen der BOStrab an die Bremsverzögerungen der Fahrzeuge sind wegen der möglichen Teilnahme am Straßenverkehr höher als die der EBO. Zwar erfüllt der RegioSprinter die für Gefahrbremsung vorgeschriebenen Werte, jedoch müssen die übrigen Bremsen bei Ausfall einer Bremse mindestens die Werte der Tabelle 5-2 erreichen. Dies ist beim RegioSprinter nur bis V=40 km/h der Fall, weshalb seine Höchstgeschwindigkeit im gesamten BOStrab-Bereich auf diesen Wert beschränkt werden mußte.

Die Ausrüstung für Weichensteuerung und LSA Beeinflussung der Straßenbahnen sind auch im RegioSprinter integriert, damit dieser am gewöhnlichen BOStrab Fahrbetrieb teilnehmen kann. Die Weichensteuerung erfolgt mit einer Vetag-Frequenzsteuerung, die LSA Phasen werden per Funkdatentelegramm angefordert. Hinter der Wende Schedewitz ist die Strecke bis zur Anschlußweiche des Streckengleises der DB AG eingleisig. Die Anschlußweiche befindet sich kurz vor dem Hbf Zwickau auf der Strecke Aue - Zwickau und stellt die Grenze zwischen EBO und BOStrab dar. Wegen des direkten Übergangs zum DB-Netz und der Eingleisigkeit kommt hier eine Zugsicherungsanlage zum Einsatz. Diese arbeitet im Selbststellbetrieb, wobei dieser durch Annäherungskontakte ausgelöst wird. Die Ein- und Ausfahrsignale in Schedewitz Richtung Hauptbahnhof (Beginn der Zugsicherungsanlage) sind mit Signalbildern gem. BOStrab Anlage 4 ausgeführt, obwohl es sich um eine EBO Sicherungsanlage handelt. Die Signale sind mit einer punktförmigen Zugbeinflussung versehen. [9] [28]

5.3.4 Amsterdam

In Amsterdam wurde 1990 ein Mischbetrieb eröffnet. Der Grund, warum in Amsterdam dieser Mischbetrieb eingeführt wurde, war politischer Natur. Beim Bau der ersten Metrostrecke (Central Station CS nach Süd-Osten ab 1970 bis 1982, heute Metrolinien 53 und 54) wurde durch den Abriß eines ganzen Altstadtbereichs ein solcher Widerstand in der Bevölkerung provoziert, daß man 1975 beschloß, keine weiteren der geplanten Linien zu verwirklichen. Außerdem wurden die Baukosten um mehr als das Doppelte überschritten. Der Begriff "Metro" war deshalb so negativ besetzt, daß man neue Strecken nicht mehr im Tunnel, sondern überirdisch plante und diese Systeme mit dem Namen "Sneltram" belegte. Als man sich 1985 für die Amsterdamer Sneltram-Linie 51 "Amstelveenlinie" (CS-Zuid-WTC (World Trade Center) - Middenhoven/Amstelveen) entschloß, sprachen aber neben den politischen auch finanzielle Gründe gegen eine Metro ursprünglicher Konzeption.

Als Kompromiß wurde ein System ausgewählt, das einerseits die vorhandene Metrostrecke mitbenutzt, andererseits über die neu zu bauende Ringlinie bei Zuid WTC dann auf eine Straßenbahnstrecke übergeht, die dazu für Stadtbahnbetrieb umgebaut werden soll.

Die Ringlinie (Metro 50) war schon länger geplant und wurde am 1.Juni 1997 eröffnet. Sie umfährt Amsterdam, ausgehend von der Süd-Ost Metrostrecke, im Bogen bis in den Nord-Westen, wo ein Übergang zur NS besteht (Station Sloterdijk). Die Ringlinie wurde für das Amstelveenprojekt bis zur Station Zuid WTC gebaut. Dort findet die Vereinigung mit der Straßenbahnlinie 5 – von Norden kommend – und gleichzeitig die Ausfädelung dieser beiden Linien (Tram 5 und Metro 51) aus der weiterführenden Ringlinie (Metro 50) statt.

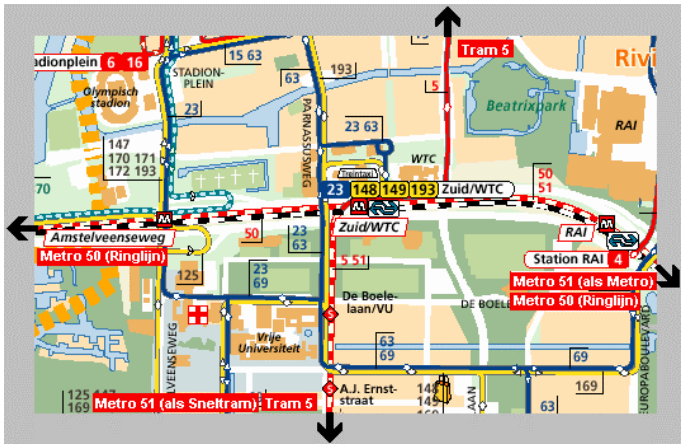


Abbildung 5-6 Lageplan Station Zuid/WTC [20]

Hier befindet sich auch die Schnittstelle (rechtlich wie technisch) zwischen Metrobetrieb nach Eisenbahnvorschriften und Straßenbahnbetrieb. Die Ringlinie wird auf einem Damm geführt, so daß die Stadt- und Straßenbahn Richtung Süden die Trasse unterqueren und so auf Geländeniveau gelangen. Von Norden kommend unterquert die Straßenbahn die Trasse erst teilweise, um dann in Mittellage aufzusteigen. Die Straßenbahnlinie 5 verläßt die Sneltramstrecke auf etwa halben Weg von WTC zur Endstation Poortwachter in Richtung Westen und endet dort in der Station Binnenhof. Südlich der Ringlinie verläuft noch unabhängig davon eine zweigleisige NS-Strecke.

Die Anpassung an beide Systeme brachte einige ungewöhnliche Lösungen mit sich. Die gebaute Metro verfügt über ein "Großprofil" mit 3005 mm Fahrzeugbreite und auch über eine Tunnelhöhe von 4100 mm (über SO), weil ein evtl. Gemeinschaftsbetrieb mit speziellen NS-Fahrzeugen vorgesehen war. Die eingesetzten Straßenbahnen sind nur 2350 mm breit. Für die Sneltram wurde daher als Kompromiß eine Breite von 2650 mm festgelegt. Durch die schmaleren Fahrzeuge entsteht nun aber eine Breitendifferenz gegenüber den Metrofahrzeugen von 177,5 mm, der mittels eins Bordes überbrückt wird. Das Bord ist 15 mm unterhalb des Fahrzeugbodens angebracht, 193 mm breit und wird auf den Metrostrecken pneumatisch hochgeklappt. Auf der Stadtbahnstrecke hängt es – bündig mit der Fahrzeugseitenwand – nach unten und ist verriegelt. Bei den Fahrzeugen der ersten Generation gingen die Borde über die gesamte Länge des Wagenkastens. Bei den neueren Fahrzeugen kommen Borde zum Einsatz, die nur noch etwas länger als der

Türbereich sind. Die Fußbodenhöhe der Metrofahrzeuge liegt bei 1100 mm, die Bahnsteighöhen bei 1000 mm. Die Straßenbahnen hingegen haben 870 mm hohe Fußböden mit einer Höhe der untersten Trittstufe von 280 mm und werden deshalb vom Straßenniveau oder, wenn örtlich möglich, von 230 mm hohen Haltestellen bestiegen. Diese Anforderungen führten zum "Profilbahnsteig". Der 30 m lange Straßenbahnsteig (Höhe 230 mm) und der 65 m lange Sneltrambahnsteig (Höhe 1040 mm) liegen hintereinander und sind durch eine Treppe und eine Rampe miteinander verbunden. Die Kante des niedrigeren Teils reicht wegen der schmaleren Straßenbahn weiter an den Bahnkörper heran und wird deshalb ca. 150 mm von den Sneltrams überstrichen. Beide Bahnsteigoberflächen sind aus diesem Grund mit einer durchgehenden Warnlinie (optisch und profiliert) im Abstand von 1650 mm zur Gleisachse versehen. Die Hochbahnsteige lassen sich kaum ins Straßenbild integrieren, wobei aufgrund der Lage des Bahnkörpers in Mittellage einer vierstreifigen Hauptsammelstraße die Lösung einigermaßen akzeptabel ist.

Abbildung 5-7 „Profilbahnsteige“ mit Tram und Sneltram [21][22]

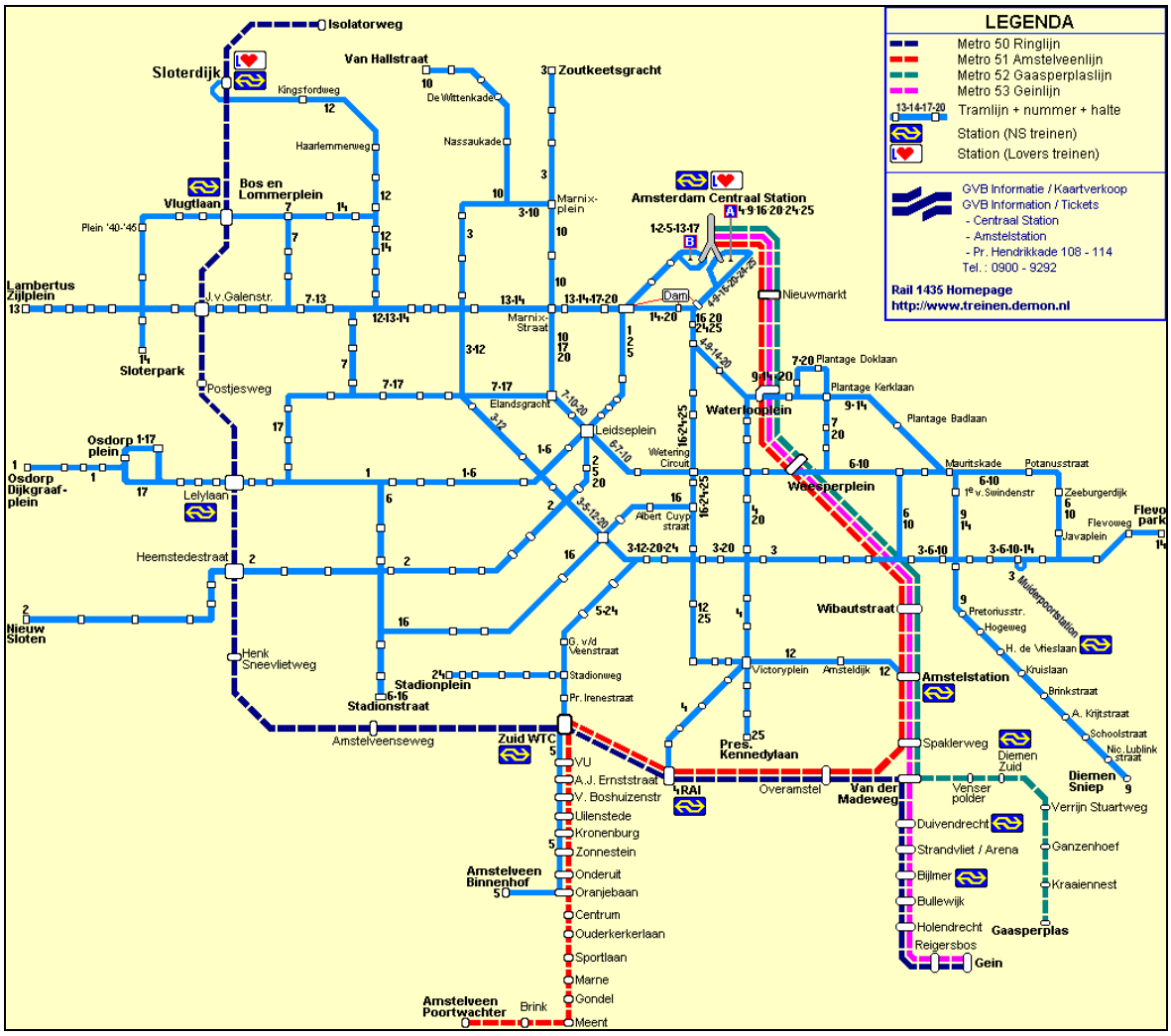


Abbildung 5-8 Tram- und Metronetz Amsterdam (alter Stand: 52 ist jetzt 53 und 53 ist jetzt 54) [23]

Der Gemeinschaftsbetrieb von Straßen- und Stadtbahn (Sneltram) auf dem Abschnitt WTC bis Binnenhof erforderte spezielle Weichenkonstruktionen. Bei Verzweigungen und Vereinigungen der beiden Fahrzeugarten kommen Weichen mit unterschiedlichen Rillenbreiten in den Herzstückbereichen zum Einsatz; die Weichen, die von beiden Fahrzeugarten in beiden Zweigen befahren werden müssen (zwei Gleiswechsel für den Fall von Betriebsstörungen etc.) sind Konstruktionen mit beweglichen Herzstücken. Grund hierfür sind die unterschiedlichen Radprofile und Radsatzquermaße. Die Radreifenbreite der Straßenbahnen wurde z.B. für diese Linie auf 95 mm erhöht, die anderen Straßenbahnen verwenden eine Breite von 87 mm. Die Radbreite der Sneltrams beträgt 135 mm.

Auf dem gleichen Teilstück wurden Schienen vom Typ S 41 verlegt; ansonsten S 49.

Die Straßenbahnen beziehen ihre Energie aus einer Oberleitung mit 600 V Gleichstrom, wohingegen die Metro 750 V Gleichstrom über eine seitliche Stromschiene erhält. Weil die Verwendung von Stromschienen im Straßenraum zu viele Sicherheitsprobleme aufwirft, kommt auf dem Abschnitt südlich von WTC (wie auch in Rotterdam) die Elektrifizierung mittels Oberleitung zum Zuge. Die Nennspannung entspricht mit 600 V den Anforderungen der Straßenbahn, womit

sich die Sneltram "begnügen" muß. Die Sneltram bekommt analog zu dem Rotterdamer System einen Dachstromabnehmer und seitliche Stromabnehmer für die Metrostrecken.

Abbildung 5-9 Sneltram mit Stromschiene und mit Oberleitung [21][22]

Für den Betrieb auf Metrostrecken, die mit einem selbsttätigen Streckenblock arbeiten, muß die Sneltram entsprechend ausgerüstet sein. Das feste Blocksystem wird durch eine automatische Zugsteuerung, die nach dem LZB Prinzip arbeitet, ergänzt. Innerhalb dieser Zugsteuerung sorgt das Geschwindigkeits- und Bremswegüberwachungssystem (SRB vom Typ Siemens ZUB-100/122) für die Einhaltung der zulässigen Werte. Neu eingeführt wurde für den Mischbetrieb ein sogenanntes Betriebs-Beherrschungs System (EBS / Expoitatie Beheers System), welches nach unserer Definition einem IBIS entspricht. Es ist zuständig für die automatische Zielfilmansteuerung, Haltestellenansagen etc. Südlich von WTC verkehren die Straßenbahn und die Sneltram auf Sicht. Allerdings erhalten sie an den Kreuzungen mit dem Individualverkehr absolute Vorrangschaltung der Lichtzeichenanlagen.

Das Umschalten von Stadtbahn- auf Metro-Stromsystem erfolgt in der Station WTC während des Fahrgastwechsels im Stand. Im Bereich der Station sind sowohl Oberleitung als auch seitliche Stromschiene montiert. Der Dachstromabnehmer wird also abgebügelt und die Seitenstromabnehmer um 300 mm ausgefahren, oder – je nach Fahrtrichtung – umgekehrt. Die seitlichen Borde werden bereits vor (erst hinter) der Station hochgeklappt (abgeklappt). Die Umschaltung ist inzwischen automatisiert, kann aber auch manuell vorgenommen werden.

Abbildung 5-10 Systemwechsel am Bahnsteig während des Fahrgastwechsels [21]

Die Zusatzausstattung der Sneltrams umfaßt weiterhin Magnetschienenbremsen und Sandstreueinrichtung sowie Bremsleuchten und Blinker.

Im täglichen Betrieb muß die Sneltram pünktlich in der Station Spaklerweg, wo die Vereinigung mit der Süd-Ost Metro geschieht, eintreffen. Es steht nur ein schmales Zeitfenster zur Verfügung, innerhalb dessen der Betrieb auf der Süd-Ost Linie nicht gestört wird. Falls die Sneltram zu spät in Spaklerweg eintrifft, hat die Metro Vorrang und die Sneltram fährt einen verkürzten Umlauf indem sie in Spaklerweg umkehrt. [9]

5.3.4.1 Praxiserfahrungen in Amsterdam

Da das Amsterdamer Modell in vielen Punkten als Vorbild für eine Systemverknüpfung in Berlin dienen könnte, galt es herauszufinden, welche Probleme im täglichen Betrieb auftretreten. Aus den Amsterdamer Erfahrungen ist abzuleiten, wie das Modell für die Anwendung auf Berlin zu modifizieren wäre bzw. welche Fehler vermieden werden müssen [24].

Für jede Linie existieren unterschiedliche Fahrzeugtypen:

- Metro 50 (Ringlijn) Fahrzeugbreite ist 2,65 m, Stromversorgung über Stromschiene, Einsatz auf neuer Ringlijn-Strecke (Bahnsteige wurden für 2,65 m breite Fahrzeuge gebaut) und im „echten“ Metro-Netz (Bahnsteige sind für 3 m breite Fahrzeuge gebaut → Klappborde)
- Metro 51 (Amstelveenlijn) Fahrzeugbreite ist 2,65 m, Stromversorgung wahlweise über Stromschiene und Fahrdraht, verkehrt auf Sneltram-Strecke („Profilbahnsteige“) und im „echten“ Metro-Netz (Bahnsteige sind für 3 m breite Fahrzeuge gebaut → Klappborde)
- Metro 53 und 54 (Gaaspersplaslijn und Geinlijn) Fahrzeugbreite ist 3 m, Stromversorgung über Stromschiene, Einsatz nur im „echten“ Metro-Netz

Die Realisierung des Mischbetriebs bringt in der Praxis diverse Probleme mit sich. In der Anfangsphase traten Probleme durch nicht eingefahrene Klappborde auf, die bei Einfahrt in Stationen für 2,65 m breite Fahrzeuge kurzerhand abrasiert wurden. Inzwischen ist der Zustand der Klappborde mit der Sicherungstechnik gekoppelt, daß solche Unfälle nicht mehr passieren. Große Probleme (Kosten) treten zudem durch höheren Verschleiß und Instandhaltungsaufwand für die Gleisanlagen auf. Die Tram verfügt über ein schmaleres zylindrisches Radprofil, ähnlich dem BOStrab-Profil-„A“, die Metro benutzt das Vollbahnprofil (Typ C, Schienenkopfneigung 1:40). Trotz der Empfehlungen, ein Mischprofil nach Karlsruher Vorbild einzuführen, wurde das Tramprofil grundsätzlich (bis auf eine Radreifenverbreiterung) beibehalten. Als Folge hiervon verschleißen die Schienenköpfe im Metronetz schneller und dadurch auch die Radprofile der echten Metro-Fahrzeuge.

Da inzwischen Kapazitätsengpässe vor allem durch die schmaleren Fahrzeuge auf der Ringlijn aufgetreten sind, wurden dort die erst 1997 in Betrieb genommenen Bahnsteigkanten für 3 m breite Fahrzeuge „abgesägt“ und Fahrzeuge der Metrolinien 53 und 54 verkehren jetzt zusätzlich auch auf der Ringlijn (die Klappborde der alten Ringlijnwagen wurden in ausgefahrenem Zustand festgeschweißt).

Daß eine solche Form der Systemverknüpfung insgesamt sehr erfolgreich sein und zu hohen Fahrgastzuwächsen führen kann, zeigt sich darin, daß für die Amstelveenlijn (Metro/Sneltram 51) inzwischen schon Kapazitätsprobleme auftreten.

5.4 Geplante Projekte

5.4.1 Nürnberg

In Nürnberg wurden verschiedene Mischbetriebsarten untersucht, wobei die als "Überlandmetro" bezeichnete Variante der oberirdischen U-Bahn Verlängerung hinsichtlich der technischen Realisierbarkeit gut abschnitt.

Analysiert wurden die Übergangsmöglichkeiten der vorhandenen Fahrzeuge auf DB-Strecken (wenig genutzte Nebenstrecken) sowie mögliche Antriebskonzepte außerhalb des Tunnels. Hinsichtlich der Spurführung sind keine Einschränkungen vorhanden, weil beide Systeme gem. Maßordnung C betrieben werden. Ein Übergang ist direkt möglich. Der seitliche Stromabnehmer des U-Bahn-Fahrzeugs überschreitet die Begrenzungslinie für Fahrzeuge gem. EBO, was entsprechend anzupassen wäre. Die Breite der Fahrzeuge von 2900 mm bleibt innerhalb der EBO-Begrenzungslinie. Die Bahnsteige im EBO-Bereich stellen allerdings ein größeres Problem dar. Die Fußbodenhöhe der U-Bahnen liegt bei 1100 mm über SO, Stufen sind nicht vorhanden. Für die Errichtung von 960 mm hohen (oder sogar höheren) Bahnsteigen müssen für die Regelzüge Umfahrungen oder Gleisverschlingungen zur Heranführung der U-Bahnen an den Bahnsteig errichtet werden. Alternativ wäre der Einsatz von ausfahrbaren oder ausklappbaren Trittbrettern für den Fahrgastwechsel denkbar.

Für die vorhandenen Fahrzeuge ist eine Stromversorgung außerhalb des Tunnels über einen zusätzlichen Dachstromabnehmer z.Z. wohl die beste, wenngleich nicht die wirtschaftlichste Lösung. Der Betrieb über Stromschiene auch im Außenbereich wirft Probleme hinsichtlich des Berührungsschutzes auf. Die Einbaumöglichkeit in die bestehenden Fahrzeuge wurde nachgewiesen. Der Stromabnehmer muß allerdings wegen der geringen Höhe im Tunnel im Dach der Fahrzeuge versenkt werden. Die in diesem Bereich verbleibende Raumhöhe beträgt aber immerhin noch 2000 mm. Die nicht elektrifizierte DB-Strecke müßte dementsprechend mit einer 750 V Gleichstrom-Oberleitung ausgerüstet werden. [9]

Teil B – BERLINER TEIL

6 Entwicklung / Bestand / Perspektiven

Aufgrund der ursprünglich voneinander unabhängigen Entwicklung der Verkehrssysteme existieren in Berlin vier verschiedene Arten von elektrisch angetriebenen (Gleichstrom) Schienenbahnen im Nahverkehr. Im Bereich der BOStrab sind das die Großprofil U-Bahn, die Kleinprofil U-Bahn und die Straßenbahn - im östlichen Außenbereich und Umland Berlins kommt noch eine schmalspurige Überland-Straßenbahn hinzu, die hier nicht weiter betrachtet werden soll – sowie im Bereich der EBO die S-Bahn. Der Regionalverkehr auf nicht elektrifizierten oder mit 15 kV 16 $^{2}/_{3}$ Hz elektrifizierten Strecken wird hier nicht behandelt. Im folgenden wird die geschichtliche Entwicklung kurz skizziert.

6.1 Die Anfänge von Straßenbahn und Hochbahn

Abbildung 6-1 Straßenbahnen am Alexanderplatz um 1900 [25]

Den Anfang straßengebundener Bahnen machte 1865 die „Berliner-Pferde-Eisenbahn-Gesellschaft“. In den folgenden Jahren entstanden zahlreiche kleine Betriebe, die in den Städten, Dörfern und Gemeinden, die 1920 zu Groß-Berlin zusammengeschlossen wurden, Pferdebahnstrecken betrieben. In Lichterfelde (damals noch vor den Toren Berlins) fuhr am 16. Mai 1881 die erste elektrische Straßenbahn der Welt. In den laufenden Jahren wurde das Netz weiter ausgebaut und alte Pferdebahnstrecken auf elektrischen Straßenbahnbetrieb umgebaut. Im Jahre 1902 war die Umstellung der Pferdebahnlinien auf elektrischen Betrieb abgeschlossen. Anfang der 20er Jahre wurden die kleinen Betriebe nach und nach von der „Großen Berliner Straßenbahn“ (später „Berliner Straßenbahn“) übernommen, die seit 1919 dem Zweckverband Groß-Berlin gehörte. Bis 1928 waren schließlich alle Straßenbahnbetriebe, die auf Berliner Gebiet existierten in der „Berliner Straßenbahn Betriebs-GmbH“ zusammengefasst, die schließlich am 1.1.1929 in die BVG aufgegangen ist. [26] [29]

Abbildung 6-2 Hochbahn an der Oberbaumbrücke [25]

Das Zeitalter der U-Bahn begann oberirdisch. Im Jahre 1902 wurde am 18. Februar die erste Hochbahnstrecke zwischen Stralauer Tor und Potsdamer Platz eröffnet (von der privaten Gesellschaft für elektrische Hoch- und Untergrundbahnen in Berlin). Die Hochbahn

wurde für notwendig erachtet, da die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Straßenbahnstrecken und der zu diesem Zeitpunkt noch dampfbetriebenen Stadt-, Ring- und Vorortbahn (später S-Bahn) die steigenden Verkehrsbedürfnisse zwischen der Berliner Innenstadt und den Zentren im Westen nicht voll befriedigen konnte. In den folgenden Jahren wurde das Hoch- und Untergrundbahnnetz weiter ausgebaut. Das Streckennetz dieser im Kleinprofil errichteten U-Bahn erreichte am 29. Juni 1930 mit Eröffnung der Strecke Nordring – Pankow (Vinetastraße) nahezu seinen heutigen Ausbaustand. [13]

6.2 Weiterentwicklung der U-Bahn

Die Stadt Berlin hatte früh schon eigene Pläne für drei Nord-Süd Schnellbahnverbindungen, plante aber nicht, das von der Hochbahngesellschaft verwendete Kleinprofil (2,30 m Wagenkastenbreite) zu verwenden. Für die neuen Strecken kam das Großprofil (2,65 m Wagenkastenbreite) zur Anwendung. Grund hierfür war die Zielsetzung, die Leistungsfähigkeit des Systems zu erhöhen. Im Jahr 1912 begannen die ersten Streckenbauarbeiten, durch 1. Weltkrieg und Inflation wurde der erste Streckenabschnitt vom Stettiner Bahnhof zum Halleschen Tor jedoch erst am 30. Januar 1923 eröffnet.

Im Jahr 1930 wurden dann schon die folgende Linien betrieben:

Im Kleinprofil:

- A I Pankow (Vinetastraße) – Ruhleben
- A II Pankow bzw. Alexanderplatz – Wittenbergplatz – Krumme Lanke
- A III Städtische Oper (Bismarckstraße) – Wilhelmplatz
- B I Warschauer Brücke – Nollendorfplatz – Hauptstraße
- B II Warschauer Brücke – Uhlandstraße

Im Großprofil:

- C I Seestraße – Grenzallee
- C II Seestraße bzw. Stettiner Bahnhof – Belle-Alliance-Straße – Tempelhof (Südring)
- D Gesundbrunnen – Leinestraße
- E Alexanderplatz – Friedrichsfelde

Der Verkehr und Betrieb der Hoch- und Untergrundbahn, der Straßenbahn und Busse wurde am 1. Januar 1929 schließlich unter dem Dach der Berliner-Verkehrs-Aktiengesellschaft (BVG) zusammengefasst, die 1938 städtischer Eigenbetrieb wurde.

Nach dem 2.Weltkrieg wurde erst ab 1953 im U-Bahnnetz weitergebaut. Die folgenden Streckenerweiterungen und Streckenneubauten betrafen vorerst nur das Großprofilnetz. Der U-Bahnausbau beschränkte sich zudem erst auf West-Berlin, und das verstärkt mit dem Ziel, die Straßenbahn zu ersetzen. Seitdem übernimmt die U-Bahn im Westteil Berlins die Hauptlast des schienengebundenen ÖPNV. In Ost-Berlin begann das Wachstum des U-Bahn-Netzes erst 1973, als die Linie E (heutige U5) nach Tierpark verlängert wurde. Nach einer längeren Pause wurde die Strecke schließlich 1988/89 bis Hönow verlängert, um die Neubaugebiete in Hellersdorf an die Innenstadt anzuschließen. Die einzige Streckenneubaumaßnahme im Kleinprofilnetz nach 1930 ist die Verlängerung der U2 von Vinetastraße nach Pankow (Eröffnung am 16. September 2000). [13] [25] [27]

6.3 Weiterentwicklung der Straßenbahn

Zwischen 1929 und 1944 wurden lediglich einige meterspurige Strecken im Südwesten Berlins auf Normalspur umgestellt, durch die Weltwirtschaftskriese sank das Verkehrsaufkommen aber so stark, daß sich die Betriebsstreckenlänge von 634 km auf 552 km verringerte (Anzahl der beförderten Personen pro Jahr von 929,1 Mio. auf 679,2 Mio.).

Nach Gründung der zwei deutschen Staaten wurde die BVG in zwei Gesellschaften gespalten, die BVG (West) stellte 1950 ihre Umlandverbindungen ein. 1953 wurde der Verkehr über die Sektorengrenzen eingestellt und von 1954 bis 1967 wurde die Straßenbahn aus dem Stadtbild West-Berlins getilgt. Selbst in Ost-Berlin wollte man das Prinzip der autogerechten Stadt umsetzen und zog ab 1951 die Straßenbahn aus der Innenstadt zurück. Ab 1975 wurde jedoch – um die neu entstehenden Wohngebiete in Marzahn, Hohenschönhausen und Hellersdorf anzubinden – das Straßenbahnnetz mit beinahe Stadtbahnstandard in Richtung Osten erweitert.

Nach der Deutschen Vereinigung wurden 1992 die beiden Gesellschaften (BVG West und BVB Ost) wiedervereinigt und seit 1. Januar 1994 ist die BVG eine Anstalt öffentlichen Rechts. Seitdem ist eine Zielstellung, die Straßenbahn wieder zurück in den Westteil Berlins zu bringen – 1995 wurde das erste Teilstück nach Wedding eröffnet, seitdem soll das Netz weiter ausgebaut werden. [27] [29]

6.4 S-Bahn

Das System der Berliner S-Bahn entstand auf den Gleisen der Stadt-, Ring- und Vorortbahnen der Deutschen Reichsbahn Gesellschaft. Ursprünglich noch mit Dampf betrieben, erfolgte zwischen 1924 und 1929 die Elektrifizierung mit 800 V Gleichspannung aus einer seitlichen Stromschiene. Die S-Bahn befährt im gesamten Stadtgebiet Berlins eigene Gleise und wird unabhängig vom Fernverkehr und Güterverkehr betrieben. Betreiber der S-Bahn ist derzeit die S-Bahn-Berlin GmbH, eine 100%ige Tochter der Deutschen Bahn AG.

Durch Teilung, kalten Krieg und als Reaktion auf den Reichsbahnerstreik 1980 wurden große Lücken ins S-Bahnnetz gerissen. Ziel ist derzeit, fast alle 1961 betriebenen Strecken wieder aufzubauen. Bisher fehlen innerstädtisch noch die Strecke von Westhafen nach Schönhauser Allee (Nordring) mit dem Nordkreuz und die „Siemensbahn“ von Jungfernheide nach Gartenfeld sowie einige Umlandverbindungen u.a. von Spandau nach Falkensee.

Die S-Bahn trägt traditionell die Hauptlast der Ost-West-Verkehre, zum einen über die Stadtbahn, im Zentrum zwischen Westkreuz, Charlottenburg, Tiergarten, Mitte, Friedrichshain und Ostkreuz und über deren Radialen von Spandau und Potsdam im Westen bzw. Wartenberg, Ahrensfelde, Strausberg, Erkner, Königs Wusterhausen und Schönefeld im Osten, als auch über den Südring im Bereich der Achse Westkreuz – Wilmersdorf – Schöneberg – Tempelhof - Neukölln Richtung Schönefeld, Königs Wusterhausen und Spindlersfeld. Nach Abschluß des Wiederaufbaus wird der Nordring eine weitere wichtige Ost-West-Verbindung in der Achse Westkreuz – Charlottenburg Nord – Wedding - Prenzlauer Berg – Ostkreuz bilden. Die Ringbahn dient also aufgrund der dezentralen Struktur Berlins sowohl den Ost-West-Verkehren als auch tangentialen Verkehren.

Desweiteren übernimmt die S-Bahn die Nord-Süd-Verkehre (nach Fertigstellung Nordkreuz) von Hennigsdorf, Oranienburg und Bernau im Norden über Wedding, Mitte und Schöneberg (Nordsüdtunnel) nach Wannsee/Potsdam, Lichterfelde/Teltow und Blankenfelde im Süden.

Ein Sonderfall im Berliner S-Bahnnetz ist die Strecke zwischen Hohen Neuendorf und Karower Kreuz, wo während der deutschen Teilung die S-Bahn von Oranienburg über den Güteraußenring (später erst mit eigenen Gleisen) mit dem Zentrum von Ostberlin verbunden wurde. Die verkehrliche Bedeutung dieser Strecke ist inzwischen nicht mehr allzu groß, die Zugangsstellen liegen nicht an besonders nennenswerten Aufkommensschwerpunkten, zudem existiert auf dieser Relation ein Parallelverkehr mit der Regionalbahn (die im Falle der Einstellung des S-Bahnverkehrs auch dessen Zugangsstellen bedienen könnte). Während der deutschen Teilung haben sich die Siedlungsschwerpunkte im Ostteil der Stadt derart verlagert (Hohenschönhausen, Marzahn, Hellersdorf), daß über eine „Osttangente“ nachgedacht wurde, die überwiegend in der Lage des Außenrings realisiert werden sollte. Den nördlichsten Teil dieser Osttangente stellt die vorgenannte Strecke dar, in deren Verlauf noch umfangreiche Baulandreserven existieren. Zwischen Karower Kreuz und Wartenberg existiert derzeit keine S-Bahnstrecke, so daß die „Osttangente“ hier über eine Lücke verfügt. Die Strecke zwischen Wartenberg und Springpfuhl ist in Richtung Innenstadt ausgerichtet.

6.5 Technische Spezifikationen der Systeme

Die getrennte Entwicklung der Systeme hat dazu geführt, daß jedes der in Berlin vorhandenen Systeme neben den rechtlichen Unterschieden über verschiedene technische Spezifikationen verfügt. In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Parameter zusammengestellt.

System / Parameter	S-Bahn	U-Bahn (Großprofil)	U-Bahn (Kleinprofil)	Straßenbahn
Spurweite	1435 mm	1435 mm	1435 mm	1435 mm
Wagenkastenbreite	3120 mm (über Schutzborde)	2650 mm	A3L: 2300 mm G I/I: 2.260 mm	GT6N: 2300 mm Tatras: 2.180 mm
Fahrzeughöhe über SO	3600 mm	3425 mm	A3L: 3180 mm G I/I: 3.190 mm	GT6N: 3400 mm Tatras: 3.470 mm
Tunnelhöhe über SO	3830 mm	3675 mm	3400 mm	kein Tunnel vorhanden
Fußbodenoberkante über SO	1050 mm	H: 950 mm DL,F: 1050 mm	HK: 875 mm A3L,G I/I: 990 mm	GT6N: 360 mm Tatras: 900 mm
Bahnsteighöhe über SO	960 mm	neu: 925 mm alt: 900 mm	neu: 850 mm alt: 800 mm	220 mm Straße: 0 mm
Abstand Bahnsteigkante von Gleisachse	1630 mm	1375 mm	1200 mm	1230 mm
Bahnsteiglänge	160 m	110 m	113 m	62 m
Zuglänge Vollzug	BR 480 und 481: 147,2 m	H: 98,74 m F: 96,3 m	HK: 103,1 m A3L und G I/I: 102,64 m	GT6N in Doppeltraktion: 56,5 m
Platzangebot Vollzug Sitzplätze +Stehplätze (4 Pers/m²) in Personen/Zug	480: 1168 481: 1176	H: 748 F: 708	HK: 700 A3L: 648	GT6N in Doppeltraktion: 320
theoretische maximale Leistungsfähigkeit bei 10 min.-Zugfolgezeit (=6 Züge/h) in Pers./h	7.056	H: 4.488 F: 4.248	HK: 4.200 A3L: 3.888	1.920
theoretische maximale Leistungsfähigkeit bei 2 min.-Zugfolgezeit (=30 Züge/h) in Pers./h	35.280	H: 22.440 F: 21.240	HK: 21.000 A3L: 19.440	9.600
Stromsversorgung	-750 V (alt: -800 V) über seitliche von unten bestrichene Stromschiene in 1565 mm von Gleismitte, 135 mm über SO (min. 131 mm / max. 179 mm)	-750 V über seitliche von unten bestrichene Stromschiene in 1280 mm von Gleismitte, 170 mm über SO	+750 V über seitliche von oben bestrichene Stromschiene in ca. 1150 mm von Gleismitte, ca. 220 mm über SO	+600 V über Fahrdraht in 5300 mm über SO (max. 5700 mm, min. 4200 mm)
Spannungsbereich (fahrzeugseitige Toleranz)	BR 480: 560 – 960 V	H und F-Wagen: 525 - 900 V	keine besonderen Angaben, i.d.R. +20%/-30%, d.h.: 525 - 900 V	GT6N: „umrüstbar auf 750V“, Tatra: 480 – 800 V
verwendete Schienenprofile	S 54, (UIC 60)	S 41	S 41	S 49, im Straßenraum: Ri 59 N
Radprofil	EBO Typ C, 1 : 40	BOStrab Typ A, zylindrisch	BOStrab Typ A, zylindrisch	BOStrab Typ B, 1 : 40
Schienenneigung	1 : 40	keine	keine	1 : 40

Tabelle 6-1 Kenndaten S-Bahn, U-Bahn, Straßenbahn Berlin [26] [27] [30] [33]...

6.6 Aktuelle Streckennetze (Linienpläne siehe Anlagen 1 und 2)

6.6.1 S-Bahn:

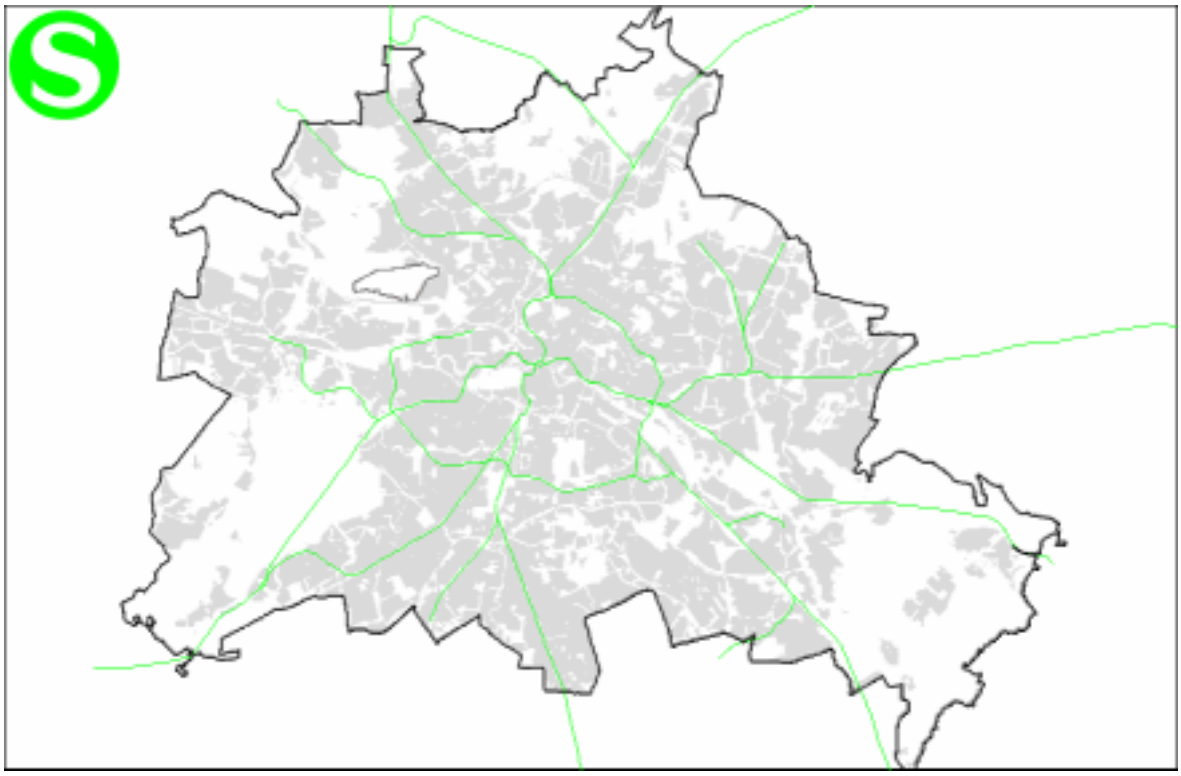


Abbildung 6-3 S-Bahnstrecken in Berlin (Stand 09/2000)

Im S-Bahnnetz verkehren derzeit 15 Linien auf einem Streckennetz von 324 km (Stand 16.9.2000):

1	Wannsee – Oranienburg
2	Blankenfelde – Waidmannslut
“ µ	Lichterfelde Süd - Hennigsdorf (b Bln)
3	Erkner – Westkreuz
4	Westhafen - Bernau (b Bln)
¢ µ	Flughafen Berlin-Schönefeld – Westend
¢ ^	Königs Wusterhausen – Westend
5	Strausberg Nord – Spandau
6	Zeuthen - Warschauer Straße
7	Ahrensfelde - Potsdam Hbf
| µ	Wartenberg – Spandau
8	Grünau – Birkenwerder
{ µ	Spindlersfeld – Blankenburg
{ ^	Spindlersfeld – Hermannstraße
9	Flughafen Berlin-Schönefeld – Westkreuz

[35]

6.6.2 U-Bahn:

Abbildung 6-4 U-Bahnstrecken in Berlin (Stand 09/2000)

Im U-Bahnnetz verkehren derzeit 9 Tages- und 2 Wochenendnachtlinien auf einer Streckenlänge von 53,4 km im Kleinprofilnetz und 100,6 km im Großprofilnetz (Stand 16.9.2000):

im Kleinprofil:

1 Warschauer Straße - Krumme Lanke (18,7 km)

" Warschauer Straße – Ruhleben (15,9 km) (verkehrt nur als Wochenendnachtlinie und bei Großveranstaltungen)

% Warschauer Straße – Uhlandstraße (8,8 km)

2 Pankow - Ruhleben (20,4 km)

4 Nollendorfplatz - Innsbrucker Platz (2,9 km)

im Großprofil:

5 Alexanderplatz - Hönow (18,4 km)

6 Alt-Tegel - Alt-Mariendorf (19,9 km)

7 Rudow - Rathaus Spandau (31,8 km)

8 Wittenau - Hermannstraße (18,0 km)

9 Osloer Straße - Rathaus Steglitz (12,5 km) (verkehrt auch als Wochenendnachtlinie)

[25] [27]

6.6.3 Straßenbahn:

Abbildung 6-5 Straßenbahnstrecken in Berlin (Stand 09/2000)

Im Straßenbahnnetz verkehren derzeit 28 Tag- und 4 Nachtlinien auf 187,7 km Streckenlänge (Stand 29.09.2000):

BVG-Linien (Tag)

1	Heinersdorf - Mitte, am Kupfergraben
2	Weißensee, Pasedagplatz – s Hackescher Markt
3	Hohenschönhausen, Zingster Straße - s Hackescher Markt
4	Falkenberg - s Hackescher Markt
5	Hohenschönhausen, Zingster Straße - s Hackescher Markt
6	Hellersdorf, Riesaer Straße - u Schwartzkopffstraße
7	Ahrensfelde - Landsberger Allee / Petersburger Straße (Virchowstraße)
8	Ahrensfelde - u Schwartzkopffstraße
13	Hohenschönhausen, Zingster Straße - u Schwartzkopffstraße
15	Falkenberg - s Hackescher Markt
17	Ahrensfelde - s + u Frankfurter Allee
18	Hellersdorf, Riesaer Straße – Weißensee, Pasedagplatz
20	Prenzlauer Berg, Eberswalder Straße - s + u Warschauer Straße
21	s + u Lichtenberg / Gudrunstraße - s Schöneweide
23	Wedding, Virchowklinikum – s Warschauer Straße
24	Wedding, Virchowklinikum – Weißensee, Hansastraße
26	Hohenschönhausen, Zingster Straße - Krankenhaus Köpenick / Südseite

27 Landsberger Allee / Petersburger Straße (Virchowstraße) – Johannisthal, Haeckelstraße
28 Falkenberg - s Schöneweide
50 Französisch Buchholz, Guyotstraße - Mitte, am Kupfergraben
52 Niederschönhausen, Schillerstraße - Prenzlauer Berg, Björnsonstraße
53 Rosenthal Nord - s Hackescher Markt
60 Wasserwerk Friedrichshagen - s Adlershof
61 s Schöneweide - Rahnsdorf / Waldschänke
62 Wendenschloß - s Mahlsdorf
63 s Köpenick - s Adlershof
67 Johannisthal, Haeckelstraße - Krankenhaus Köpenick / Südseite
68 s Köpenick - Alt-Schmöckwitz

BVG-Linien (Nacht)

20 Prenzlauer Berg, Eberswalder Straße - s + u Warschauer Straße
N 54 Falkenberg - s Hackescher Markt (gleiche Streckenführung wie Tageslinie 4)
N 55 Hohenschönhausen, Zingster Straße - Landsberger Allee / Petersburger Straße (Virchowstraße) (weitgehend gleiche Streckenführung wie Tageslinie 5, jedoch verkürzter Weg)
N 92 Ahrensfelde - s Hackescher Markt (weitgehend gleiche Linienführung wie Tageslinie 8, jedoch abweichende Linienführung ab Mollstraße Richtung Hackescher Markt)
N 93 Riesaer Straße - Landsberger Allee / Petersburger Straße (Virchowstraße) (weitgehend gleiche Streckenführung wie Tageslinie 6, jedoch verkürzter Weg)

andere Straßenbahnen:

87 s Rahnsdorf - Woltersdorfer Schleuse (Land Brandenburg)
88 s Friedrichshagen - Alt-Rüdersdorf Land Brandenburg / Schmalspur-Überland-Straßenbahn)

[10] [25]

6.7 Geplante Infrastrukturentwicklung

Da die verschiedenen Quellen den Maßnahmen teilweise unterschiedliche Bedeutung beimessen, ist jeweils die aktuellste Quelle ausschlaggebend. Im Falle der S 21 ist das z.B. eine Veröffentlichung der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung vom 13.10.2000. Sonst ist als Quelle der ebenfalls im Internet zugängliche Plan der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung [34] benutzt worden. Untermauert und überprüft wurden die Daten anhand der Pläne und Aussagen des Stadtentwicklungsplans Verkehr (STEP) von 1995 [38]. Die Inhalte des zur Zeit in Bearbeitung befindlichen STEP-V sind an dieser Stelle - nur soweit sie durch Presseveröffentlichungen [39] oder durch Informationen aus „gewöhnlich gut informierten Kreisen“ bekannt sind - eingeflossen.

6.7.1 S-Bahn

Abgesehen vom Wiederaufbau stillgelegter Strecken ist auch der Ausbau von Umlandverbindungen geplant. Hinzu kommen im Innenstadtbereich Planungen für eine zweite Nord-Süd-Verbindung („S 21“) vom Nordring über Lehrter Bahnhof, Potsdamer Platz und Gleisdreieck nach Yorckstraße.

Im einzelnen sind im S-Bahnnetz derzeit folgende Ausbaumaßnahmen geplant (Abbildung 6-6):

Kurzfristig / vordringlicher Bedarf:

- S 4 (Ringbahn): Wiederaufbau der Strecke zwischen Westhafen und Schönhauser Allee (im Bau) mit den Bahnhöfen Wedding und Gesundbrunnen – Inbetriebnahme Mitte 2002 geplant
- S 4 (Ringbahn) / S 1, S 2, S 25, S 8, S 85 (Nordsüdbahn / Stettiner Bahn / Nordbahn): Umbau Nordkreuz mit Bahnhof Bornholmer Straße (im Bau)
- S 5 (Hamburger Bahn): Wiederaufbau der Strecke von Spandau nach Falkensee mit den Bahnhöfen Nauener Straße (neu), Hackbuschstraße (neu), Albrechtshof, Seegefeld (Herlitzwerke) und Falkensee
- S 21 Nord: Neubau der Strecke von Westhafen nach Lehrter Bahnhof und Neubau der Strecke von Wedding nach Lehrter Bahnhof mit dem Bahnhof Perleberger Brücke (Inbetriebnahme 2006 geplant)
- S 25 (Anhalter Bahn): Neubau der Strecke von Lichterfelde Süd nach Teltow Stadt mit dem Bahnhof Teltow Stadt
- S 75 (Berliner Außenring): Neubau der Strecke von Wartenberg bis Sellheimbrücke mit dem Bahnhof Sellheimbrücke
- S 8 (Berliner Außenring): Neubau Bahnhof Schönerlinder Straße
- S 25 (Kremmener Bahn): Neubau Bahnhof Borsigwalde
- derzeit noch S 4 (Stettiner Bahn): Neubau Bahnhof Buch Süd

Mittelfristig / weiterer Bedarf:

- S 25 (Kremmener Bahn): Wiederaufbau der Strecke von Hennigsdorf nach Velten mit den Bahnhöfen Marwitzer Straße (neu), Hennigsdorf Nord, Hohenschöpping (stillgelegt) und Velten
- S 75 (Berliner Außenring): Neubau der Strecke von Sellheimbrücke zum Karower Kreuz mit dem Bahnhof Karower Kreuz
- S 75 (Berliner Außenring): Neubau Bahnhof Bürknersfelde
- S 21 Mitte: Neubau der Strecke vom Lehrter Bahnhof zum Potsdamer Platz mit Bahnhof Reichstag
- S 45, S 9 (Berliner Außenring / Flughafenanbindung BBI): Neubau der Strecke vom Bahnhof Schönefeld zum neu zu bauenden Flughafen BBI mit Bahnhof Flughafen BBI
- S 2 (Dresdener Bahn): Neubau Bahnhof Kamenzer Damm
- S 7 (Wriezener Bahn): Neubau Bahnhof Wuhletalstraße

Langfristig / weiterer Bedarf / Trassenfreihaltung:

- S 1 (Nordbahn): Neubau Bahnhof Schorfheidestraße
- S 8 (Berliner Außenring): Neubau Bahnhof Bucher Straße
- S 75 (Berliner Außenring): Neubau Bahnhof Parkstadt
- S 3 (Schlesische Bahn): Neubau Bahnhof Blockdammweg
- S 4 (Ringbahn): Neubau Bahnhöfe Kiefholzstraße, Komturstraße und Neues Ufer
- S 5 (Hamburger Bahn): Neubau Bahnhof Charlottenburger Chaussee
- S 2, S 25 (Nordsüdbahn): Neubau Bahnhof Dudenstraße
- S 2 (Dresdener Bahn): Neubau Bahnhöfe Mahlow Nord und Abzweig Glasower Damm
- S 21 Süd: Neubau der Strecke vom Potsdamer Platz nach Yorckstraße (Wannseebahn und Dresdener- / Anhalter Bahn) mit dem Bahnhof Gleisdreieck

- Siemensbahn: Wiederaufbau der Strecke von Jungfernheide bis Gartenfeld und Neubau bis Hakenfelde mit den Bahnhöfen Wernerwerk, Siemensstadt, Gartenfeld, Wasserstadt und Hakenfelde
- Berliner Außenring: Neubau der Strecke vom Biesdorfer Kreuz zum Grünauer Kreuz mit den Bahnhöfen Biesdorfer Kreuz, Biesdorf Süd, Biesenhorst, Wuhlheide, FEZ, Spindlersfeld, Glienicker Straße und Grünauer Kreuz
- Friedhofsbahn: Wiederaufbau der Strecke von Wannsee nach Stahnsdorf mit den Bahnhöfen Dreilinden und Stahnsdorf
- Neubau Verbindungskurven vom Bahnhof Papestraße (Südring) zum Bahnhof Kolonnenstraße (Wannseebahn)
- S 2 (Dresdener Bahn): Wiederaufbau der Strecke von Blankenfelde nach Rangsdorf mit den Bahnhöfen Dahlewitz und Rangsdorf

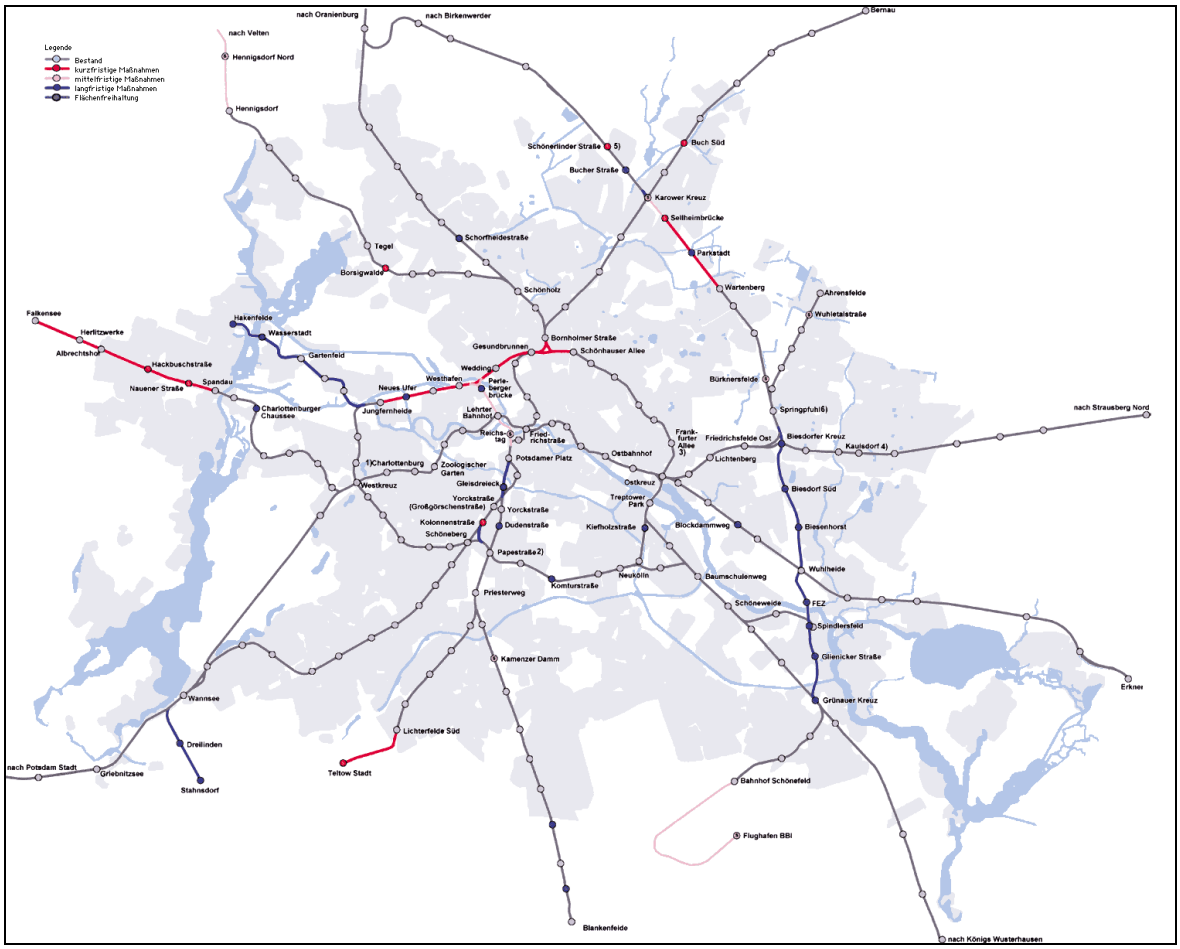


Abbildung 6-6 Zielnetz S-Bahn [66]

6.7.2 U-Bahn

Seit Eröffnung der Strecke zwischen Vinetastraße und Pankow ist lediglich die Verlängerung der Linie U5 vom Bahnhof Alexanderplatz zum Lehrter Stadtbahnhof als letzte kurzfristige Maßnahme

im Ausbauprogramm verblieben. Die zeitliche Realisierung des Projekts (bis 2006 oder 2011) ist, nachdem kürzlich Bundesmittel zurückgefordert wurden, kritisch.

Im einzelnen sind im U-Bahnnetz derzeit folgende Ausbaumaßnahmen geplant (Abbildung 6-7):

Kurzfristig / vordringlicher Bedarf:

- U 5: Strecke vom Alexanderplatz zum Lehrter Bahnhof mit den Bahnhöfen Berliner Rathaus, Spreeinsel, Unter den Linden (neuer Umsteigebahnhof zur U6), Brandenburger Tor (S-Bahnhof Unter den Linden), Reichstag und Lehrter Bahnhof

Mittelfristig / weiterer Bedarf:

- U 1: Verlegung Bahnhof Warschauer Straße über die S-Bahn
- U 5: Strecke vom Lehrter Bahnhof zum U-Bahnhof Turmstraße mit den Bahnhöfen Fritz-Schloß-Park und Turmstraße (Rohbau ist Bestand)
- U 7: Strecke von Rudow zum Bahnhof Schönefeld mit den Bahnhöfen Rudow Süd, Schönefeld Nord und Flughafen Berlin-Schönefeld

Langfristig / weiterer Bedarf:

- U 1: Strecke von Krumme Lanke nach Mexikoplatz mit dem Bahnhof Mexikoplatz
- U 2: Strecke von Pankow nach Pankow Kirche mit dem Bahnhof Pankow Kirche
- U 3: Strecke Adenauerplatz bis Uhlandstraße mit den Bahnhöfen Adenauerplatz (Rohbau ist Bestand) und Schlüterstraße, Umbau der bestehenden Strecke Uhlandstraße – Wittenbergplatz auf Großprofil und Verlängerung nach Rathaus Weißensee mit den Bahnhöfen Lützowplatz, Genthiner Straße, Potsdamer Platz (Rohbau ist Bestand), Stadtmitte, Jerusalemer Straße, Gertraudenstraße, Berliner Rathaus (U 5), Alexanderplatz (Bestand), Mollstraße, Immanuelkirchstraße, Pasteurstraße, Greifswalder Straße, Ostseestraße, Antonplatz, Buschallee, Rathaus Weißensee
- U 4: Strecke von Nollendorfplatz bis Genthiner Straße mit dem Bahnhof Genthiner Straße
- U 5: Strecke von Turmstraße bis Jungfernheide mit den Bahnhöfen Waldstraße, Wiebestraße und Jungfernheide (Bestand)
- U 9: Strecke von Rathaus Steglitz bis Lankwitz Kirche mit den Bahnhöfen Neue Filandastraße, Halskestraße, Lankwitz und Lankwitz Kirche

Trassenfreihaltung:

- U 1: Strecke von Warschauer Straße nach Rathaus Friedrichshain mit dem Bahnhof Rathaus Friedrichshain
- U 2 Strecke von Pankow Kirche nach Rosenthaler Weg mit den Bahnhöfen Ossietzkyplatz, Schillerstraße und Rosenthaler Weg
- U2: Strecke von Ruhleben nach Stadtrandstraße mit den Bahnhöfen Ruhlebener Straße, Tiefenwerderweg, Rathaus Spandau (Bestand), Flankenschanze, Zeppelinstraße, Westerwaldstraße, Falkenhagener Feld und Stadtrandstraße
- U 3: Strecke von Adenauerplatz bis Theodor-Heuss-Platz mit den Bahnhöfen Joachim-Friedrich-Straße, Westkreuz, ICC, Theodor-Heuss-Platz
- U 3: Strecke von Rathaus Weißensee bis Karow Ost mit den Bahnhöfen Malchow West, Blankenburg Ost, Parkstadt und Karow Ost

- U 3: Strecke von Rathaus Weißensee bis Falkenberg mit den Bahnhöfen Ribnitzer Straße, Zingster Straße, Hohenschönhausen und Falkenberg
- U 5: Strecke von Jungfernheide bis Rathaus Reinickendorf mit den Bahnhöfen Heckerdamm, Flughafen Tegel, Cité Pasteur Nord, Scharnweberstraße, Eichborndamm und Rathaus Reinickendorf
- U 7: Strecke von Rathaus Spandau bis Rudolf-Wissell-Siedlung mit den Bahnhöfen Seeburger Straße, Melanchtonplatz, Fahremundstraße und Rudolf-Wissell-Siedlung
- U 8: Strecke von Wittenau nach Märkisches Viertel mit den Bahnhöfen Eichhorster Weg und Märkisches Viertel
- U 11: Strecke vom Lehrter Bahnhof nach Glambecker Ring mit den Bahnhöfen Lehrter Bahnhof, Zinnowitzer Straße, Nordbahnhof, Rosenthaler Patz, Rosa-Luxemburg-Platz, Mollstraße, Platz der Vereinten Nationen, Langenbeckstraße, Landsberger Allee, F.-Jakob-Straße, Weißenseer Weg, Vulkanstraße, Genslerstraße, Ahrendsweg, Rhinstraße, Bürknersfelde, Marzahn, Marzahner Promenade, Allee der Kosmonauten, Ringenwalder Straße und Glambecker Ring

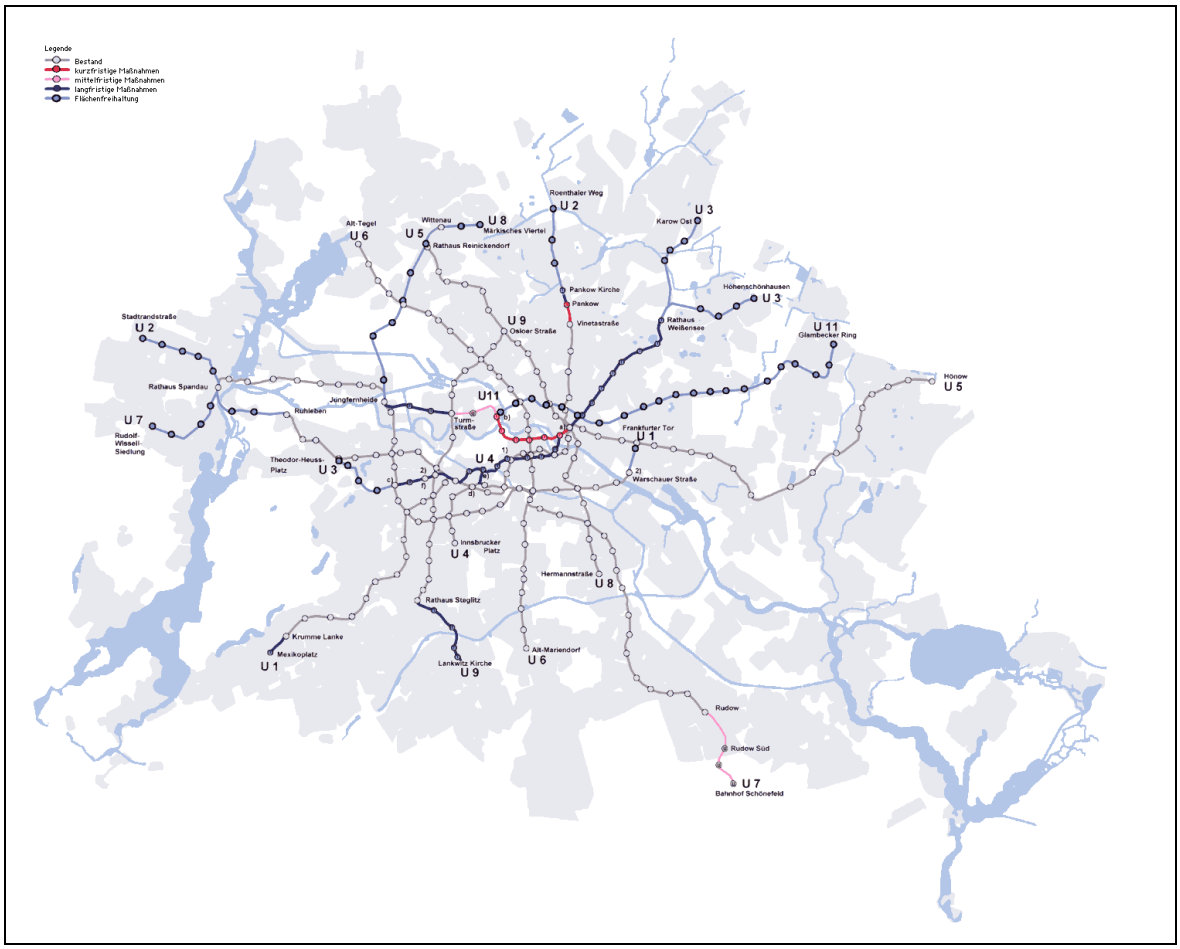


Abbildung 6-7 Zielnetz U-Bahn [65]

6.7.3 Straßenbahn

Maßgebende Quellen für die Angaben zum Straßenbahnausbau sind die BVG und Angaben der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, sowie Vorabinformationen zum Stadtentwicklungsplan Verkehr (STEP-V) aus Signal Heft 8/00 [39].

Im Netz der Berliner Straßenbahn sind derzeit folgende Erweiterungen geplant (Abbildung 6-8):

Bis 2005 (kurzfristig):

- Mitte: Neubau der Strecke von Mollstraße / Prenzlauer Allee zum S+U Bahnhof Alexanderplatz in der Karl-Liebknecht-Straße
- Treptow: Neubau der Strecke vom S-Bahnhof Adlershof durch die Wissenschaftsstadt Adlershof zum Sterndamm
- Mitte: Neubau der Strecke von der Eberswalder Straße über U-Bahnhof Bernauer Straße zum S-Bahnhof Nordbahnhof
- Köpenick: Neubau der Strecke von Pablo-Neruda-Straße zum Müggelschlößchenweg
- Wedding / Tiergarten: Neubau der Strecke vom Virchow-Klinikum nach Turmstraße Ecke Beusselstraße (bei SenStadt als Flächenfreihaltung angegeben)
- Mitte / Tiergarten: Neubau der Strecke von Invalidenstraße Ecke Chausseestraße zum Lehrter Bahnhof
- Mitte / Tiergarten: Neubau der Strecke von Spandauer Straße Ecke Karl-Liebknecht-Straße über Leipziger Straße ins Kulturforum

Bis 2010 (mittelfristig):

- Tiergarten: Neubau der Strecke vom Lehrter Bahnhof über U-Bahnhof Turmstraße nach Wiebestraße
- Friedrichshain / Lichtenberg: Neubau der Strecke vom Wühlischplatz über S-Bahnhof Ostkreuz zur Marktstraße
- Tiergarten / Schöneberg: Neubau der Strecke vom Kulturforum zum Innsbrucker Platz
- Friedrichshain / Kreuzberg / Neukölln: Neubau der Strecke vom U-Bahnhof Warschauer Straße zum U-Bahnhof Hermannplatz
- Friedrichshain: Neubau der Strecke vom Platz der Vereinten Nationen zum Ostbahnhof (bei SenStadt als kurzfristige Maßnahme angegeben) und weiter bis U-Bahnhof Spittelmarkt
- Treptow / Neukölln: Neubau der Strecke Haeckelstraße bis U-Bahnhof Zwickauer Damm
- Mitte / Tiergarten: Neubau der Strecke von Friedrichstraße über den Spreebogen zum Lehrter Bahnhof
- Mitte: Neubau der Strecke vom Bahnhof Friedrichstraße zur Leipziger Straße

Langfristig:

- Pankow / Wedding: Breite Straße – Osloer Straße

- Prenzlauer Berg: Ostseestraße von Prenzlauer Allee bis Greifswalder Straße
- Lichtenberg: Landsberger Allee von Karl-Lade-Straße bis Zechliner Straße
- Hellersdorf: S-Bahnhof Mahlsdorf – Riesaer Straße
- Hohenschönhausen / Marzahn: Falkenberg – Wuhletalstraße
- Weißensee / Pankow / Hohenschönhausen: Heinersdorf – Parkstadt, Rennbahnstraße – Rosenthaler Straße, Buchholz Kirche – Buchholz Nord, Buchholz West – Niederschönhausen

<u>Trassenfreihaltung:</u>

- Pankow / Reinickendorf: Rosenthal – Bahnhof Wittenau
- Wedding / Mitte: Osloer Straße – Schwartzkopffstraße
- Tiergarten / Charlottenburg: Wiebestraße – Jungfernheide
- Köpenick: S-Bahnhof Adlershof – S-Bahnhof Grünbergallee
- Spandau: Bahnhof Spandau - Haselhorst

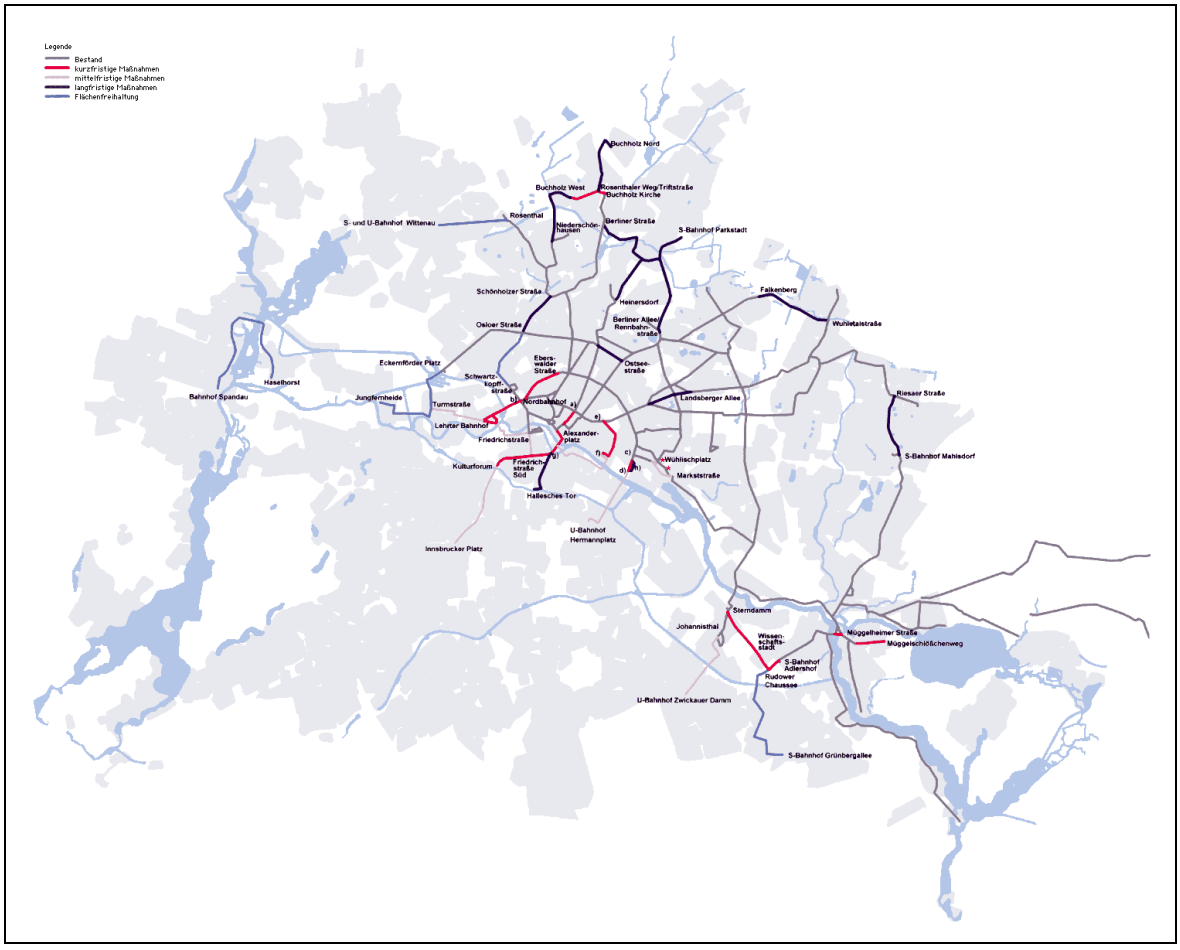


Abbildung 6-8 Zielnetz Straßenbahn [64]

Neu ist im STEP-V die Weiterführung der Nordtangente von Wittenau bis Jakob-Kaiser-Platz [39].

7 Ansätze für Systemverknüpfungen

Das derzeit betriebene Netz stellt also noch lange nicht den geplanten und für die Verkehrsbedürfnisse erforderlichen Zielzustand dar. Für jedes System existieren Ausbauplanungen mit verschiedenen Zeithorizonten. Besonders die Ausbauplanung U-Bahn kann unter Kostengesichtspunkten nur sehr langfristig realisiert werden. Um jedoch kurz- bis mittelfristig den Fahrgästen ein attraktiveres Schienennetz bieten zu können, sollte auch untersucht werden, wo durch Verknüpfung der Systeme eine Steigerung der Attraktivität erreicht werden kann. Außerdem sollte untersucht werden, ob durch Systemverknüpfungen der gleiche positive Effekt für die Fahrgäste mit deutlich geringeren Kosten zu erreichen ist, wie durch Streckenverlängerungen. Für die Art der Systemverknüpfung existieren verschiedene Ansätze, die jetzt im einzelnen vorgestellt werden.

7.1 Systemüberlappung

Dieser Ansatz kann dort Anwendung finden, wo zwei Systeme sich berühren und ihre Endhaltestellen haben ohne optimale Verknüpfung im bestehenden Umsteigepunkt. Der Ansatz für eine Systemüberlappung wurde in Gesprächen mit der BVG für die Warschauer Straße entwickelt.

In diesem Bereich sind für beide Systeme Ausbaukonzepte vorhanden [38]. In der Folge der Streckenausbauten würde ein längerer Bereich mit parallelen Strecken entstehen. Hieraus würde in dem Abschnitt der Warschauer Straße zwischen S-Bahnhof und Frankfurter Allee eine Parallelführung von U-Bahn und Straßenbahn resultieren. Während der U-Bahnbauzeit würde es in diesem Bereich massive Einschränkungen im Straßenbahnsystem geben bzw. die vollständige Betriebsunterbrechung auf diesem Abschnitt mit allen negativen Folgen bedeuten. Eine Systemüberlappung auf gleichem Fahrweg könnte jedoch die Beeinträchtigungen während einer Anpassungsphase minimieren und im Ergebnis den gleichen Effekt für das ÖPNV-Netz haben, wie der geplante U-Bahn Ausbau.

Ein weiteres Argument für die Systemüberlappung ist zudem die erheblich kostengünstigere Realisierungsmöglichkeit. Die Zugangsstellen würden als Sonderbauformen für beide Systeme ausgeführt werden. Der Vorteil wäre in diesem speziellen Beispiel die Möglichkeit eines sehr kurzfristigen Lückenschlusses im U-Bahnnetz, der Bau einer reinen U-Bahnstrecke zwischen Frankfurter Tor und Warschauer Straße ist kurz- bis mittelfristig nicht finanzierbar. Die technische Lösung für eine Systemüberlappung unterscheidet sich aber von der für ein echtes Mischsystem – insbesondere durch die notwendigen Anpassungen der Zugangsstellen und Kreuzungen mit anderen Verkehrsmitteln, wodurch die Systemüberlappung räumlich begrenzt bleiben sollte.

Um die U-Bahn auf der Straßenbahntrasse weiterführen zu können, ist es erforderlich, die Anlagen der Straßenbahn vom Straßenverkehr zu trennen, da die BOStrab für Schienenfahrzeuge im Straßenverkehr maximal eine Länge von 75m zulässt. Bei einer Trennung vom Straßenverkehr durch Einrichtung eines besonderen oder unabhängigen Bahnkörpers würde diese Einschränkung

wegfallen. Neben baulichen Maßnahmen zur Sicherung der Verkehrswege gegeneinander sind für Kreuzungen der Bahn mit Straße und Fußwegen Bahnübergänge im Sinne des §20 BOStrab bzw. §19 StVO vorgeschrieben.

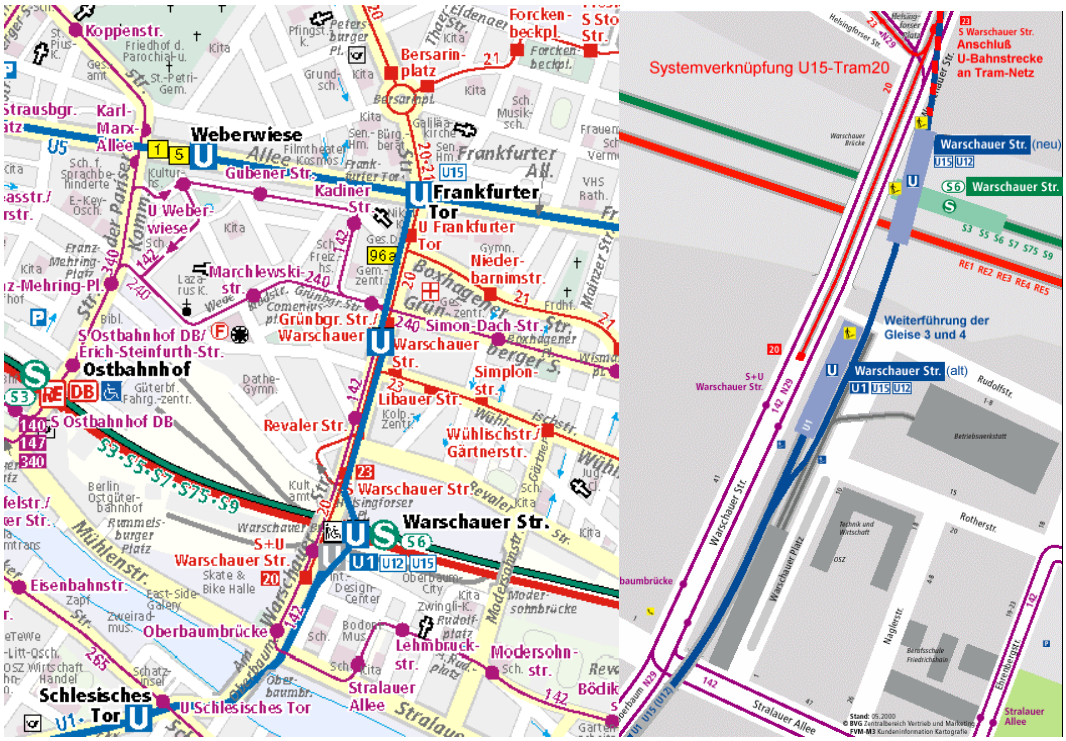


Abbildung 7-1 Beispiel für eine mögliche Systemüberlappung zwischen Warschauer Straße und Frankfurter Tor mit Verschiebung des U-Bahnhofs Warschauer Straße

7.2 Systemübergang / Mischbetrieb

Gegenüber der Systemüberlappung, die wegen der voraussichtlich höheren Anpassungskosten nur für kurze Streckenabschnitte Anwendung finden sollte, gibt es noch die Möglichkeit über gemeinsame technische Randbedingungen für zwei oder mehr Teilsysteme einen Mischbetrieb zu entwickeln. Hier können dann Fahrzeuge von einem System idealerweise freizügig oder auf bestimmte Strecken beschränkt in ein anderes System übergehen.

Um sich über die Systemgrenzen hinwegzusetzen, ist es erforderlich, Rahmenbedingungen zu definieren, die den Übergang von Fahrzeugen ermöglichen. Die rechtlichen Rahmenbedingungen werden an dieser Stelle nicht weiter vertieft, da ausreichend viele bereits realisierte Beispiele (siehe Teil A) als Grundlage dienen können. Die technischen Lösungsansätze sollen im folgenden aufgezeigt werden, um zumindest im Vorfeld zu erörtern, ob die Systemverknüpfung prinzipiell möglich und sinnvoll ist.

Die im Berliner SPNV-Netz existierenden Umsteigepunkte zwischen S-Bahn, U-Bahn und Tram werden in Anlage 10 untersucht. Dabei wird geprüft, wo eine Systemverknüpfung aus Netzsicht sinnvoll erscheint und ob eine Systemverknüpfung städtebaulich verträglich realisierbar wäre.

Im Folgenden sind alle theoretischen Möglichkeiten für zu verknüpfende Systeme aufgeführt :

1. S-Bahn - Großprofil U-Bahn
2. S-Bahn - Kleinprofil U-Bahn
3. S-Bahn - Tram
4. Großprofil U-Bahn - Kleinprofil U-Bahn
5. Großprofil U-Bahn - Tram
6. Kleinprofil U-Bahn - Tram

Die anschließenden Unterkapitel geben eine Übersicht zu den technischen Randbedingungen der jeweiligen Systemverknüpfungen und beleuchten, ob die Verknüpfung der Systeme grundsätzlich in Berlin sinnvoll bzw. realisierbar ist. Sie entstanden unter Berücksichtigung des zu erwartenden kostenseitigen und technischen Aufwands für die Verknüpfung sowie der Systemleistungsfähigkeit und der Ergebnisse der Untersuchung der Umsteigepunkte.

7.2.1 S-Bahn - Großprofil U-Bahn

Die Struktur des S-Bahnnetzes und des Großprofil-U-Bahnnetzes bieten keine verkehrlich sinnvollen Ansatzpunkte für eine Systemverknüpfung. Obwohl am Bahnhof Wuhletal S- und Großprofil-U-Bahn an einem gemeinsamen Bahnsteigen halten und die Verknüpfung realisierbar wäre (eine Übergabegleisverbindung zwischen U-Bahn und S-Bahn existiert schon), ergäben sich keine besonderen verkehrlichen Nutzeffekte. S- und U-Bahn verlaufen ab hier stadteinwärts und treffen sich erneut am Bahnhof Lichtenberg, ab hier verlaufen die Strecken großräumig parallel (in einem ca. 1 km breiten Korridor). Die Fahrtzeitunterschiede auf der Gesamtstrecke sind gering.

Strecke	5	5
1.Teilstrecke von Wuhletal nach Lichtenberg	Hin: 7 min. Rück: 8 min.	Hin: 11 min. Rück: 11 min.
2.Teilstrecke von Lichtenberg bis Alexanderplatz	Hin: 13 min. Rück: 14 min.	Hin: 12 min. Rück: 12 min.
Gesamtstrecke von Wuhletal bis Alexanderplatz	Hin: 21 min. (1 min. in Blo) Rück: 22 min.	Hin: 23 min. Rück: 23 min.

Abbildung 7-2 Fahrzeitvergleich S5 / U5 [45] [46]

Zudem sind die S-Bahnzüge zwischen Lichtenberg und Stadtzentrum vor allem in der Frühverkehrsspitze so stark gefüllt [60], daß eine Reduzierung der Kapazität durch Einsatz von angepassten U-Bahnfahrzeugen nicht zu vertreten wäre. Durch die drei existierenden Umsteigepunkte Wuhletal, Lichtenberg und Alexanderplatz ist für ausreichende Übergangsmöglichkeiten in dieser Relation gesorgt.

Aus Gründen der Vollständigkeit soll jedoch ein technischer Lösungsansatz für diese Form der Systemverknüpfung kurz aufgezeigt werden.

Der Unterschied der Wagenkastenbreiten zwischen S-Bahn und Großprofil-U-Bahn beträgt auf jeder Wagenseite 23,5 cm, die Fußbodenhöhen der DL und F-Züge sind identisch mit denen der S-Bahn, zudem existiert das gleiche Stromsystem (-750 V =), was eine Systemverknüpfung auf den ersten Blick recht einfach erscheinen lässt. Ein Mehrsystemfahrzeug muss in das kleinere Lichtraumprofil der U-Bahn passen und müsste daher deren Außenabmessungen haben.

In der folgenden Tabelle sind die Systemunterschiede aufgeführt und Anforderungen an ein Mehrsystemfahrzeug genannt:

System / Parameter	S-Bahn	U-Bahn (Großprofil)	Mehrsystemfahrzeug
Spurweite	1435 mm	1435 mm	1435 mm
Wagenkastenbreite	3120 mm	2650 mm	2650 mm mit ausfahrbarem oder ausklappbarem seitlichen Bord zur Überwindung des Spalts am S-Bahnsteig
Fahrzeughöhe über SO	3600 mm	3425 mm	3425 mm
Fußbodenoberkante über SO	1050 mm	H: 950 mm DL und F: 1050 mm	1050 mm
Fahrgastkapazität	1168 - 1412 Personen (Acht-Wagenzug mit ca. 147 m Zuglänge)	696-788 Personen (Sechs-Wagenzug mit ca. 97 m Zuglänge)	928 – 1050 Personen (Acht Wagenzug auf U-Bahnfahrzeugbasis mit ca. 130 m Zuglänge)
Stromsversorgung	-750 V (alt: -800 V) über seitliche von unten bestrichene Stromschiene in 1565 mm von Gleismitte, 135 mm über SO (min. 131 mm / max. 179 mm)	-750 V über seitliche von unten bestrichene Stromschiene in 1280 mm von Gleismitte, 170 mm über SO	- 750 V, Stromabnehmer muß auf die unterschiedlichen Abstände der Stromschiene einstellbar sein, Höhe ist im Toleranzbereich
Radprofil	EBO Typ C, 1 : 40	BOStrab Typ A, zylindrisch	BOStrab Mischprofil Typ B
Schienenneigung	1 : 40	keine	sinnvoll wäre die Änderung der Schienenneigung im U-Bahnbereich auf 1:40

Tabelle 7-1 Systemunterschiede und Ansätze für Mehrsystemfahrzeug S-Bahn / Großprofil-U-Bahn

Das Mehrsystemfahrzeug wäre in vielen Punkten vergleichbar mit dem in Amsterdam auf der Ringlijn eingesetzten Fahrzeug (siehe Kapitel 5.3.4). Es müsste zusätzlich über verstellbare Stromabnehmer verfügen. Problematisch in Bezug auf die Spurführungstechnik und Verschleiß von Rad und Schiene ist das unterschiedliche Radprofil und die unterschiedliche Schienenneigung.

Für die technische Ausrüstung eines Mehrsystemfahrzeugs sind nur relativ geringe Mehrkosten zu erwarten (Stromabnehmer, Klappborde und Kopplung dieser Komponenten mit der Sicherungstechnik). Demgegenüber sind durch den zu erwartenden deutlich höheren Verschleiß der Schienen und Radreifen aufgrund der unterschiedlichen Spurführungsparameter höhere Instandhaltungskosten für das Gesamtnetz zu erwarten (siehe Amsterdam), eine Angleichung der Spurführungsparameter (Umstellung des U-Bahnnetzes auf Schienenneigung 1:40) würde aufgrund der Netzgröße über einen längeren Zeitraum laufen, während der Umbauphase höheren Verschleiß bedeuten und relativ teuer sein (über 100 km Strecke müsste umgebaut werden, d.h. weit über 200 km Gleis einschließlich Kehranlagen und Betriebswerkstätten). Außerdem werden für S-Bahn und Großprofil-U-Bahn bereits in großem Umfang Neubaufahrzeuge beschafft. Da es zudem keine verkehrlich sinnvolle Anwendungsstrecke gäbe, die die erforderlichen Investitionen

rechtfertigen würde, sind die Realisierungschancen für diese Art der Systemverknüpfung derzeit sehr gering.

7.2.2 S-Bahn - Kleinprofil U-Bahn

Die bestehenden Netze von S-Bahn und Kleinprofil-U-Bahn bieten keine nutzbringenden Ansatzpunkte für eine Systemverknüpfung. Das Kleinprofil-U-Bahnnetz erstreckt sich in der Hauptsache im Stadtbereich innerhalb des S-Bahnrings, einzig die Streckenäste nach Krumme Lanke, Ruhleben und Pankow führen weiter. Diese Strecken dienen in erster Linie der klein- bis mittelräumigen Erschließung, wogegen die S-Bahn in größerem Abstand den Schnellverkehr übernimmt. Zudem ist die Systemleistungsfähigkeit sehr unterschiedlich, so daß aus einer Verknüpfung Nachteile für das Gesamtsystem S-Bahn entstehen könnten. Zwischen S-Bahn und Kleinprofil-U-Bahn sind in erster Linie langfristig Lückenschlüsse zwischen Krumme Lanke und Mexikoplatz geplant sowie perspektivisch zwischen Ruhleben und dem noch zu errichtenden S-Bahnhof Charlottenburger Chaussee denkbar.

Aus Gründen der Vollständigkeit soll jedoch auf die technische Machbarkeit eines Mischsystems kurz eingegangen werden.

Ein Mehrsystemfahrzeug muss in das kleinere Lichtraumprofil der U-Bahn passen und hätte daher deren Außenabmessungen. In der folgenden Tabelle sind die Systemunterschiede aufgeführt und Anforderungen an ein Mehrsystemfahrzeug genannt:

System / Parameter	S-Bahn	U-Bahn (Kleinprofil)	Mehrsystemfahrzeug
Spurweite	1435 mm	1435 mm	1435 mm
Wagenkastenbreite	3120 mm	2300 mm	ausfahrbares oder ausklappbares seitliches Bord zur Überwindung des Spalts (41 cm !)
Fahrzeughöhe über SO	3600 mm	3180 mm	3180 mm
Fußbodenoberkante über SO	1050 mm	HK: 875 mm A3L und G I/I: 990 mm	960 mm
Fahrgastkapazität	1168 - 1412 Personen (Acht-Wagenzug mit ca. 147 m Zuglänge)	616 – 700 Personen (Acht Wagenzug mit ca. 103 m Zuglänge)	770 – 875 Personen (Zehn Wagenzug auf U-Bahnfahrzeugbasis mit ca. 129 m Zuglänge)
Stromsversorgung	-750 V (alt: -800 V) über seitliche von unten bestrichene Stromschiene in 1565 mm von Gleismitte, 135 mm über SO (min. 131 mm / max. 179 mm)	+750 V über seitliche von oben bestrichene Stromschiene in ca. 1150 mm von Gleismitte, ca. 220 mm über SO	750 V, automatische Umpolung der Bordelektrik, Stromabnehmer muß höhen- und abstandsmäßig einstellbar sein
Radprofil	EBO Typ C, 1 : 40	BOStrab Typ A, zylindrisch	BOStrab Mischprofil Typ B
Schienenneigung	1 : 40	keine	sinnvoll wäre Änderung der Schienenneigung im U-Bahnbereich auf 1:40

Tabelle 7-2 Systemunterschiede und Ansätze für Mehrsystemfahrzeug S-Bahn / Kleinprofil-U-Bahn

7.2.3 S-Bahn – Tram

Die Verknüpfung von S-Bahn und Straßenbahn ist wegen der sehr unterschiedlichen Systemleistungsfähigkeit noch problematischer als eine Systemverknüpfung der S-Bahn mit der Kleinprofil-U-Bahn. Die Verknüpfung bietet sich jedoch trotz der Nachteile und Probleme dort an, wo die S-Bahn derzeit kaum ausgelastet ist, d.h. das Aufkommen in der S-Bahn auf der betroffenen Strecke ohne weiteres von einer Straßenbahn zu bewältigen wäre. Das kann der Fall sein, wo die S-Bahn nicht die Aufkommensschwerpunkte erreicht, weil sie weit vorher endet, am Potential vorbeifährt oder der Verknüpfungspunkt mit den anderen Systemen derart unattraktiv ist, daß die Fahrt mit dem Bus oder der Straßenbahn trotz Umwegfahrt und evtl. längerer Fahrzeit attraktiver ist – d.h. ohne Umsteigezwang oder mit attraktiverer Umsteigesituation am einem anderen Verknüpfungspunkt.

Eine geeignete Stelle im Netz für eine solche S-Bahn-Tram-Verknüpfung existiert am S-Bahnhof Spindlersfeld. Zwischen dem S-Bahnhof und der Straßenbahnhaltestelle liegt ein ca. 250 m langer Fußweg, obwohl der S-Bahnhof nur ca. 100 m Luftlinie von der Kreuzung Oberspreestraße / Ottomar-Geschke-Straße entfernt liegt.

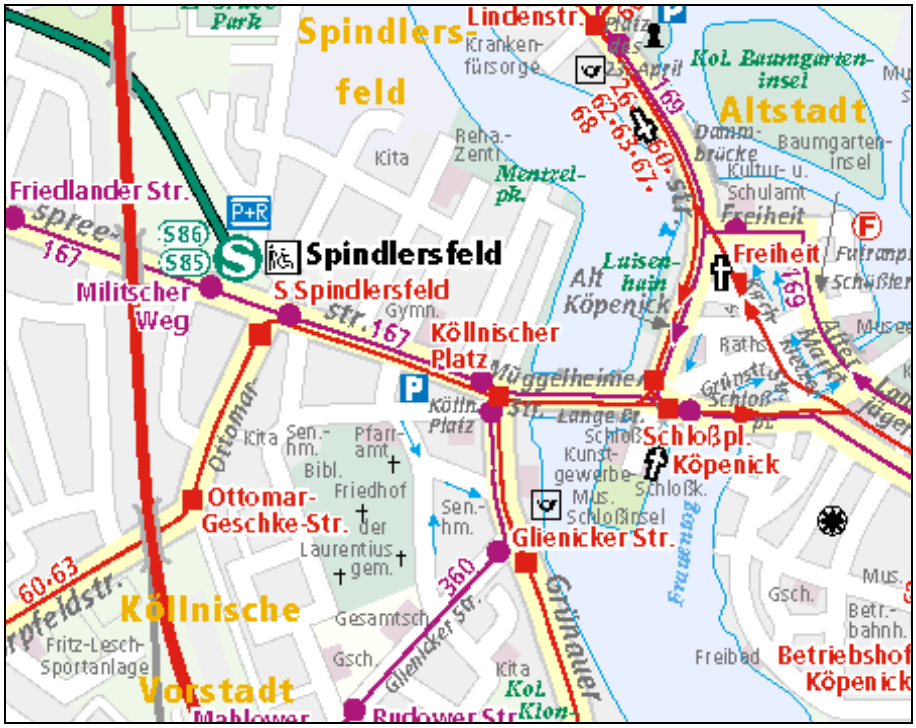


Abbildung 7-3 Übersichtskarte S-Bf Spindlersfeld / Altstadt Köpenick

Die S-Bahnstrecke ist eingleisig und wird nur im 20 Minutentakt bedient. Die Querschnittsbelastung der S-Bahn liegt deutlich niedriger als die der Tram-Strecke zwischen Adlershof und Köpenick.

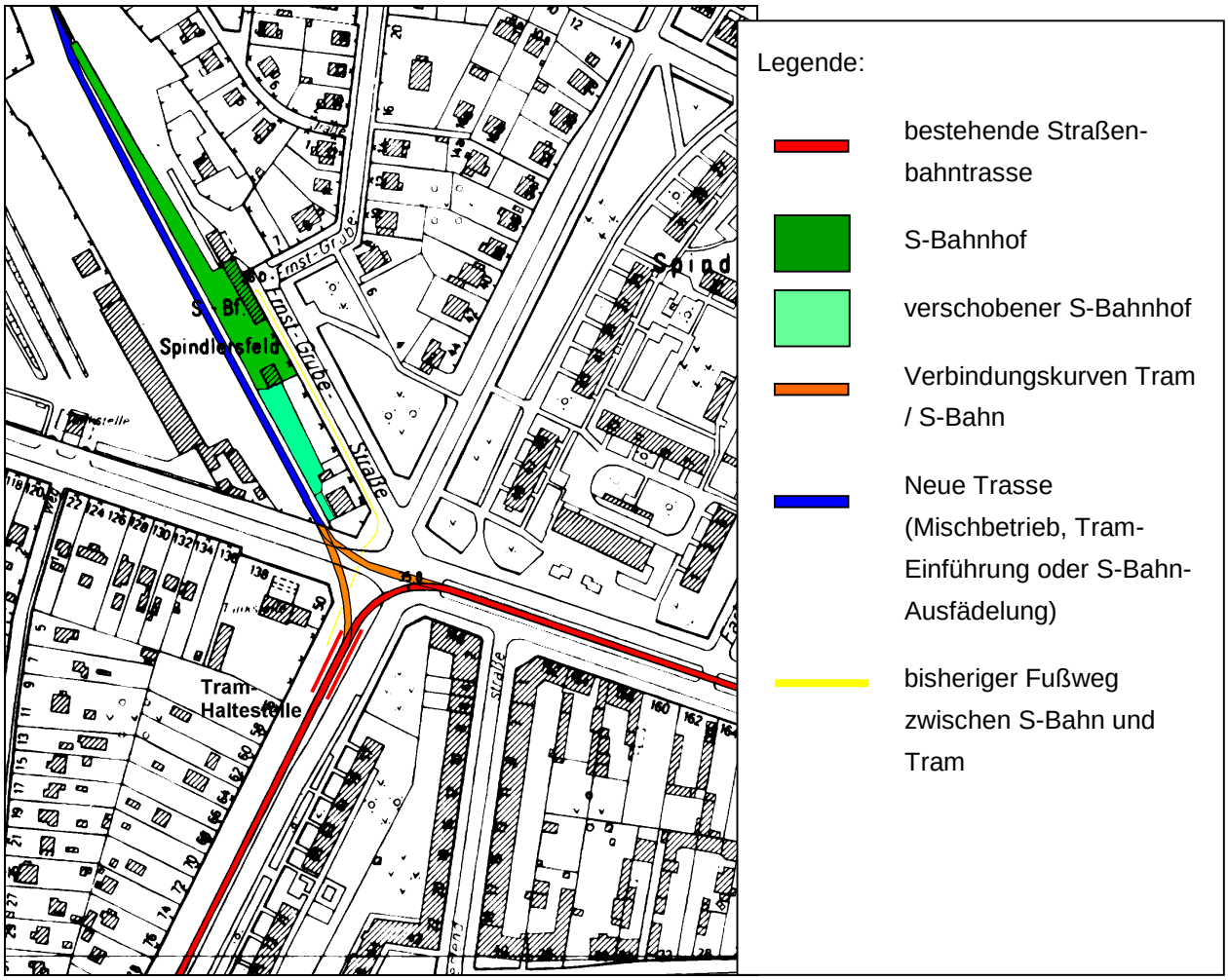


Abbildung 7-4 S-Bahnhof Spindlersfeld – Vorentwurf für eine Systemverknüpfung

Dieser Verknüpfungspunkt wurde bereits im Auftrag der BVG im Jahre 1999 untersucht [61]. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden mehrere Varianten untersucht und für das Zielnetz 2010 Umlegungsrechnungen durchgeführt:

- Bezugsvariante (Status quo)
- Variante 1: Verbesserte Umsteigequalität in Spindlersfeld durch Verlegung des S-Bahnhofs zur Straße und direkten Zugang → Steigerung der S-Bahnfahrgastzahlen (im Abschnitt Oberspree-Spindlersfeld etwa eine Verdoppelung bei 20`Takt bis Verdreifachung bei 10`Takt), Fahrgastverluste im Busnetz, Fahrgastgewinne auf der Tramstrecke Richtung Köpenick, schwacher bis mittlerer Fahrgastrückgang auf der Tram-Strecke zwischen Spindlersfeld und Adlershof
- Variante 2: Mischbetrieb S-Bahn/Straßenbahn, Straßenbahn fährt bis S-Bahnhof Schöneweide mit bahnsteiggleichem Umsteigen → geringe Steigerung der S-Bahnfahrgastzahlen, Fahrgastverluste im Busnetz, hohe Fahrgastzuwächse auf der Straßenbahn, vor allem auf der Mischbetriebsstrecke Schöneweide – Spindlersfeld (etwa Vervierfachung der

Querschnittsbelastung zwischen Spindlersfeld und Oberspree), Fahrgastrückgang auf der Tram zwischen Spindlersfeld und Adlershof

- Variante 3: reiner Straßenbahnbetrieb auf der Strecke von Spindlersfeld bis Schöneweide mit bahnsteiggleichem Umsteigen in Schöneweide → qualitativ ähnliche Ergebnisse wie Variante 2, nur daß die Verkehrsleistung zwischen Schöneweide und Spindlersfeld komplett von der Tram erbracht wird (rechnerischer Rückgang der S-Bahnfahrgastzahlen)

Im Ergebnis der Untersuchung zeigt sich, daß die Einführung des Straßenbahnbetriebes auf der Strecke Schöneweide – Spindlersfeld eine deutliche Attraktivitätssteigerung für den gesamten ÖPNV im südöstlichen Berliner Raum bedeuten kann. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, daß eine direkte Schienenverbindung Köpenick – Schöneweide zu vertretbaren Investitionskosten nur mit der Straßenbahn hergestellt werden kann. Eine Weiterführung der Straßenbahn auf S-Bahngleisen mindestens bis Hermannstraße erscheint aufgrund der Verkehrsströme sinnvoll, eine Analyse der Fahrtziele über den Querschnitt Hartriegelstraße – S-Bf Schöneweide ergab, daß ca. 30% der Fahrgäste bis mindestens S-Bf Neukölln fahren.

Die Systemverknüpfung sollte hier in einem Stufenplan umgesetzt werden.

In einem ersten Schritt zur Verbesserung der Umsteigesituation wäre es sinnvoll, den S-Bahnhof in Richtung Kreuzung zu verschieben und somit den Umsteigeweg zu reduzieren. Obwohl es im Vergleich zum Status quo keine betrieblichen Auswirkungen hätte, ist ein verkehrlicher Nutzen durch die Steigerung der Fahrgastzahlen zu erwarten.

Im zweiten Schritt könnte die Straßenbahn an einen gemeinsamen Bahnsteig in den Bereich des S-Bahnhofs eingeführt werden. Das Umsteigen am gleichen Bahnsteig würde die Situation für Umsteiger weiter verbessern. Für die Straßenbahn bzw. nicht umsteigende Fahrgäste nachteilig ist das Kopfmachen der Straßenbahnzüge im S-Bahnhof, die Fahrtzeit würde sich entsprechend verlängern und zudem müssten Zweirichtungsfahrzeuge eingesetzt werden, die derzeit nicht in ausreichender Menge zur Verfügung stehen. Daher scheint die Realisierung eines Mischbetriebs mit einer Linienführung von Köpenick bis auf den Südring als Zielzustand sinnvoller zu sein.

Zielzustand sollte eine Verknüpfung der Systeme sein, die auf verschiedene Art ausgeführt werden kann:

a) Einsatz eines Mehrsystemfahrzeugs, das aus einem Straßenbahnfahrzeug abgeleitet wird (schmaler Wagenkasten, freizügig im Tram-Netz einsetzbar, ca. 320 Personen je Fahrzeugeinheit bei ca. 50 m Fahrzeuglänge).
   Ein Problem ist die geringere Fahrgastkapazität als beiS-Bahnfahrzeugen.

b) Einsatz eines Mehrsystemfahrzeugs, das aus einem S-Bahnfahrzeug abgeleitet wird (breiter Wagenkasten).
   Als Problem bleibt jedoch bestehen, daß das Mehrsystemfahrzeug ist im bestehenden Tram-

Netz aufgrund seiner Breite nicht einsetzbar (Lichtraumprofil / max. zul. Breite nach BOStrab) ist.

System / Parameter	S-Bahn	Straßenbahn	Mehrsystemfahrzeug auf Basis Straßenbahnfahrzeug
Spurweite	1435 mm	1435 mm	1435 mm
Wagenkastenbreite	3120 mm (über Schutzborde)	2300 mm	ausfahrbares seitliches Bord zur Überwindung des Spalts am S-Bahnsteig
Fahrzeughöhe über SO	3600 mm	3400 mm	3400 mm
Fußbodenoberkante über SO	1050 mm	GT6N: 360 mm Tatras: 900 mm	• 960 mm und Klapptrittstufen oder • im Türbereich höhenverstellbarer Fußboden
Fahrgastkapazität	1168 - 1412 Personen (Acht-Wagenzug mit ca. 147 m Zuglänge)	320 Personen (GT 6N in Doppeltraktion mit ca. 57 m Zuglänge)	ca. 320 Personen je Fahrzeug mit ca. 50 m Fahrzeuglänge 960 Personen bei Dreifachtraktion mit ca. 150 m Zuglänge
Stromsversorgung	-750 V (alt: -800 V) über seitliche von unten bestrichene Stromschiene in 1565 mm von Gleismitte, 135 mm über SO (min. 131 mm / max. 179 mm)	+600 V über Fahrdraht in 5300 mm über SO (max. 5700 mm, min. 4200 mm)	750 V, automatische Umpolung der Bordelektrik, Fahrzeug muß über seitlichen Stromabnehmer und über Dachstromabnehmer verfügen
Radprofil	EBO Typ C, 1 : 40	BOStrab Typ B, 1 : 40	BOStrab Typ B, 1 : 40

Tabelle 7-3 Systemunterschiede und Ansätze für Mehrsystemfahrzeug S-Bahn / Tram

Derzeit wird Spindlersfeld von der S-Bahn nur von Halbzügen der BR 485 im 20 Minutentakt bedient, eine Verdichtung auf 10 Minuten ist mittelfristig, d.h. nach zweigleisigem Streckenausbau geplant [45] [36]. Auf dieser Grundlage ist für diese Strecke derzeit auch bei Bedienung mit straßenbahnartigen Fahrzeugen noch kein Kapazitätsengpass zu erwarten.

Bei Einsatz eines Mehrsystemfahrzeugs auf Basis eines S-Bahnfahrzeugs müsste die ausgewählte Tram-Strecke für 3m breite Fahrzeuge ausgebaut werden, desweiteren ist eine Sondergenehmigung für die Straßenbenutzung durch das 3m breite Fahrzeug analog zum Beispiel Zwickau zu erlangen. Da halbzuglange Fahrzeuge (zum Vergleich: S-Bahn BR 480/481 Halbzug hat 73,6 m Länge) ins Tram-Netz weiterfahren würden, müssten also die Bahnsteige auf dieser Strecke zumindest auf ca. 75 m verlängert werden. Der Einsatz längerer Züge wäre erst möglich, wenn die Strecke vollständig vom Straßenverkehr getrennt wäre (unabhängiger oder eigener Bahnkörper mit Bahnübergängen) und würde eine erneute Verlängerung der Bahnsteige bedeuten. Sinnvoll wäre es in diesem Rahmen über die Einrichtung von Hochbahnsteigen nachzudenken. Deren Integration ins Stadtbild dürfte jedoch die größte Hürde darstellen. Da Hochbahnsteige nicht von Niederflur-Straßenbahnen mitbenutzt werden können, müssten diese also vor oder hinter den normalen Straßenbahnsteigen angeordnet werden. Wenn bei dieser Konstellation jedoch die S-Bahn und Straßenbahnzüge in der „falschen“ Reihenfolge einfahren, kann nur ein Zug am Bahnsteig halten, während der andere Zug vor dem Bahnsteig bis zu dessen Räumung warten muß. Damit wäre das Umsteigen nur in einer Richtung möglich, was das System aus Fahrgastsicht unattraktiv macht.

Ausgehend von den hohen zu erwartenden Kosten für den Umbau der Infrastruktur (Verbreiterung des Planums, Einschränkung des Straßenraums, Nadelöhr Lange Brücke) und der nicht gegebenen Freizügigkeit der Züge im Tram-Netz erscheint es sinnvoller, ein Mehrsystemfahrzeug auf der Basis eines Straßenbahnfahrzeugs anzunehmen.

Die Fahrgastkapazitäten im Vergleich:

- S-Bahn BR 481:
  588 Personen je Halbzug
  1176 Personen je Vollzug

- Kapazität des Mehrsystemfahrzeugs auf Basis eines Straßenbahnfahrzeugs:
  ca. 320 Personen je Fahrzeug
  960 Personen je Dreiwagenzug
  908 Personen für Variante Halbzug BR 481 + Mehrsystemfahrzeug

Die Mehrsystemfahrzeuge könnten in der Fahrplantrasse der jetzigen Züge der S 85 und S 86 eingetaktet werden. Das derzeitige S-Bahnbetriebskonzept lässt im gesamten Mischbetriebsbereich ausreichend Puffer für zusätzliche „Zuggruppen“ aus dem Tram-Netz.

Derzeitige Fahrtendichte der S-Bahn und technisch mögliche Zugfolge: [36]

- Abschnitt Spindlersfeld – Schöneweide: 3 Züge je Stunde und Richtung (S 85/86 alle 20 Minuten)
  zukünftig 6 Züge je Stunde und Richtung (S 85/86 alle 10 Minuten)
  technisch kürzeste Zugfolge: 4-5 min geplant → maximal 12-15 Züge je Stunde

  - Abschnitt Schöneweide – Baumschulenweg: 18 Züge je Stunde und Richtung
    technisch kürzeste Zugfolge: 90s → maximal 40 Züge je Stunde

  - Abschnitt Baumschulenweg – Neukölln: 6 Züge je Stunde und Richtung
    technisch kürzeste Zugfolge: 120s → maximal 30 Züge je Stunde

  - Abschnitt Neukölln – Hermannstraße: 18 Züge je Stunde und Richtung
    technisch kürzeste Zugfolge zwischen Neukölln und Papestraße: 90s → maximal 40 Züge je Stunde.

Diese Form der Systemverknüpfung würde jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit wegen anderer Prioritäten im Bereich der S-Bahn nicht kurzfristig durchführbar sein, sollte jedoch für die Zukunft weiterverfolgt werden.

7.2.4 Großprofil U-Bahn - Kleinprofil U-Bahn

Die Netzstruktur lässt diese Form der Verknüpfung nicht sinnvoll erscheinen. Außerdem ist in Ausbauplanungen vorgesehen, Teile des Kleinprofil-Netzes zu Großprofil umzubauen (Abschnitt Uhlandstraße – Wittenbergplatz für die im Großprofil geplante U3 Verlängerung nach Weißensee, deren Realisierungszeitraum ungewiß ist.)

Aus Gründen der Vollständigkeit soll jedoch auch auf diese Variante kurz eingegangen werden.

Ein Mehrsystemfahrzeug muss in das kleinere Lichtraumprofil passen und hat daher die Außenabmessungen der Kleinprofil U-Bahn. In der folgenden Tabelle sind die Systemunterschiede und Anforderungen an ein Mehrsystemfahrzeug genannt:

System / Parameter	U-Bahn (Großprofil)	U-Bahn (Kleinprofil)	Mehrsystemfahrzeug
Spurweite	1435 mm	1435 mm	1435 mm
Wagenkastenbreite	2650 mm	2300 mm	ausfahrbares seitliches Bord zur Überwindung des Spalts im Großprofil
Fahrzeughöhe über SO	3425 mm	3180 mm	3180 mm
Fußbodenoberkante über SO	H: 950 mm DL und F: 1050 mm	HK: 875 mm A3L und G I/I: 990 mm	925 mm
Fahrgastkapazität	696 - 788 Personen (Sechs-Wagenzug mit ca. 97 m Zuglänge)	616 – 700 Personen (Acht Wagenzug mit ca. 103 m Zuglänge)	616 – 700 Personen (Acht Wagenzug mit ca. 103 m Zuglänge)
Stromsversorgung	-750 V über seitliche von unten bestrichene Stromschiene in 1280 mm von Gleismitte, 170 mm über SO	+750 V über seitliche von oben bestrichene Stromschiene in ca. 1150 mm von Gleismitte, ca. 220 mm über SO	750 V, automatische Umpolung der Bordelektrik, Stromabnehmer muß höhen- und abstandsmäßig einstellbar sein
Radprofil	BOStrab Typ A, zylindrisch	BOStrab Typ A, zylindrisch	BOStrab Typ A, zylindrisch
Schienenneigung	keine	keine	keine

Tabelle 7-4 Systemunterschiede und Ansätze für Mehrsystemfahrzeug Großprofil- / Kleinprofil-U-Bahn

Für die technische Ausrüstung eines Mehrsystemfahrzeugs sind nur relativ geringe Mehrkosten zu erwarten (Stromabnehmer, Klappborde und Kopplung dieser Komponenten mit der Sicherungstechnik). Das schmalere Fahrzeug würde jedoch gegenüber dem Großprofil-Fahrzeug durch den geringeren Sitzplatzanteil einen deutlichen Komfortverlust und somit Attraktivitätsverlust bedeuten. Das U-Bahn Großprofil wurde schließlich zur Steigerung von Attraktivität und Leistungsfähigkeit eingeführt. Zudem wurden für die Großprofil-U-Bahn bereits in großem Umfang Neubaufahrzeuge beschafft. Da es außerdem keine verkehrlich sinnvolle Anwendungsstrecke gäbe, existieren praktisch keine Perspektiven für diese Art der Systemverknüpfung.

7.2.5 Großprofil U-Bahn – Tram

Ein Mehrsystemfahrzeug, das freizügig in den bestehenden Netzen eingesetzt werden soll, muss in das kleinere Lichtraumprofil der Straßenbahn passen und hätte daher deren Außenabmessungen. In der Folge würde die Fahrgastkapazität der Fahrzeuge begrenzt und somit die Systemleistungsfähigkeit beeinträchtigt werden.

In der folgenden Tabelle sind die Systemunterschiede aufgeführt und Anforderungen an ein Mehrsystemfahrzeug genannt:

System / Parameter	U-Bahn (Großprofil)	Straßenbahn	Mehrsystemfahrzeug
Spurweite	1435 mm	1435 mm	1435 mm
Wagenkastenbreite	2650 mm	GT6N: 2300 mm Tatras: 2.180 mm	ausfahrbares seitliches Bord zur Überwindung des Spalts am U-Bahnsteig
Fahrzeughöhe über SO	3425 mm	GT6N: 3400 mm Tatras: 3.470 mm	3400 mm
Fußbodenoberkante über SO	H: 950 mm DL und F: 1050 mm	GT6N: 360 mm Tatras: 900 mm	• 925 mm und Klapptrittstufen oder • im Türbereich höhenverstellbarer Fußboden
Fahrgastkapazität	696-788 Personen (Sechs-Wagenzug mit ca. 97 m Zuglänge)	320 Personen (GT 6N in Doppeltraktion mit ca. 57 m Zuglänge)	ca. 320 Personen je Fahrzeug mit ca. 50 m Fahrzeuglänge 640 Personen bei Doppeltraktion mit ca. 100 m Zuglänge
Stromsversorgung	-750 V über seitliche von unten bestrichene Stromschiene in 1280 mm von Gleismitte, 170 mm über SO	+600 V über Fahrdraht in 5300 mm über SO (max. 5700 mm, min. 4200 mm)	750 V, automatische Umpolung der Bordelektrik, Fahrzeug muß über seitlichen Stromabnehmer und über Dachstromabnehmer verfügen
Radprofil	BOStrab Typ A, zylindrisch	BOStrab Typ B, 1 : 40	Mischprofil Typ B erforderlich
Schienenneigung	keine	1 : 40	sinnvoll wäre Änderung der Schienenneigung im U-Bahnbereich auf 1:40

Abbildung 7-5 Systemunterschiede und Ansätze für Mehrsystemfahrzeug Großprofil-U-Bahn / Tram

Das Mehrsystemfahrzeug wäre in vielen Punkten vergleichbar mit dem in Amsterdam auf der Sneltram eingesetzten Fahrzeug.

Für die technische Ausrüstung dieses Mehrsystemfahrzeugs sind Mehrkosten für zusätzliche Stromabnehmer, Klappborde und Kopplung dieser Komponenten mit der Sicherungstechnik zu erwarten. Zudem sind durch den zu erwartenden höheren Verschleiß der Schienen und Radreifen aufgrund der unterschiedlichen Spurführungsparameter höhere Instandhaltungskosten für das Gesamtnetz zu erwarten (siehe Amsterdam), eine Angleichung der Spurführungsparameter (Umstellung des U-Bahnnetzes auf Schienenneigung 1:40, da das Tramnetz erst im Zuge der Netzsanierung umgestellt wurde) würde aufgrund der Netzgröße über einen längeren Zeitraum laufen, während der Umbauphase höheren Verschleiß bedeuten und relativ teuer sein (über 100 km Strecke müsste umgebaut werden, d.h. weit über 200 km Gleis einschließlich Kehranlagen und

Betriebswerkstätten). Außerdem werden für Großprofil-U-Bahn bereits in großem Umfang Neubaufahrzeuge beschafft. Da es zudem keine verkehrlich sinnvolle Anwendungsstrecke gäbe, die die erforderlichen Investitionen rechtfertigen würde, sind die Realisierungschancen für diese Art der Systemverknüpfung derzeit sehr gering.

Sinnvoll wäre im Rahmen weitergehender Untersuchungen zu prüfen, welcherorts in Berlin Streckenverlängerungen aus dem Großprofil-U-Bahnnetz als straßenbahnähnliches System - analog zu den Nürnberger Studien - sinnvoll wären. Zum Einsatz würden dann modifizierte U-Bahnfahrzeuge kommen können. Es wären bei der Anlage von Hochbahnsteigen auch keine Klappborde oder Klapptrittstufen erforderlich. Die U-Bahn-übliche Oberbauform könnte beibehalten werden, was Umbauten im Bestandsnetz überflüssig macht. Die Leistungsfähigkeit des Systems wäre nicht beeinträchtigt, wenn durchgängig ein eigener bzw. besonderer Bahnkörper realisierbar wäre und an den Knotenpunkten mit dem Straßenverkehr Bahnübergänge eingerichtet werden würden. Auf diese Art ließen sich im Vergleich zum herkömmlichen U-Bahnbau äußerst kostengünstig und in deutlich kürzerem Zeitrahmen Netzerweiterungen realisieren, die bisher aus finanziellen Gründen nicht denkbar waren. Naheliegend wäre die Untersuchung der Verlängerung einiger Großprofil-Strecken in Bereiche, die derzeit von Express-Bussen bedient werden. Besonders attraktiv sind augenscheinlich solche Zielgebiete für eine UTram, die von zwei X-Buslinien erschlossen werden.

- U6 ab Alt-Mariendorf Richtung Süden zur Erschließung der angrenzenden Wohngebiete (ca. 2,8 km bis Buckower Chaussee – Verknüpfung mit Bus X11 oder ca. 6,8 km bis S-Bahnhof Lichtenrade) mit ähnlicher Streckenführung wie Bus X76

- U7 ab Rudow Richtung Flughafen Schönefeld (BBI) (ca. 5 km) – wie bisherige Ausbauplanung

- U7 ab Rathaus Spandau Richtung Staaken zur Erschließung der Großsiedlung an der Heerstraße – ähnlich bisheriger Ausbauplanung, jedoch mit deutlich besserer Erschließungsqualität (über Seeburger Straße ca. 3,8 km); Zielgebiet wird derzeit u. a. vom Bus X49 erreicht.

- U8 ab Hermannstraße Richtung Süden zur Erschließung von Süd-Neukölln und der Großsiedlung Buckow 1 (ca. 5 km bis Alt-Buckow – Verknüpfung mit Bus X11)

- U8 ab Wittenau Richtung Märkisches Viertel zur Erschließung des Märkischen Viertels und ggf. weiter nach Rosenthal – ähnlich der bisherigen Ausbauplanung, jedoch mit deutlich besserer Erschließungsqualität (direkter Weg nach Rosenthal ca. 2,5 km / Ringlinie durch das MV bis ca. 6,5 km); Zielgebiet wird derzeit u. a. vom Bus X21 erreicht.

- U9 ab Rathaus Steglitz Richtung Lankwitz – ähnlich der bisherigen Ausbauplanung, jedoch mit deutlich besserer Erschließungsqualität und weiter Richtung Großsiedlung Hildburghauser Straße (ca. 6,5 km) mit einer Streckenführung ähnlich dem Bus X83. Ab hier ist eine „Südtangente“ etwa auf der Strecke des Bus X11 vorstellbar, die im weiteren Verlauf über S-Bahnhof Buckower Chaussee (km 8,2), Lichtenrader Damm (km 9,5), Alt-Buckow (km 12,1)

usw. bis S-Bahnhof Schöneweide führen könnte. Auf dem Abschnitt zwischen U-Bahnhof Zwickauer Damm und S-Bahnhof Schöneweide könnte die bestehende Tram-Strecke zwischen Schöneweide und Haeckelstraße für breitere Fahrzeuge angepasst werden und die von dort zum U-Bahnhof Zwickauer Damm geplante Neubaustrecke von vornherein für 2,65 m breite Fahrzeuge ausgelegt werden.

Genaue Trassenuntersuchungen und die Problematik der städtebaulichen und räumlichen Einordnung eines besonderen Bahnkörpers mit Hochbahnsteigen müsste jedoch tiefergehend untersucht werden. Aufgrund der besonderen Situation in Berlin ist mit kurzfristigen Lösungen nicht zu rechnen.

7.2.6 Kleinprofil U-Bahn – Tram

Die Kleinprofil-U-Bahn und die Tram haben identische Wagenkastenbreiten und die gleiche Fahrstrompolarität. Diese Randbedingungen vereinfachen die Bedingungen für eine Systemverknüpfung in erheblichem Maße.

In der folgenden Tabelle sind die Systemunterschiede aufgeführt, und Anforderungen an ein Mehrsystemfahrzeug genannt:

System / Parameter	U-Bahn (Kleinprofil)	Straßenbahn	Mehrsystemfahrzeug
Spurweite	1435 mm	1435 mm	1435 mm
Wagenkastenbreite	A3L: 2300 mm G I/I: 2.260 mm	GT6N: 2300 mm Tatras: 2.180 mm	2300 mm
Fahrzeughöhe über SO	A3L: 3180 mm G I/I: 3.190 mm	GT6N: 3400 mm Tatras: 3.470 mm	3190 mm
Fußbodenoberkante über SO	HK: 875 mm A3L und G I/I: 990 mm	GT6N: 360 mm Tatras: 900 mm	• 850 mm und Klapptrittstufen oder • im Türbereich höhenverstellbarer Fahrzeugboden
Fahrgastkapazität	616 – 700 Personen (Acht Wagenzug mit ca. 103 m Zuglänge)	320 Personen (GT 6N in Doppeltraktion mit ca. 57 m Zuglänge)	ca. 320 Personen je Fahrzeug mit ca. 50 m Fahrzeuglänge 640 Personen bei Doppeltraktion mit ca. 100 m Zuglänge
Stromsversorgung	+750 V über seitliche von oben bestrichene Stromschiene in ca. 1150 mm von Gleismitte, ca. 220 mm über SO	+600 V über Fahrdraht in 5300 mm über SO (max. 5700 mm, min. 4200 mm)	+750 V, Fahrzeug muß über seitlichen U-Bahn-Stromabnehmer und über Dachstromabnehmer verfügen
Radprofil	BOStrab Typ A, zylindrisch	BOStrab Typ B, 1 : 40	Mischprofil Typ B
Schienenneigung	keine	1 : 40	sinnvoll wäre Änderung der Schienenkopfneigung im U-Bahnbereich

Abbildung 7-6 Systemunterschiede und Ansätze für Mehrsystemfahrzeug Kleinprofil-U-Bahn / Tram

Abbildung 7-7 Vergleich Vorentwurf Mehrsystemfahrzeug – Kleinprofil-U-Bahn

Das Mehrsystemfahrzeug wäre in Bezug auf die Stromversorgung vergleichbar mit dem in Amsterdam auf der Sneltram eingesetzten Fahrzeug. Das Fahrzeug müsste über seitliche Stromabnehmer verfügen, die für die Fahrt außerhalb des U-Bahnnetzes berührungssicher einklappbar sind. Für die sonstige elektrische Ausrüstung sind keine Sonderlösungen erforderlich, die Fahrspannung der Straßenbahn liegt im üblichen Toleranzbereich für elektrische Bahnen. Für die technische Ausrüstung dieses Mehrsystemfahrzeugs sind nur Mehrkosten für zusätzliche Stromabnehmer und Kopplung dieser Komponente mit der Sicherungstechnik zu erwarten, sowie für Klapptrittstufen oder andere Maßnahmen zur Überwindung des Höhenunterschieds zwischen U-Bahn und Straßenbahnsystem.

Jedoch sind durch den zu erwartenden höheren Verschleiß der Schienen und Radreifen aufgrund der unterschiedlichen Spurführungsparameter höhere Instandhaltungskosten für das Gesamtnetz zu erwarten (siehe Amsterdam). Eine Angleichung der Spurführungsparameter – in diesem Falle sinnvollerweise die Umstellung des U-Bahnnetzes auf Schienenneigung 1:40 - würde aufgrund der relativ geringen Kleinprofil-Netzgröße von 53,44 km innerhalb eines überschaubaren Zeitraums erfolgen können. Der während der Umbauphase auftretende höhere Verschleiß ist nicht als K.O.-Kriterium anzusehen, da das Tram-Netz mit seinen 187,7 km seit etwa 1996 an umgestellt wird. Gravierende Probleme mit der Spurführung sind in diesem Zeitraum nicht eingetreten. Zudem wurden im Tram-Bereich die Radreifen verbreitert um künftig Tiefrillenweichen befahren zu können (→ Lärmminderung). Für die Umbauperiode sollten aber Gleisumbau und Änderung der Fahrzeugradreifen derart aufeinander abgestimmt werden, daß möglichst wenig „Mischbetrieb“ auftritt.

Seitens der BVG besteht Interesse, zu untersuchen, welchen Nutzen eine Verknüpfung der Kleinprofil-U-Bahn mit der Straßenbahn haben könnte. Aus Sicht des Unternehmensbereichs U-Bahn ist die Frage derzeit besonders aktuell vor dem Hintergrund der zukünftigen Fahrzeugbeschaffung. So ist derzeit vorgesehen, für das Kleinprofil keine größeren Fahrzeugneubeschaffungen durchzuführen – obwohl derzeit schon ein Prototypzug der neuen HK-Baureihe erste Testfahrten bei Adtranz absolviert [49] – stattdessen soll der bestehende Fahrzeugpark so lange wie möglich instandgehalten werden. Mittelfristig soll auf der Basis weiterer Untersuchungen entschieden werden, welche Anforderungen an eine neue Fahrzeuggeneration zu stellen sind.

Der Ansatz der Verknüpfung von Straßenbahn und Kleinprofil erregte ebenfalls im Unternehmensbereich Straßenbahn Interesse. So ist es aus Sicht dieses Unternehmensbereichs

durchaus vorstellbar, die Systemverknüpfung auch im Sinne der Umstellung des U-Bahn-Kleinprofils auf ein stadtbahnartiges System zu untersuchen.

Insbesondere die Möglichkeit der Verlängerung von Kleinprofillinien über ihre derzeitigen Endpunkte hinaus als Straßenbahn – analog zum oben beschriebenen Modell für die Verlängerung von Großprofilstrecken – als mögliche Folge der Systemverknüpfung wurde mit Interesse aufgenommen.

Ideal für eine Systemverknüpfung ist der U-Bahnhof Warschauer Straße, denn dieser soll mittelfristig über die S-Bahn verschoben werden und könnte im Rahmen dieser Verlegung als gemeinsamer Bahnhof für U-Bahn, Tram und S-Bahn ausgeführt werden.

An den folgenden Stellen würde sich ebenfalls die Weiterführung als Straßenbahn- bzw. Stadtbahnsystem anbieten:

- U1 ab Krumme Lanke Richtung Mexikoplatz und ggf. weiter über Düppel Richtung Teltow
- U2 ab Ruhleben Richtung Rathaus Spandau und weiter Richtung Falkenhagener Feld – ähnlich der bisherigen Ausbauplanung, jedoch mit deutlich besserer Erschließungsqualität
- U2 ab Pankow Kirche Richtung Norden
- U15 ab Uhlandstraße Richtung Messegelände
- U4 ab Kehranlage Magdeburger Platz Richtung Kulturforum mit Anschluß an Tram-Planungsnetz

7.2.7 Entscheidung für eine weiterführend zu untersuchende Systemverknüpfung

Auf Basis der oben erfolgten Voruntersuchung entsteht eine Rangfolge der möglichen Systemverknüpfungen.

- Als erfolgversprechendste Form ist die Verknüpfung von Kleinprofil-U-Bahn und Tram anzunehmen, die aufgrund der großen Ähnlichkeit der Teilsysteme sehr kurzfristig umsetzbar ist und mit bereits geplanten Maßnahmen im U-Bahn- und Tram-Netz kombiniert werden kann.

Auf Platz zwei und drei der Rangliste sind die folgenden Varianten:

- Platz zwei: Verlängerung der Großprofil-U-Bahn als Stadtbahnsystem, da gegenüber dem reinen U-Bahnbau in sehr viel kürzern Zeiträumen verkehrlich sinnvolle Netzerweiterungen umgesetzt werden können und bei einer absoluten Bevorrechtigung vor dem IV an Knotenpunkten auch die betrieblichen Nachteile im vertretbaren Rahmen bleiben.
- Platz drei: Systemverknüpfung S-Bahn – Tram, da es im bestehenden Netz nur eine Strecke gibt, auf der die Systemverknüpfung kurzfristig umsetzbar wäre und von größerem Nutzen sein

könnte, große Teile des S-Bahnnetzes können aufgrund der unterschiedlichen Systemleistungfähigkeiten nicht sinnvoll verknüpft werden.

Teil C – Untersuchung der Zielvariante

8 Systemverknüpfung von Kleinprofil-U-Bahn und Tram

8.1 Bezeichnung des gemeinsamen Systems

Um im folgenden Teil nicht ständig von „Systemverknüpfung“ und „Mehrsystemfahrzeug für Kleinprofil-U-Bahn“ schreiben zu müssen, und um einen einfachen und eingängigen Begriff zu finden, soll das System hier UTram genannt werden.

U-Tram

8.2 Allgemeine Rahmenbedingungen

Um eine Systemverknüpfung realisieren zu können, gilt es zuerst, die fahrzeugtechnischen, systemtechnischen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen zu definieren. Es soll dabei besonderer Wert darauf gelegt werden, daß die finanziellen Aufwendungen für die Einführung des Mischbetriebs so gering wie möglich bleiben und ein System von größter Flexibilität geschaffen wird.

Das Straßenbahnnetz wurde in den vergangenen Jahren bereits großflächig saniert und modernisiert, zudem wurden und werden in großem Umfang neue Fahrzeuge in Niederflurbauweise beschafft. Da ein erneuter Umbau der Anlagen aus finanziellen Gründen somit nahezu ausscheidet, muß also ein System geschaffen werden, das nur punktuelle Eingriffe in die bestehende Infrastruktur bedeutet. Die bestehenden Bahnsteighöhen und stufenlosen Zugangswege sind – insbesondere im Sinne der behindertengerechten Gestaltung des ÖPNV in Berlin – beizubehalten.

Für den Bereich der Kleinprofil-U-Bahn gilt, daß die unterirdischen Bauwerke, sowie die Anlagen der Hochbahn sowohl aus Kostengesichtspunkten, wie aus Gründen des Denkmalschutzes nicht verändert werden. Das Lichtraumprofil, Bahnsteighöhe und Abstand zur Gleisachse bleiben wie bisher, die Länge der Bahnsteige und die größte Zuglänge soll ebenso gleich bleiben. Anzupassen zu sein wird die Wagenfußbodenhöhe, um auch hier einen stufenfreien Zugang zu gewährleisten.

9 Ein gemeinsames Fahrzeug / ein gemeinsamer Fahrweg

Die vorhandenen Fahrzeuge der U-Bahn und Straßenbahn sind für die Verknüpfung der Systeme aufgrund der unterschiedlichen technischen Randbedingungen nicht geeignet. Die Anpassung bzw. der Umbau der vorhandenen Fahrzeuge würde Kosten verursachen, die der Neubeschaffung von Fahrzeugen gleichkommen würden ohne ein technisch optimales Fahrzeug als Ergebnis zu erhalten.

Es ist also erforderlich, für die verschiedenen technischen Bedingungen der Einzelsysteme ein universelles Fahrzeug zu entwickeln, daß langfristig sogar geeignet sein könnte, den Fahrzeugpark der Einzelsysteme zumindest teilweise zu ersetzen.

In einer Übergangszeit, in der der Fahrzeugpark aus Altbaufahrzeugen und neuen Mehrsystemfahrzeugen besteht, werden die Kosten für Wartung und Unterhaltung der Fahrzeuge durch die größere Typenvielfalt steigen – ratsam ist es daher auch, das neue Fahrzeug weitestgehend mit bereits bewährten Komponenten auszurüsten. Aber ab dem Zeitpunkt, ab dem bestimmte Atbaufahrzeug-Baureihen ausgemustert werden, werden die Unterhaltungskosten aufgrund der Vereinheitlichung des Fahrzeugparks und der damit verbundenen einfacheren Ersatzteilvorhaltung jedoch wieder sinken. Positiv zu bewerten wäre zudem die damit verbundene Vereinheitlichung der Anforderungen an die Werkstätten.

Die Beschaffung des gemeinsamen Fahrzeugs könnte jedoch höhere Kosten verursachen, als ein vergleichbares Fahrzeug für ein System. Das gemeinsame Fahrzeug muß mit den verschiedenen Systemen der Fahrstromzuführung und Sicherungstechnik kompatibel sein, über die aufwendigere Bremstechnik von Straßenbahnen verfügen und sich verschiedenen Bahnsteighöhen anpassen können.

9.1 Anforderungskatalog technische Randbedingungen

9.1.1 Fahrweg / Trassierung

Sowohl Kleinprofil-U-Bahn, als auch Straßenbahn verfügen über die Regelspurweite von 1435 mm, für beide Systeme gelten ähnliche Trassierungsgrenzwerte nach Betriebsprogramm und BOStrab.

- Entwurfsgeschwindigkeit: 70 km/h,
- Mindestkurvenradius bei freier Trassierung auf besonderem Bahnkörper: 240 m (300 m bei unabhängigem Bahnkörper).
- nur Tram: Mindestradius im Knotenpunktbereich: 25 m (Regelwert: 30m)
- nur U-Bahn: kleinster Halbmesser (Strecke): 80 m
- größte bzw. zulässige Längsneigung: $40^0/_{00}$
- Haltestellenabstand: > 500 m (im U-Netz duchschnittlich 790 m, im Tram-Netz 459 m)

Aufgrund der ähnlichen Rahmendaten sind für ein Mischsystem keine Anpassungen erforderlich.

Ein bedeutender Unterschied der Systeme ist jedoch die Schienenneigung. Im Tram-Netz ist die Schienenneigung 1:40 - wie im EBO-Bereich Standard - eingeführt worden [10], die U-Bahn verfügt noch immer über die traditionellen zylindrischen Radreifen und entsprechend gerade Schienenköpfe.

Ein Nachteil des U-Bahnsystems ist somit, daß die Spurführung ausschließlich durch Anlaufen der Radreifen an die Schiene erfolgt, so daß in der Folge der Schienen- und Spurkranzverschleiß geringfügig höher ist. Für die Einführung des UTram-Systems bedeutet das, daß es im Sinne der Verschleißminimierung und Spurführungssicherheit empfehlenswert ist, die Schienenneigung im Kleinprofil-U-Bahnnetz auf 1:40 umzubauen.

9.1.2 Lichtraumprofil (siehe auch Anlagen 7 und 8)

Sowohl Kleinprofil-U-Bahn, als auch Tram sind 2,30 m breit. Die Höhe der U-Bahn ist auf 3,18 m begrenzt, die Tram hat 3,4 m Höhenbegrenzung. Das UTram-Fahrzeug wird entsprechend 2,3 m breit, im Bereich zwischen SO und 620 mm über SO entsprechend dem U-Bahn-Kleinlichtraum jedoch nur zwischen 2,08 und 2,1 m (Einschränkung wegen Lage der Stromschiene). Als zulässige Höhe kommt 3,18 m zur Anwendung.

Die maximale Wagenlänge ergibt sich aus dem kleinsten im Netz vorhandenen Gleisbogen und dem zulässigen Wagenüberstand in der Kurve. Der Wagenüberstand ist abhängig vom Drehgestellmittenabstand und der Wagenkastenlänge – beim A3L und G I/I-Triebwagen: 7570 mm, beim GT6N beträgt die Länge des Einzelwagenkastens 8,60 m – zur groben Festlegung wurde in Anlage 12.3-12.5 der maximale Überstand grafisch grob ermittelt und der Vorentwurf für ein UTram-Fahrzeug auf Einhaltung der Werte von U-Bahn und Tram geprüft. Das UTram-Fahrzeug besteht aus jeweils vier Mittelwagen von ca. 8,8 m Länge, die sich auf Jacobs Drehgestellen abstützen sollen, die Stützweite beträgt ca. 7,0 m, und zwei Endwagen von etwa 5 m Länge mit Dachstromabnehmern. Das Fahrzeug erfüllt die Anforderungen aus geometrischer Sicht.

9.1.3 Spannungsversorgung / Stromabnehmer

Die U-Bahn ist ein Bahnsystem mit unabhängigem Bahnkörper. Beim Bau mußte die Teilnahme am Straßenverkehr nicht mitbeachtet werden. Als Problem in diesem Zusammenhang stellt sich die Stromversorgung über eine seitliche Stromschiene dar. Eine Zuführung des Fahrstroms über eine seitliche Stromschiene bei einer Bahn, die – wenn auch auf besonderem Bahnkörper geführt – in derartiger Nähe des Straßenraums geführt wird, wie auf der Warschauer und Danziger Straße, kann aus Sicherheitsgründen nicht erfolgen. An den Kreuzungspunkten mit Fußgängern müssten Stromschienenlücken vorgesehen werden und die Strecke müsste größtenteils eingezäunt werden. Die Folge wärer eine besonders hohe Zerschneidungswirkung und würde außerdem städtebaulich nicht akzeptabel sein.

Als Lösung des Problems bietet sich die straßenbahnübliche Stromversorgung mittels Fahrdraht an. Eine Machbarkeitsuntersuchung für die Integration eines Dachstromabnehmers in ein U-Bahnfahrzeugdach wurde in Nürnberg bereits durchgeführt und ist qualitativ auf Berlin übertragbar.

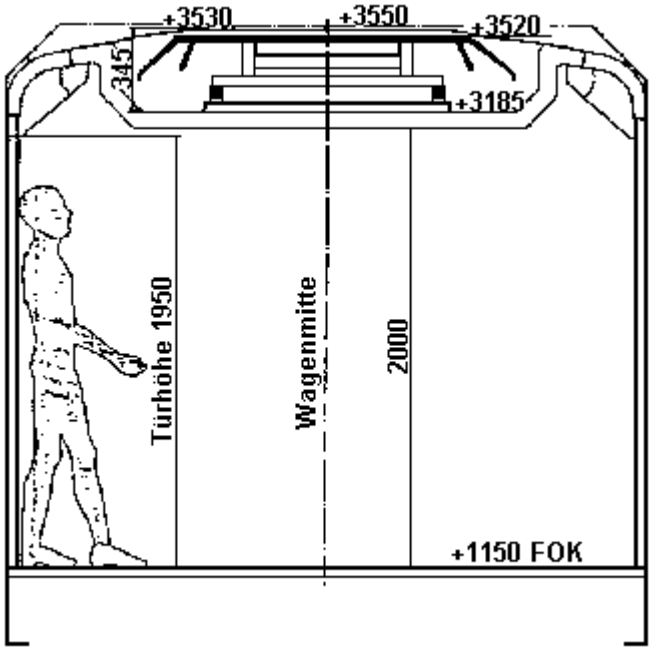


Abbildung 9-1 Entwurf für die Integration eines Dachstromabnehmers in ein Fahrzeug der Nürnberger U-Bahn [9]

	U-Bahn-Nürnberg	S-Bahn Berlin	H-Großprofil-U-Bahn Berlin	HK-Kleinprofil-U-Bahn Berlin (niedrigerer Fußboden)	HK-Kleinprofil-U-Bahn Berlin (geringere Stehhöhe)
Fahrzeughöhe über SO	3530mm	3600mm	3425mm	3180mm	3180mm
Oberkante eingezogener Dachstromabnehmer (für Nürnberg 10 mm unter Dachoberkante)	3520mm	3590mm	3415mm	3170mm	3170mm
Dachhöhe unter Stromabnehmer (Fahrzeughöhe -345 mm)	3185mm	3255mm	3080mm	2835mm	2835mm
Deckenhöhe innen über SO (Dachhöhe unter Stromabnehmer -35 mm)	3150mm	3220mm	3045mm	2800mm	2800mm
Stehhöhe im Innenraum unter dem Dachstromabnehmer	2000mm	2170mm	2095mm	**2000mm**	***1925mm***
Fußbodenoberkante über SO	1150mm	1050mm	950mm	***800mm***	**875mm**

Tabelle 9-1 Übertragung des Nürnberger U-Bahn Dachstromabnehmers auf Berliner Fahrzeuge

Wie obige Tabelle zeigt, ist ein Dachstromabnehmer problemlos in die Fahrzeugumgrenzungslinie der Berliner S-Bahn und Großprofil-U-Bahn zu integrieren, im Kleinprofil würde bei direkter Übertragung der Nürnberger Daten entweder die Stehhöhe im Fahrzeug unterschritten werden oder die Fußbodenhöhe müsste im Bereich des Dachstromabnehmers abgesenkt werden (in der Tabelle Rot).

Alternativ ist der Dachstromabnehmer in eingezogenem Zustand für die UTram bis genau auf Dachoberkante einzubauen, eine sichere Verriegelung um das Hochklappen im U-Bahntunnel zu verhindern, muß gewährleistet sein.

Unter diesen Rahmenbedingungen ergäben sich für das UTram Fahrzeug folgende Daten:

	UTram Fahrzeug für Berlin
Fahrzeughöhe über SO	3180mm
Oberkante eingezogener Dachstromabnehmer	3180mm
Dachhöhe unter Stromabnehmer (Fahrzeughöhe –345 mm)	2845mm
Deckenhöhe innen über SO (Dachhöhe unter Stromabnehmer -35 mm)	2810mm
Stehhöhe im Innenraum unter dem Dachstromabnehmer	2000mm
Fußbodenoberkante über SO im Bereich unter dem Dachstromabnehmer (maximale Höhe)	810mm

Tabelle 9-2 Modifizierung des Nürnberger U-Bahn Dachstromabnehmers für UTram Fahrzeug

Um eine durchgängige Stehhöhe von 2 m zu gewährleisten, muß die Höhe des Wagenfußbodens im Bereich direkt unter den Dachstromabnehmern im Endwagen auf höchstens 810 mm begrenzt werden.

Elektrotechnisch bereitet die Systemverknüpfung weit weniger Schwierigkeiten als beispielsweise das Karlsruher Modell, wo Fahrzeuge auch unter 15 kV $16^2/_3$ Hz Fahrleitung der DB fahren. Da die Berliner Kleinprofil-U-Bahn mit +750 Volt und die Straßenbahn mit +600 Volt betrieben wird, ist keine elektrotechnische Änderung gegenüber den Serienfahrzeugen notwendig. Der Spannungsunterschied von Straßenbahn und U-Bahn liegt sogar im normalen Toleranzbereich der eingesetzten Fahrzeuge (U-Bahn: 525-900 V, Tatra-Straßenbahnen: 480-800 V, für GT6N-Straßenbahnen wird im Adtranz-Prospekt angegeben, sie seien umrüstbar auf 750 V, die Notwendigkeit einer solchen Umrüstung ist unter Berücksichtigung der üblichen fahrzeugseitigen Toleranzen zu prüfen)

9.1.4 Bahnsteiglänge / Fahrzeuglänge

Im Tram-Netz ist 62 m als Bahnsteiglänge festgelegt, im Kleinprofil-U-Bahnnetz 113 m. Bemessungsfahrzeug für die Bahnsteiglänge im Tram-Netz ist der GT6N in Doppeltraktion mit 56,5 m Länge, im Kleinprofil-U-Bahnnetz ist es die Achtwagenzuglänge von 102,64 m. Für das UTram-Fahrzeug wird eine Länge von 51,5 m festgelegt, was in beiden Teilnetzen zu optimaler Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Bahnsteiglänge sorgt. Das Fahrzeug ist 5 m kürzer als ein GT6N in Doppeltraktion, die kürzere Gesamtlänge wird im Innenraum jedoch durch den Wegfall eines Führerstands (beim GT6NZ von zwei Führerständen) und den damit verbundenen Nutzflächengewinn, sowie das Entfallen des Nutzflächenverlusts durch die Kupplung zweier Fahrzeuge kompensiert. Das Fahrzeug ist in Doppeltraktion 103 m lang und somit 36 cm länger als ein Achtwagenzug der U-Bahn (bzw. 10 cm kürzer als ein Vollzug der Neubauserie HK). Das Platzangebot wird etwa gleich dem der U-Bahn angenommen, wodurch der Einsatz der UTram zu keiner Senkung der Streckenleistungsfähigkeit führt.

Die Einschränkung des §55 der BOStrab zur Fahrzeuglänge - maximal 75 m bei Teilnahme am Straßenverkehr – ist dann nicht von Belang, wenn die mit längeren Fahrzeugen zu befahrenden Strecken über einen besonderen oder unabhängigen Bahnkörper verfügen. An Kreuzungspunkten mit anderen Verkehrsteilnehmern (Fußgänger, Straßenverkehr) sind Bahnübergänge nach §20 einzurichten.

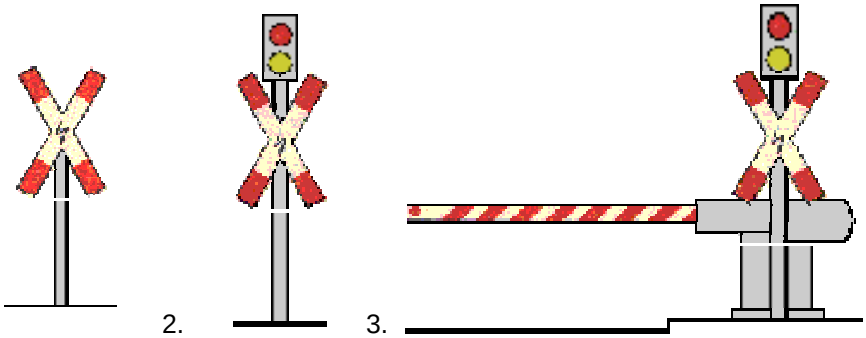


Abbildung 9-2 Kennzeichnung und Sicherung von Bahnübergängen (1. Andreaskreuz, 2. Lichtzeichen 3. Lichtzeichen mit Halbschranke) [1]

9.1.5 Bahnsteighöhe / Fahrzeugfußbodenhöhe

Bahnsteighöhe im Tram-Netz sind 22 cm, mit den eingesetzten GT6N-Niederflurtriebwagen ergibt sich ein fast stufenloser Einstieg. Der GT6N verfügt an der in Fahrtrichtung vorderen Tür über eine Rampe, die den stufenlosen Zugang für Mobilitätsbehinderte ermöglicht. Bahnsteighöhe im Kleinprofil-U-Bahnnetz ist im Bestand 80 cm, bei Neubauten oder Umbauten 85 cm. Die derzeit eingesetzten Fahrzeuge verfügen über eine Fußbodenhöhe von 99 cm (die HK-Züge sollen 87,5 cm Fußbodenhöhe bekommen). Ein stufenloser Zugang ist hier nicht gewährleistet.

Nach BOStrab darf der Fahrzeugfußboden nicht unterhalb der Bahnsteighöhe liegen, das führte in der Vergangenheit dazu, daß die Fahrzeugfußbodenhöhe so ausgelegt wurde, daß der „worst-case“ mit vollbesetztem Fahrzeug und bis an den Grenzwert verschlissenen bzw. abgefahrenen Radreifen berücksichtigt wurde. Moderne Fahrzeuge verfügen jedoch im Regelfall über eine Luftfederung, die einen Höhenausgleich in Abhängigkeit von Beladungszustand und Abnutzungsgrad der Radreifen ermöglicht. Um das UTram-System kundenfreundlicher zu gestalten, wird eine Fußbodenhöhe der Mittelwagen von 85 cm festgelegt, so können auch alle Agregate unterflurig eingebaut werden.

Im Tram-Netz muß nun aber ein Fahrgastwechsel an den dortigen 22 cm hohen Bahnsteigen möglich sein. Zu diesem Zweck ist als Kompromißlösung der Einbau von Klapptrittstufen und ausfahrbaren Borden vorzusehen. Nachteil dieser Lösung ist die zu erwartende Verlängerung der Fahrgastwechselzeiten und die Komforteinbuße durch das erforderliche Erklimmen der Stufen. Da die Fahrgastzahlen im allgemeinen im Tram-Netz niedriger liegen als im U-Bahnnetz, kann der Effekt der Fahrgastwechselzeitverlängerung hier ignoriert werden, es handelt sich um wenige Sekunden, die durch Optimierungen an Lichtsignalanlagen kompensiert werden können. Dem

Komfortverlust durch Treppensteigen steht der Komfortgewinn durch die Möglichkeit umsteigefreier Direktverbindungen entgegen.

Nicht ignoriert werden darf die Problematik des Zugangs von Rollstuhlfahrern, Gehbehinderten, Fahrgästen mit Gepäch, Müttern mit Kinderwagen und Fahrrädern [18]. Um für diese Nutzergruppe den barrierefreien Zugang zum System zu gewährleisten können zwei verschiedene Lösungsansätze gewählt werden:

1. Erhöhte Bahnsteigbereiche mit stationäre Rampen an den Zugangsstellen in Höhe des ersten bzw. letzten Wagens (erste bzw. letzte Tür) - Rampenlänge zu festen Podesten bei 6% Steigung von 220 mm über SO auf 850 mm über SO: 10,5 m + 2,5 m Zwischenpodest = 13 m

2. Höhenverstellbare Fahrzeugfußböden im Bereich der ersten bzw. letzten Tür mit besonderer Rampe zum stufenlosen Einstieg

Für 1. gilt, daß der Raum für die Anlage der Rampen vorhanden sein muß, es sind für jede Zugangsstelle Zusatzinvestitionen erforderlich. Desweiteren ist die Anordnung der Rampen nicht bei jeder Haltestelle am gleichen Bahnsteigende sinnvoll lösbar. Problematisch ist zudem, daß die Systemverknüpfung auf eine mit umgebauten Bahnsteigen ausgerüstete Strecke beschränkt wäre. Fahrzeugseitig ergeben sich keine besonderen Anforderungen. Für 2. gilt, daß eine zusätzliche Ausrüstung der Fahrzeuge erforderlich ist, das bedeutet Mehrgewicht und Mehrkosten, Streckenseitig sind keine besondern Anpassungen erforderlich. Der große Vorteil dieser Variante ist, daß die Fahrzeuge freizügig im gesamten Tram-Netz einsetzbar wären, was den möglichen verkehrlichen Nutzen der Systemverknüpfung deutlich steigert.

Abbildung 9-3 Entwurf für ein UTram-Fahrzeug

Bei dem Konzeptfahrzeug werden die Endwagen ohne Sitzplätze als Mehrzweckabteil für Rollstuhlfahrer, Kinderwagen, Fahrräder und Gepäck ausgestattet. Die Mittelwagen sind hochflurig (850 mm Fußbodenhöhe), hinter dem Wagenübergang zum Endwagen existieren bei Fahrt im Tram-Netz drei jeweils 18,3 cm hohe Stufen, die den Höhenunterschied zum dann 300 mm hohen Wagenfußboden des Endwagens überbrücken. Bei Fahrt im U-Bahnnetz ist der Wagenfußboden auf 850 mm Höhe und somit ein stufenloser Durchgang zu den Mittelwagen möglich. Die Türen der Endwagen haben wie die der Mittelwagen eine lichte Höhe von 2,10 m und ihre Unterkante wenige mm oberhalb der Bahnsteighöhe der U-Bahn.
Da das Fahrzeug im unteren Bereich schmaler als 2,30 m ist, existiert ein Spalt von 180 mm Breite mit einer Höhendifferenz von 80 mm zum Bahnsteig (Siehe hierzu auch Anlage 8). Es gilt aber, daß 5 cm die Differenz ist, die Rollstuhlfahrer gerade noch selbständig überwinden können. Bei Spaltbreiten und Höhenunterschieden zwischen 5 und 10 cm kann der Einstieg mit Fremdhilfe bewältigt werden, ab einer Spaltbreite von 10 cm werden fahrzeuggebundene Einstiegshilfen benötigt [18]. Am Tram-Bahnsteig klappt daher unterhalb der Endwagentüren ein Bord nach

außen, das die Funktion der Rampe übernimmt. Die Rampe hat im ausgeklappten Zustand eine Steigung von 1:6,75 (=14,8 %), sollte jedoch aufgrund der geringen Länge von 55 cm von Rollstuhlfahrern benutzbar sein.

9.1.6 Bremsen

Schienenfahrzeuge, die am Straßenverkehr teilnehmen, müssen gemäß §36 BOStrab über zwei voneinander unabhängige Bremssysteme verfügen, von denen eines vom Rad-Schiene Kraftschluß unabhängig sein muß (i.d.R. Magnetschienenbremse, Wirbelstrombremsen finden nur im Hochgeschwindigkeitsverkehr Anwendung) und das andere durch Sandstreueinrichtungen ergänzt sein muß. Infolgedessen muss das UTram-Fahrzeug auch über die Magnetschienenbremse und eine Besandungsanlage verfügen, schließlich sollen Kurzzüge auch freizügig im gesamten bestehenden Tram-Netz eingesetzt werden können.

9.1.7 Leit- und Sicherungstechnik

Für ein Mischsystem ist zu beachten, daß die U-Bahn mit signaltechnischer Sicherung betrieben wird, die Straßenbahn fährt auf Sicht. Die Gleisfreimeldung bei der U-Bahn funktioniert größtenteils über Gleisstromkreise, Tonfrequenzkreise oder in U-Bahnbetriebswerkstätten auch über Achszähleinrichtungen. Die Zugbeeinflussung erfolgt bei der U-Bahn punktförmig mittels zwischen den Schienen befindlichen Baken, zusätzlich verfügt die U-Bahn über ein Kommunikationssystem (Siemens MOBY-V), das für die Zugidentifikation und Betriebssteuerung genutzt wird.

Im Falle der Systemverknüpfung ist das UTram-Fahrzeug für alle Kommunikations- und Signalanlagen auszurüsten, die in den befahrenen Netzen existieren.

9.1.8 Automatischer Betrieb

Die Fahrzeuge sind so vorzubereiten, daß sie für den mittel- bis langfristig zu erwartenden automatischen Betrieb im U-Bahnnetz tauglich sind.

Nach Einführung des automatischen Betriebs ist der letzte reine U-Bahnhof als betriebliche Schnittstelle zu definieren – dort steigt der Straßenbahnfahrer zu und bereitet die Übernahme der Fahrzeugsteuerung für den auch weiterhin nicht automatisch zu betreibenden Streckenteil im Tram-Netz vor. Vor Erreichen des Systemwechselbahnhofs übernimmt der Fahrer bereits die manuelle Steuerung, da der Systemwechsel-Bahnsteig bereits den Bedingungen des Tram-Systems entspricht und mit gleisüberquerenden Fahrgästen zu rechnen ist. Die Sicherheitstechnik (Laserscanner im Strecken- und Bahnhofsbereich) des automatischen Betriebssystems (STAR) würde hierbei eine automatische Gleissperrung verursachen und zu häufigen Betriebsstörungen führen. Bei Wiedereinfahrt in das U-Bahnsystem geschieht der Wechsel in umgekehrter Reihenfolge analog, hierbei meldet der Triebfahrzeugführer den Zug zur Übernahme durch STAR an und überwacht die ordnungsgemäße Zugausfahrt.

9.1.9 Zugsignale

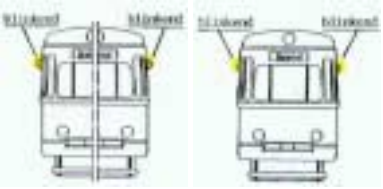
An der Zugspitze drei weiße Lichter (die Stirnleuchte kann die Linienbezeichnung enthalten, bei Fahrzeugen , die am Straßenverkehr teilnehmen, müssen die unteren beiden Leuchten Scheinwerfer sein	
Am Zugschluß zwei rote Lichter als Schlußsignal	
Bei am Straßenverkehr teilnehmenden Fahrzeugen am Zugschluß zwei rote oder gelbe Lichter als Bremssignal	
Bei am Straßenverkehr teilnehmenden Fahrzeugen je Längsseite mindestens vorn und hinten gelbe Blinklichter als Fahrtrichtungssignal und als Warnblinksignal	
Ein Achtung-Signalgeber (Hupe oder Klingel)	

Tabelle 9-3 Zugsignale [1]

Das UTram Fahrzeug sollte über alle Signaleinrichtungen für im Straßenraum fahrende Bahnen verfügen, um in entsprechend kürzeren Zugverbänden freizügig im Straßenbahnnetz eingesetzt werden zu können.

10 Verknüpfungspunkt Warschauer Straße

10.1 Ist-Zustand im Bereich U-Bahn und Straßenbahn / Rahmenbedingungen für die Systemverknüpfung

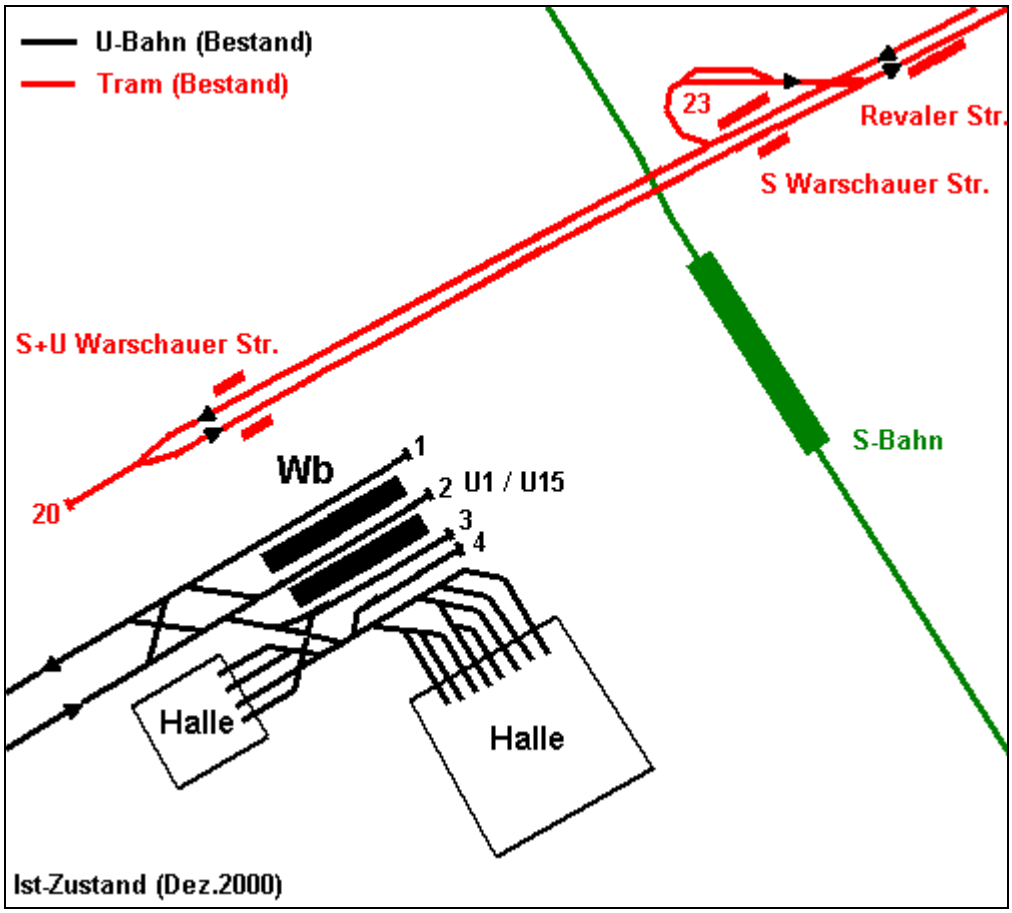


Abbildung 10-1 Schematischer Gleisplan Ist-Zustand [27] [48]

Der aktuelle Betrieb der U-Bahn wird in der HVZ (BVG-Fahrplandaten und eigene Beobachtung werktags von 5:30 bis 8:30) folgendermaßen abgewickelt:

- Züge der Linie U1 (8 Wagen) fahren im 6-Minuten Takt und kehren auf Gleis 2,
- Züge der Linie U15 (6 Wagen) fahren im 6-Minuten Takt (um 3-Minuten versetzt zur U1) und kehren am Gleis 1 und
- einsetzende Züge werden auf Gleis 3 bereitgestellt und fahren im Regelfall als U15 ab. Während der Beobachtungszeit wurden sämtliche in den Wagenhallen abgestellten Fahrzeuge zum Einsatz gebracht.

Die Züge der Straßenbahn Linie 20 fahren in Einfachtraktion, wegen begrenzter Bahnsteiglängen und Kehrgleislänge ist hier keine Doppeltraktion möglich. Sie erreichen den Ausstiegsbahnsteig in Höhe des U-Bahnhofs teilweise mit bis zu 2 min. Verspätung und ziehen anschließend in das Kehrgleis. Dort bügelt der Fahrer ab, wechselt den Führerstand, bügelt den in Fahrtrichtung vorne liegenden Stromabnehmer an und fährt fahrplangenau in der Taktfolge 6/6/7-Minuten ab. Verspätungen werden durch eine verkürzte Kehrzeit ausgeglichen.

10.2 Variantenvergleich

Im Folgenden werden Varianten für die Systemverknüpfung vorgestellt und diskutiert.

Allen Varianten gemeinsam ist, daß ein Zielnetz zugrundegelegt wird, in dem die Tram Richtung Westen bereits bis Hermannplatz verlängert wurde, die Linien 20 und 23 fahren über die Warschauer Brücke und werden auch mit Einrichtungsfahrzeugen betrieben. Richtung Norden werden die derzeitigen Linienführungen beibehalten.

Der U-Bahnhof wird in allen Varianten über den S-Bahnhof verschoben, die Gleise der U-Bahn sind etwa auf Höhe der Fahrbahn der Warschauer Brücke, der Bahnsteig (im Plan dunkelblau) ist höhenmäßig auf 850 mm über SO.

Im Zuge der Verschiebung des U-Bahnhofs wird die Haltestelle der Tram in einer gemeinsamen Anlage mit dem S+U-Bahnhof zusammengefasst. Die Gleise der Tram liegen auf gleicher Höhenlage, wie die U-Bahngleise, die im Plan rot (nur Tram) gezeichneten und die im Plan hellblau (Mischbetrieb Tram/UTram) gezeichneten Bahnsteige sind auf einer Höhe von 220 mm über SO ausgeführt.

Der S-Bahnhof soll bereits auf Richtungsbetrieb umgebaut sein und verfügt über zwei Mittelbahnsteige, die deutlich breiter als die heute bestehenden Bahnsteige sind.

Auf ein Zwischengeschoß kann verzichtet werden, der Zugang zu den Tram- und Mischbetriebsbahnsteigen erfolgt niveaugleich aus dem Straßenraum, der Zugang zum U-Bahnsteig erfolgt niveaugleich aus dem Straßenraum über den nördlichen Bahnsteigkopf. Zwischen den U-Bahnsteigen, den Tram-Bahnsteigen, dem Mischbetriebsbahnsteig und den S-Bahnsteigen werden direkte Treppen angeordnet. Folglich ist nur die S-Bahn über Treppenanlagen zu erreichen, U-Bahn und Tram sind direkt zugänglich. Dabei müssen die den Straßenraum kreuzenden Gleise von den Fahrgästen und Passanten überquert werden (Andreaskreuze).

Die Gleise im Straßenraum der Warschauer Brücke werden im Zusammenhang mit der Umverlegung nicht mehr betrieben, können jedoch im Bedarfsfall betriebsfähig erhalten werden, um im Falle von Havarien oder sonstigen Betriebsstörungen als Umfahrung der Anlage zu dienen. Aus Gründen der Verkehrssicherheit und Einsparung von Unterhaltungsaufwand könnte es auch ratsam sein, die Gleise aus der Fahrbahn zu entfernen.

Der alte U-Bahnhof Warschauer Straße wird nicht mehr betrieben, bleibt aber für Betriebsstörungen oder Havarien als Ausweichendbahnhof betriebsfähig. Zudem steht das Gebäude unter Denkmalschutz und könnte auch als Ausstellungs- und Startbahnhof für historische U-Bahnzüge dienen. Hierbei sind die Züge gegen Vandalismus zu schützen.

Besonderheiten im Betrieb:

Für die U15 werden 2,30 m breite Fahrzeuge auf Basis von Stadtbahnfahrzeugen beschafft, die über 850 mm Fußbodenhöhe und Klapptrittstufen zur Überwindung des Höhenunterschieds bis auf ca. 22 cm über SO verfügen. Als Fahrzeuglänge werden 51,5 m festgelegt (zum Vergleich: GT6N in Doppeltraktion 56,5 m), die Fahrzeuge können in Doppeltraktion gefahren werden und erreichen dann eine Länge von 103 m (zum Vergleich: A3L-Achtwagenzug 102,64 m). Die Fahrleitung der Straßenbahn wird bis zum alten Bahnhof Warschauer Straße über alle von Mehrsystemfahrzeugen benutzten Gleise gespannt, die Stromschiene der U-Bahn verläuft nur an Gleisen, die an Hochbahnsteigen liegen. Die Fahrleitung und die Stromschiene eines Gleises sind elektrisch miteinander verbunden, so daß der Systemwechsel während der Fahrt stattfinden kann.

Die Züge der Linie U15 von Uhlandstraße fahren in der HVZ in voller U-Bahnzuglänge über den Bahnhof Warschauer Straße hinaus ins Tram-Netz. Sämtliche Kreuzungen der Strecke mit anderen Verkehrsmitteln müssen als Bahnübergang gesichert und daher umgebaut werden. In einer ersten Ausbauphase soll das bis Frankfurter Tor erfolgen, in der zweiten Ausbauphase bis Landsberger Allee / Petersburger Straße. Kürzere Züge können freizügig im Tram-Netz eingesetzt werden. Die Züge der U15 können im Spätverkehr und am Wochenende als Kurzzüge aus einem Wagen bis Eberswalder Straße fahren, die U12 kann im Nachtverkehr ebenso mit Kurzzügen bis Eberswalder Straße durchfahren.

Für die Züge der Linie U1 aus Krumme Lanke wird als Regelfall – ebenso wie beim derzeitigen Betrieb - ein Kehrgleis vorgesehen. Zu den vorgestellten Varianten 1a bis 4a sind jedoch auch Alternativen (1b bis 4b) mit zwei Kehrgleisen vorgestellt und untersucht. Die Varianten mit zwei Kehrgleisen sind zu bevorzugen, um Betriebsstörungen abzufangen und eine höhere Leistungsfähigkeit der Kehranlage anzubieten als derzeit benötigt wird, erfordern jedoch höhere Investitions- und Betriebskosten.

Die im Folgenden dargestellten Varianten für den Verknüpfungsbahnhof Warschauer Straße werden in Bezug auf betriebliche und verkehrliche Vor- und Nachteile untersucht und gegenübergestellt. Um im Vorfeld abschätzen zu können, welcher Variante aus wirtschaftlicher Sicht bessere Chancen einzuräumen sind, werden die Anzahl der Weichen, Kreuzungen, Bahnsteige und Bahnsteiggleise gegenübergestellt.

Zielsetzung ist hierbei, mit möglichst wenig Weichen und Bahnsteigen den größten verkehrlichen und betrieblichen Nutzeffekt zu erreichen. Eine genaue Kostenschätzung für die Varianten kann hier nicht erfolgen und wäre Bestandteil einer Vorentwurfsplanung. Es wird jedoch später eine grobe Kostenschötzung für alle im Rahmen der Systemverknüpfung erforderlichen Maßnahmen erstellt (Kapitel 13).

Die verkehrlichen Eigenschaften werden durch ihre

- Übersichtlichkeit für den Fahrgast, die
- Eindeutigkeit der Abfahrtbahnsteige - ohne dynamisches Fahrgastinformationssystem, damit bei dessen Ausfall die Orientierung für den Fahrgast kein Suchspiel wird -,
- leichten Zu- bzw. Abgang und die
- Qualität der Umsteigevorgänge charakterisiert.

Hierbei bedeuten die Kennziffern in den Tabellen:

- - = nicht sinnvoll
- 0 = kein Umsteigen
- 1 = bahnsteiggleiches Umsteigen
- 2 = Umsteigen mit niveaugleichem Bahnsteigwechsel (z.B. im Tram-Bereich)
- 3 = Umsteigen mit Bahnsteigwechsel über Treppenanlage (z.B. von U-Bahn zur S-Bahn)

Die betrieblichen Eigenschaften werden durch Ermittlung der Zahl und Art der gegenseitigen Behinderungen bestimmt.

- Behinderung von zwei Einfahrten → ungünstigster Fall
- Behinderung von Einfahrt und Ausfahrt
- Behinderung von zwei Ausfahrten → günstigster Fall

Da sich jeweils nur ein Zug der Linie U1 im Kehrgleis befindet, wird die theoretische Einfahrt/Ausfahrt Behinderung nicht gesondert markiert und aufgeführt. Diese Behinderung tritt naturgemäß in jeder Variante auf.

Wenn zwei Arten von betrieblichen Behinderungen sich überlagern, wird in den schematischen Gleisplänen nur der kritischere Fall dargestellt. Das bedeutet: wenn eine Behinderung von zwei Einfahrten an einer Weiche existiert und eine Behinderung einer Einfahrt mit einer Ausfahrt, wird für diese Weiche nur die Behinderung der beiden Einfahrten dargestellt. In der betrieblichen Bewertung werden in einer Tabelle die betrieblich relevanten Behinderungen der verschiedenen Varianten gegenübergestellt, so ist aus betrieblichen Gründen z.B. eine Einfahrtsbehinderung von U1 und U15 Richtung Norden auszuschließen, da beide Fahrten aus dem selben Gleis kommen und fahrplanmäßig zeitlich hintereinander liegen.

10.2.1 Variante 1 – Linienbetrieb

Getrennte Gleise und Bahnsteige für U-Bahn und Tram,
Zusammenführung der Strecken erst im Tram-Netz

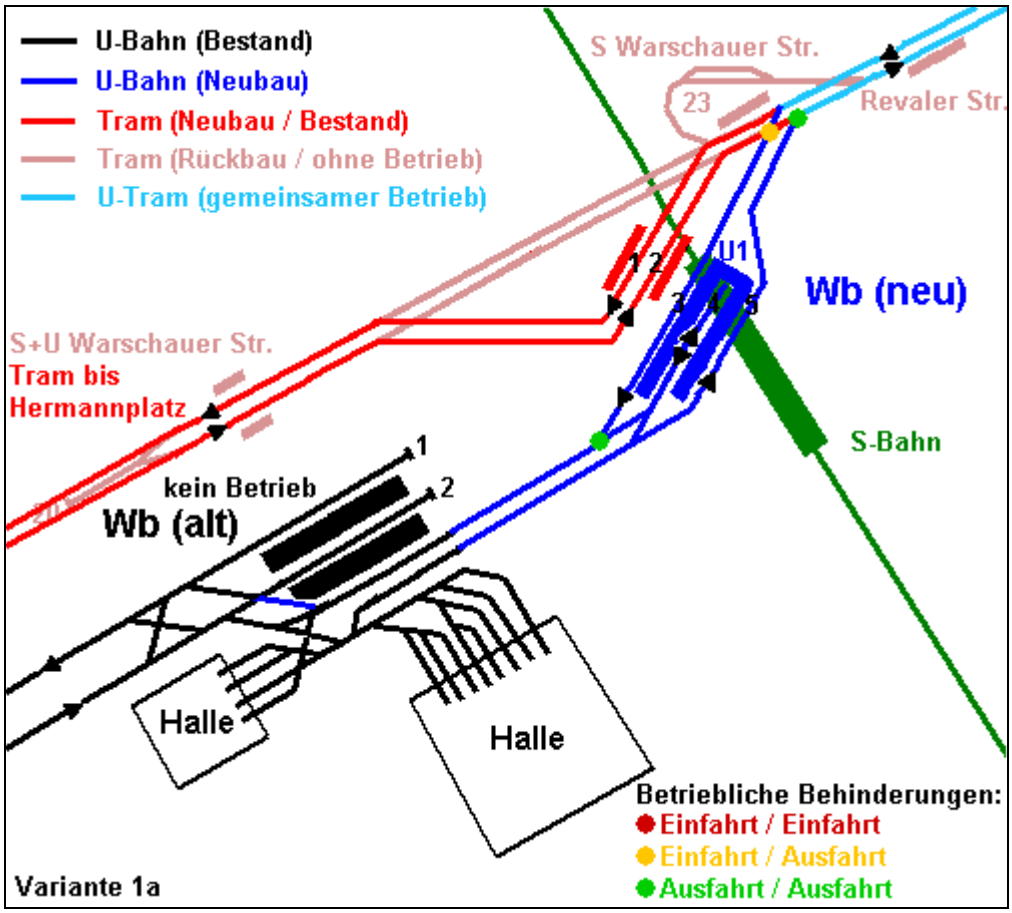


Abbildung 10-2 Schematischer Gleisplan Variante 1 mit einem Kehrgleis für die U1

Regelbetrieb:

- Tram Richtung Hermannplatz auf Gleis 1,
- Tram Richtung Nord auf Gleis 2,
- U15 Richtung Uhlandstraße auf Gleis 3,
- U15 Richtung Nord auf Gleis 5,
- U1 kehrt auf Gleis 4.

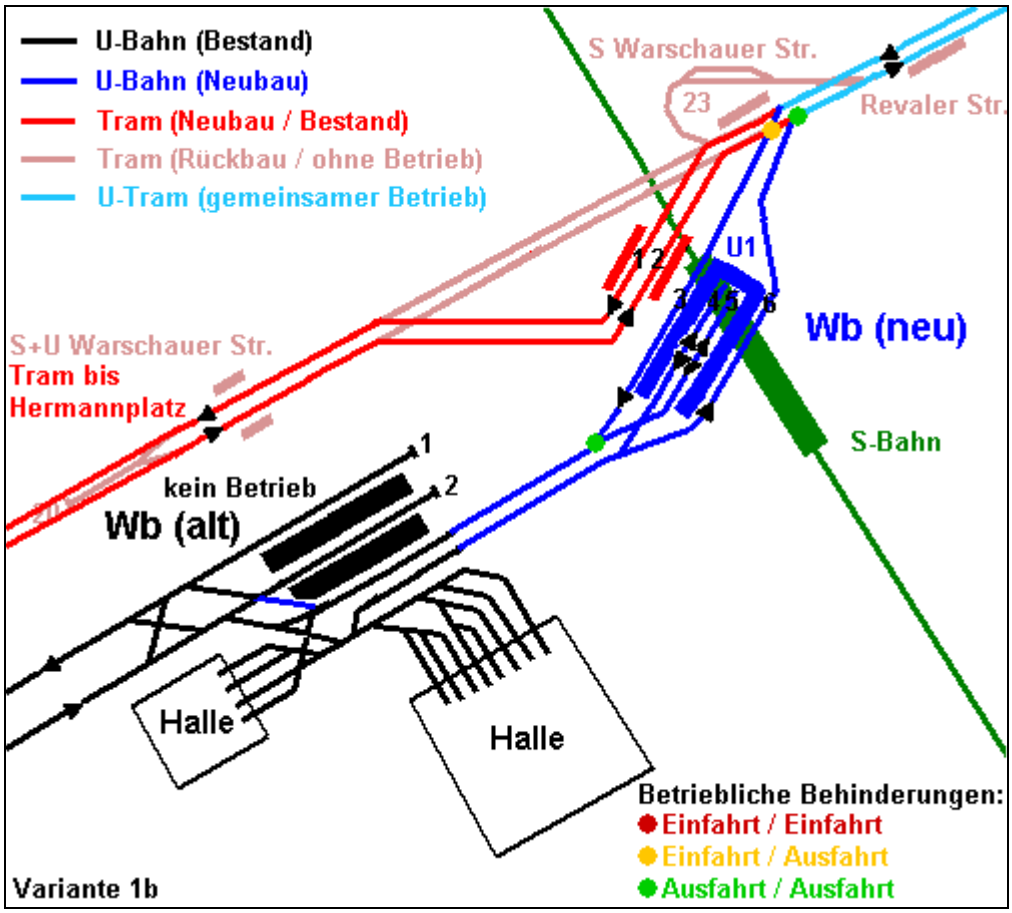


Abbildung 10-3 Schematischer Gleisplan Variante 1 mit zwei Kehrgleisen für die U1

Regelbetrieb:

- Tram Richtung Hermannplatz auf Gleis 1,
- Tram Richtung Nord auf Gleis 2,
- U15 Richtung Uhlandstraße auf Gleis 3,
- U15 Richtung Nord auf Gleis 6,
- U1 kehrt auf Gleis 4,
- Gleis 5 ist Reservekehrgleis.

Eindeutigkeit der Bahnsteige von Tram und U-Bahn im Regelbetrieb:

- U-Bahn Richtung Uhlandstraße und Krumme Lanke eindeutiger Einstiegsbahnsteig zwischen Gleisen 3 und 4
- Tram Richtung Hermannplatz eindeutiger Einstiegsbahnsteig an Gleis 1
- U-Bahn und Tram Richtung Norden nach Systemen getrennt mehrere Bahnsteige zum Einstieg möglich: U15 an Gleis 5 bzw. 6 / Tram an Gleis 2 (dynamische Fahrgastinformation erforderlich)

- Verkehrliche Qualität:

von \ nach	S-Bahn	U1	U15 Ri.Nord	U15 Ri.Uhlandstraße	T20/23 Ri.Nord	T20/23 Ri.Hermannplatz
S-Bahn	-	3	3	3	3	3
U1	3	-	1	-	2	2
U15 Ri.Nord	3	-	-	-	2	2
U15 Ri.Uhlandstraße	3	1	-	-	-	2
T20/23 Ri.Nord	3	2	2	2	1	2
T20/23 Ri.Hermannplatz	3	2	2	2	2	-

Tabelle 10-1 Umsteigequalität Variante 1

Betriebliche Behinderungen:

- **Einfahrt** U15 Ri. Uhlandstraße und **Ausfahrt** T20/23 Ri. Nord
- **Ausfahrt** U15 Ri. Nord und **Ausfahrt** T20/23 Ri. Nord
- **Ausfahrt** U15 Ri. Uhlandstraße und **Ausfahrt** U1

Anlagen:

- **Kreuzungen: eine**
- **Weichen: 5 (bzw. 6 in V1b)**
- **Bahnsteiggleise: 5 (bzw. 6 in V1b)**
- **Bahnsteige: 4**

Fazit: Betrieblich günstigste Variante durch wenige Behinderungen, U-Bahn ist im Störungsfall vollständig vom Tram-Netz abkoppelbar. Verkehrlich ungünstig durch längere Umsteigewege und nicht eindeutige Abfahrtbahnsteige (Abhilfe teilweise durch dynamische Fahrgastinformation zum nächsten Abfahrtbahnsteig möglich).

10.2.2 Variante 2 – Richtungsbetrieb

Gemeinsame Gleise für U-Bahn und Tram,
getrennte Bahnsteige

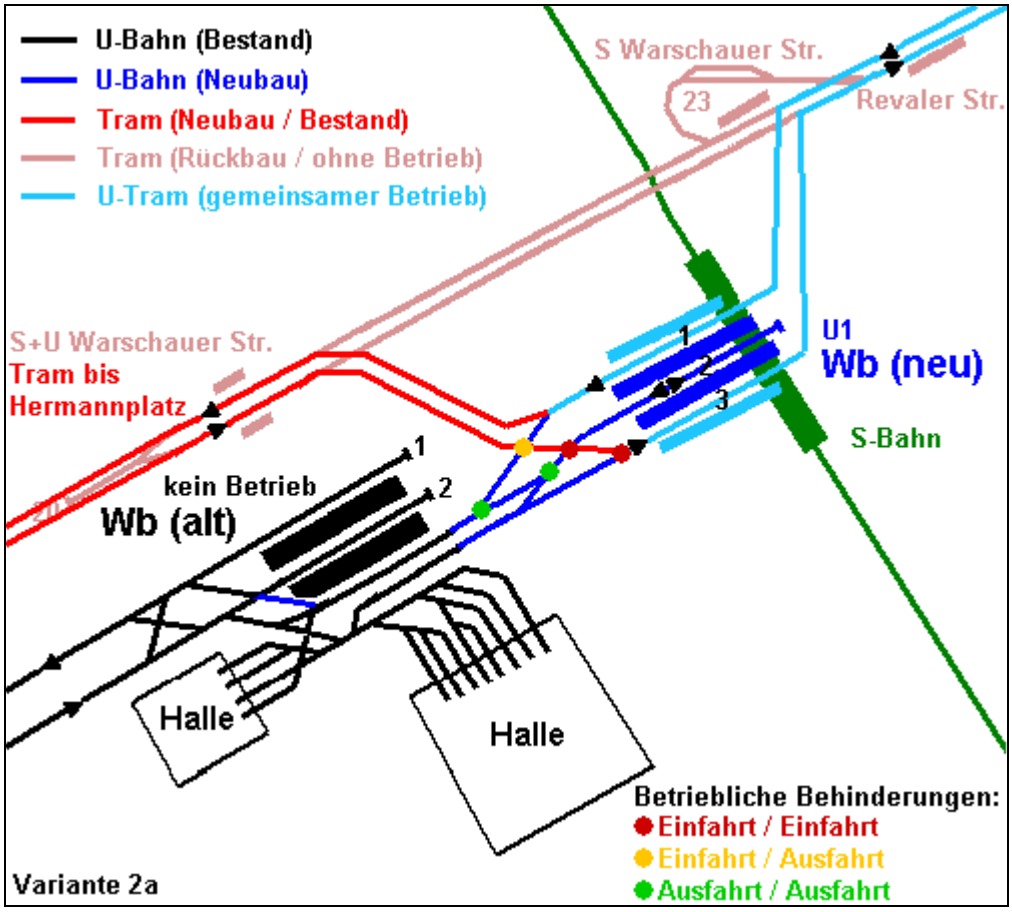


Abbildung 10-4 Schematischer Gleisplan Variante 2 mit einem Kehrgleis für die U1

Regelbetrieb:

- Tram Richtung Hermannplatz auf Gleis 1,
- Tram Richtung Nord auf Gleis 3,
- U15 Richtung Uhlandstraße auf Gleis 1,
- U15 Richtung Nord auf Gleis 3,
- U1 kehrt auf Gleis 2,

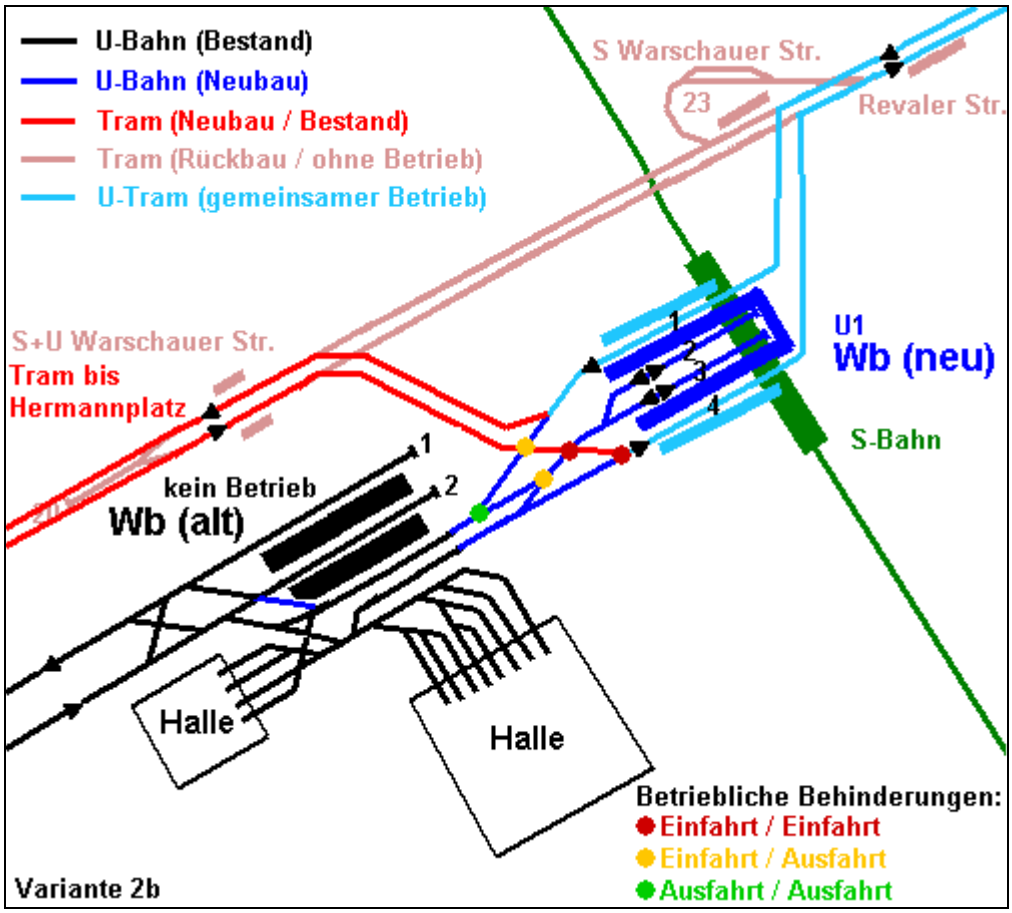


Abbildung 10-5 Schematischer Gleisplan Variante 2 mit zwei Kehrgleisen für die U1

Regelbetrieb:

- Tram Richtung Hermannplatz auf Gleis 1,
- Tram Richtung Nord auf Gleis 4,
- U15 Richtung Uhlandstraße auf Gleis 1,
- U15 Richtung Nord auf Gleis 4,
- U1 kehrt auf Gleis 3,
- Gleis 2 ist Reservekehrgleis.

Eindeutigkeit der Bahnsteige von Tram und U-Bahn:

- U-Bahn Richtung Uhlandstraße und Krumme Lanke in Variante 2a eindeutiger Einstiegsbahnsteig zwischen Gleis 1 und 2, in Variante 2b mehrere Bahnsteige zum Einstieg möglich: U1 auf Gleis 3 / U15 auf Gleis 1 (dynamische Fahrgastinformation erforderlich)
- Tram Richtung Hermannplatz eindeutiger Einstiegsbahnsteig am Gleis 1
- U-Bahn und Tram Richtung Norden eindeutiger Einstiegsbahnsteig an Gleis 3 bzw. 4

- Verkehrliche Qualität

von \ nach	S-Bahn	U1	U15 Ri.Nord	U15 Ri.Uhlandstraße	T20/23 Ri.Nord	T20/23 Ri.Hermannplatz
S-Bahn	-	3	3	3	3	3
U1	3	-	1	-	2	2
U15 Ri.Nord	3	-	-	-	1	2
U15 Ri.Uhlandstraße	3	1 in V2a, bzw. 2 in V2b (nächster Halt: 1)	-	-	2	1
T20/23 Ri.Nord	3	2	1	2	1	2
T20/23 Ri.Hermannplatz	3	2	-	1	2	-

Tabelle 10-2 Umsteigequalität Variante 2

Betriebliche Behinderungen:

- **Einfahrt** U15 Ri. Nord und **Einfahrt** T20/23 Ri. Nord
- **Einfahrt** U1 und **Einfahrt** T20/23 Ri. Nord
- **Einfahrt** T20/23 Ri. Nord und **Ausfahrt** U1
- **Einfahrt** T20/23 Ri. Nord und **Ausfahrt** U15 Ri. Uhlandstraße
- **Ausfahrt** U15 Ri. Uhlandstraße und **Ausfahrt** U1

Anlagen:

- **Kreuzungen: zwei**
- **Weichen: 5 (bzw. 6 in V2b)**
- **Bahnsteiggleise: 3 (bzw. 4 in V2b)**
- **Bahnsteige: 3 (bzw. 4 in V2b)**

Fazit: Betrieblich ungünstigste Variante durch viele Einfahrt/Einfahrt-Behinderungen, U-Bahn ist im Störungsfall nur bei Weiterbetrieb der Gleise im Straßenraum der Warschauer Brücke vom Tram-Netz abkoppelbar. Verkehrlich ungünstig durch nicht eindeutige Abfahrtbahnsteige und Gleiszuordnung Richtung Westen (Abhilfe teilweise durch dynamische Fahrgastinformation zum nächsten Abfahrtbahnsteig möglich). Geringste Gleiszahl aller Varianten.

10.2.3 Variante 3 – Kombination aus Richtungs- und Linienbetrieb

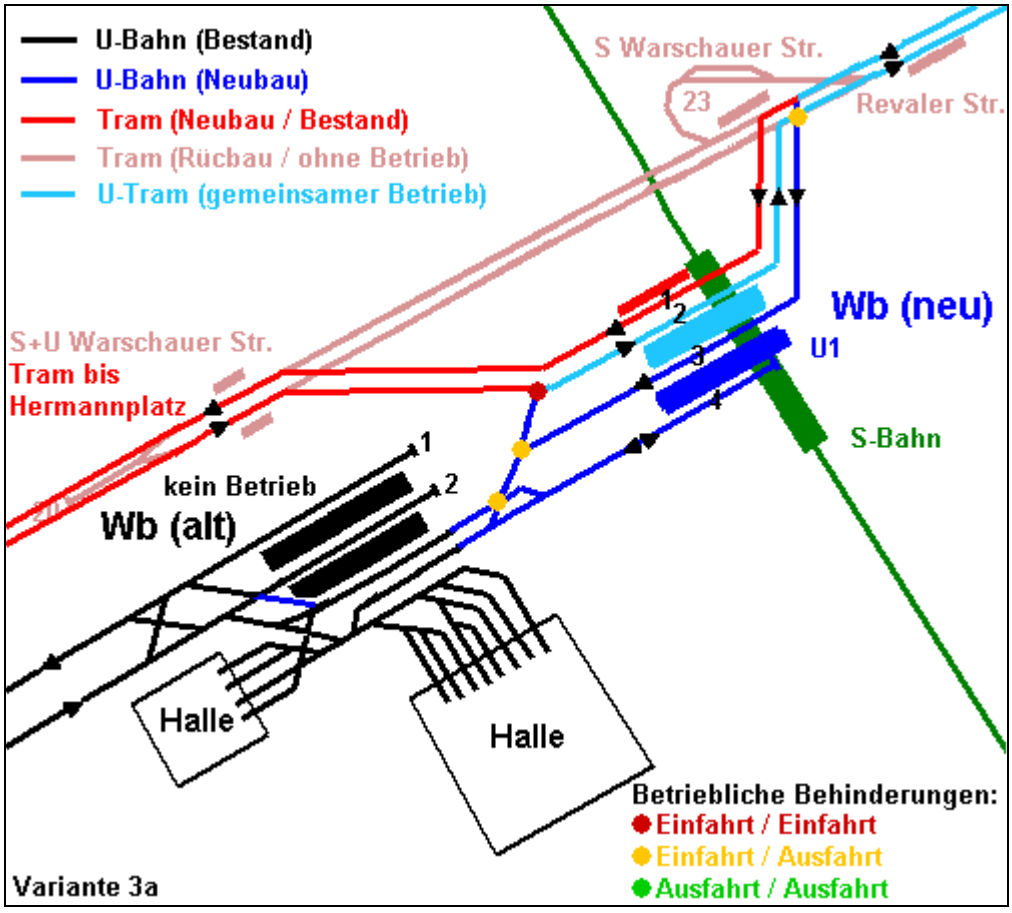


Abbildung 10-6 Schematischer Gleisplan Variante 3 mit einem Kehrgleis für die U1

Regelbetrieb:

- Tram Richtung Hermannplatz auf Gleis 1,
- Tram Richtung Nord auf Gleis 2,
- U15 Richtung Uhlandstraße auf Gleis 3,
- U15 Richtung Nord auf Gleis 2,
- U1 kehrt auf Gleis 4,

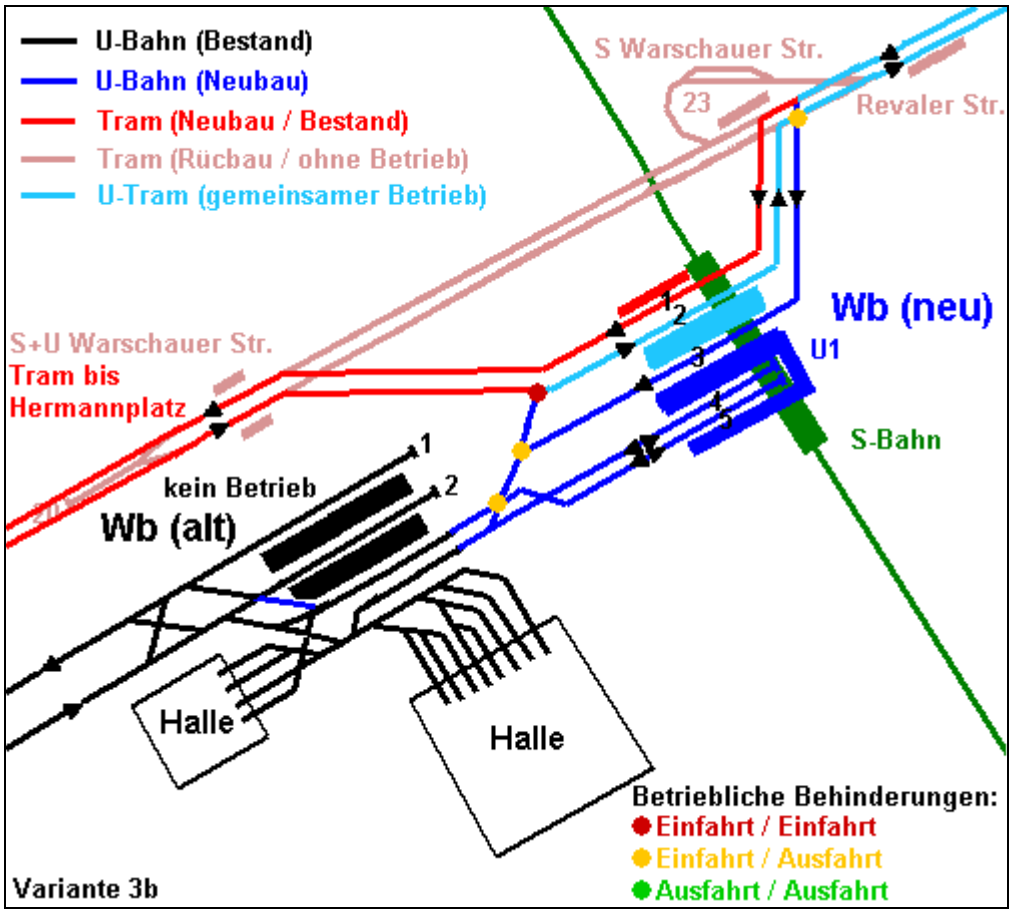


Abbildung 10-7 Schematischer Gleisplan Variante 3 mit zwei Kehrgleisen für die U1

Regelbetrieb:

- Tram Richtung Hermannplatz auf Gleis 1,
- Tram Richtung Nord auf Gleis 2,
- U15 Richtung Uhlandstraße auf Gleis 3,
- U15 Richtung Nord auf Gleis 2,
- U1 kehrt auf Gleis 4,
- Gleis 5 ist Reservekehrgleis.

Eindeutigkeit der Bahnsteige von Tram und U-Bahn:

- U-Bahn Richtung Uhlandstraße und Krumme Lanke eindeutiger Einstiegsbahnsteig zwischen Gleisen 3 und 4
- Tram Richtung Hermannplatz eindeutiger Einstiegsbahnsteig an Gleis 1
- U-Bahn und Tram Richtung Norden eindeutiger Einstiegsbahnsteig an Gleis 2

- Verkehrliche Qualität

von \ nach	S-Bahn	U1	U15 Ri.Nord	U15 Ri.Uhlandstraße	T20/23 Ri.Nord	T20/23 Ri.Hermannplatz
S-Bahn	-	3	3	3	3	3
U1	3	-	2	-	2	2
U15 Ri.Nord	3	-	-	-	1	2
U15 Ri.Uhlandstraße	3	1	-	-	1	2
T20/23 Ri.Nord	3	2	1	1	1	2
T20/23 Ri.Hermannplatz	3	2	2	2	2	-

Tabelle 10-3 Umsteigequalität Variante 3

Betriebliche Behinderungen:

- **Einfahrt** U15 Ri. Nord und **Einfahrt** T20/23 Ri. Nord
- **Einfahrt** U15 Ri. Uhlandstraße und **Ausfahrt** T20/30 Ri. Nord
- **Einfahrt** U15 Ri. Nord und **Ausfahrt** U15 Ri. Uhlandstraße
- **Einfahrt** U15 Ri. Nord und **Ausfahrt** U1
- **Ausfahrt** U15 Ri. Uhlandstraße und **Ausfahrt** U1

Anlagen:

- **Kreuzungen: zwei**
- **Weichen: 5 (bzw. 6 in V3b)**
- **Bahnsteiggleise: 4 (bzw. 5 in V3b)**
- **Bahnsteige: 3 (bzw. 4 in V3b)**

Fazit: Betrieblich ungünstig wegen der Einfahrtsbehinderung von Tram und U15 Richtung Nord sowie vielen Einfahrt/Ausfahrt-Behinderungen, verkehrlich jedoch günstig u.a. durch eindeutige Bahnsteigzuordnung, Übersichtlichkeit und einfaches Umsteigen.

10.2.4 Variante 4 – weiterentwickelte Kombination aus Richtungs- und Linienbetrieb

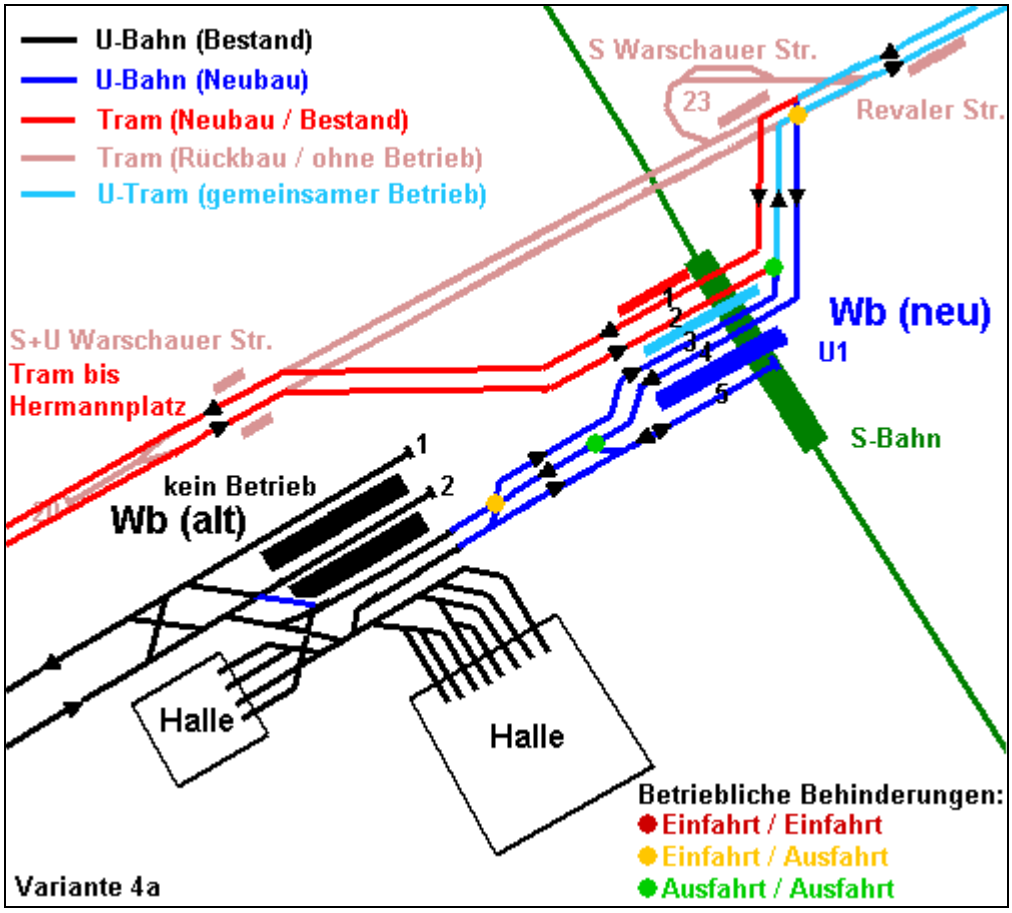


Abbildung 10-8 Schematischer Gleisplan Variante 4 mit einem Kehrgleis für die U1

Regelbetrieb:

- Tram Richtung Hermannplatz auf Gleis 1,
- Tram Richtung Nord auf Gleis 2,
- U15 Richtung Uhlandstraße auf Gleis 4,
- U15 Richtung Nord auf Gleis 3,
- U1 kehrt auf Gleis 5,

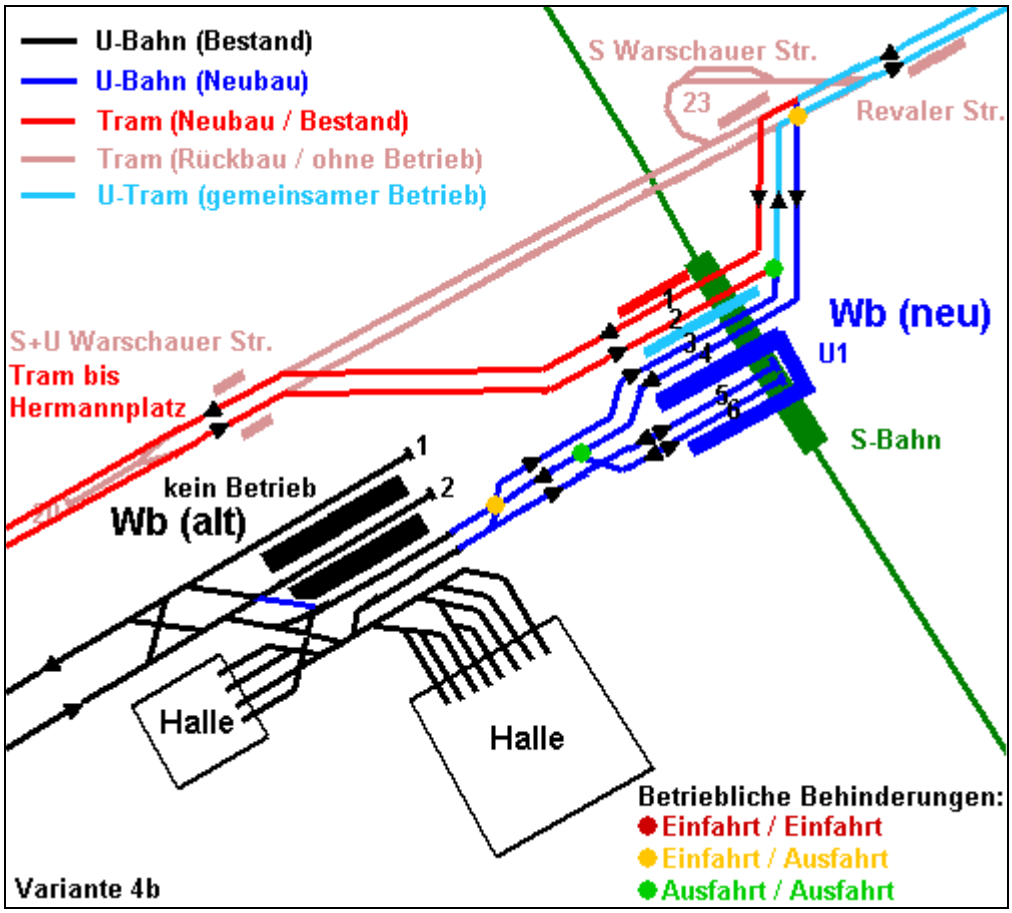


Abbildung 10-9 Schematischer Gleisplan Variante 4 mit zwei Kehrgleisen für die U1

Regelbetrieb:

- Tram Richtung Hermannplatz auf Gleis 1,
- Tram Richtung Nord auf Gleise 2,
- U15 Richtung Uhlandstraße auf Gleis 4,
- U15 Richtung Nord auf Gleis 3,
- U1 kehrt auf Gleis 5,
- Gleis 6 ist Reservekehrgleis.

Eindeutigkeit der Bahnsteige von Tram und U-Bahn:

- U-Bahn Richtung Uhlandstraße und Krumme Lanke eindeutiger Einstiegsbahnsteig zwischen Gleisen 4 und 5
- Tram Richtung Hermannplatz eindeutiger Einstiegsbahnsteig an Gleis 1
- U-Bahn und Tram Richtung Norden eindeutiger Einstiegsbahnsteig zwischen Gleisen 2 und 3

- Verkehrliche Qualität

nach / von	S-Bahn	U1	U15 Ri.Nord	U15 Ri.Uhlandstraße	T20/23 Ri.Nord	T20/23 Ri.Hermannplatz
S-Bahn	-	3	3	3	3	3
U1	3	-	2	-	2	2
U15 Ri.Nord	3	-	-	-	1	2
U15 Ri.Uhlandstraße	3	1	-	-	2	2
T20/23 Ri.Nord	3	2	1	2	1	2
T20/23 Ri.Hermannplatz	3	2	2	2	2	-

Tabelle 10-4 Umsteigequalität Variante 4

Betriebliche Behinderungen:

- **Einfahrt** U15 Ri. Uhlandstraße und **Ausfahrt** T20/30 Ri. Nord
- **Einfahrt** U15 Ri. Nord und **Ausfahrt** U15 Ri. Uhlandstraße
- **Einfahrt** U15 Ri. Nord und **Ausfahrt** U1
- **Ausfahrt** U15 Ri. Nord und **Ausfahrt** T20/23 Ri. Nord
- **Ausfahrt** U15 Ri. Uhlandstraße und **Ausfahrt** U1

Anlagen:

- **Kreuzungen: zwei**
- **Weichen: 5 (bzw. 6 in V4b)**
- **Bahnsteiggleise: 5 (bzw. 6 in V4b)**
- **Bahnsteige: 3 (bzw. 4 in V4b)**

Fazit: Betrieblich deutlich günstiger als Varianten 2 und 3, Umsteigesituation nicht ganz so günstig wie in Variante 3. Variante 4a ist gegenüber Varianten 1a und 2a kostengünstiger durch weniger Bahnsteige und Weichen. Übersichtlichste Variante.

Der Einbau einer Doppelkreuzungsweiche oder von zwei Weichen statt der im südlichen Bahnhofskopf vorgesehenen Kreuzung würde zwar Investitions- und Instandhaltungskosten steigern, jedoch für größere betriebliche Flexibilität sorgen. Züge der UTram aus dem U-Bahnnetz könnten dann bei Betriebsstörungen sowohl Gleis 3, als auch Gleis 4 direkt erreichen und dort bei Bedarf kehren.

10.2.5 Vergleich der Ergebnisse

10.2.5.1 Bewertung Anlagen und Kosten

Je umfangreicher die Anlage ist, desto höher sind die zu erwartenden Investitions-, Instandhaltungs- und Betriebskosten. In diesem Sinne wird eine Anlage mit möglichst wenigen Weichen, Bahnsteigen und Gleisen aus Kostensicht als am günstigsten bewertet.

Im weiteren sind die Bewertungstabellen getrennt nach Varianten a mit einem Kehrgleis und Varianten b mit zwei Kehrgleisen.

Varianten mit einem Kehrgleis:

	Variante 1a	Variante 2a	Variante 3a	Variante 4a
Kreuzungen	**1**	2	2	2
Weichen	5	5	5	5
Bahnsteiggleise	5	**3**	4	5
Bahnsteige	4	4	**3**	**3**
Bewertung	Platz 3	Platz 4	Platz 1	Platz 2

Tabelle 10-5 Infrastruktur für Varianten mit eingleisiger Kehranlage für U1

Varianten mit zwei Kehrgleisen:

	Variante 1b	Variante 2b	Variante 3b	Variante 4b
Kreuzungen	**1**	2	2	2
Weichen	6	6	6	6
Bahnsteiggleise	6	**4**	5	6
Bahnsteige	4	4	4	4
Bewertung	Platz 3	Platz 1	Platz 2	Platz 4

Tabelle 10-6 Infrastruktur für Varianten mit zweigleisiger Kehranlage für U1

10.2.5.2 Betriebliche Bewertung

Unter Zugrundelegung eines Regelbetriebskonzepts können die möglichen Behinderungen in einer Tabelle gegenübergestellt werden. Hierbei ist die kritischste Behinderung in der ersten Zeile genannt, die darunter genannten Behinderungen sind weniger kritisch. **Fett markierte Behinderungen stellen für die Variante ein Ausschlußkriterium dar,** *kursiv eingetragene Behinderungen treten aufgrund der Fahrplangestaltung im Regelbetrieb nicht auf.*

Behinderung	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
E/E U1 und Tram Ri. Norden	nein	**ja**	nein	nein
E/E U15 Ri. Norden und Tram Richtung Norden	nein	**ja**	**ja**	nein
E/A U1 und U15 Ri.Uhlandstr.	nein	nein	nein	nein
E/A U1 und Tram Ri. Hermannplatz	nein	nein	nein	nein
E/A U15 Ri. Uhlandstraße und U15 Ri. Norden	nein	nein	nein	nein
E/A U15 Ri. Uhlandstraße und Tram Ri. Norden	ja	nein	ja	ja
E/A U15 Ri. Norden und U1	nein	nein	ja	ja
E/A U15 Ri. Norden und U15 Ri. Uhlandstraße	nein	nein	ja	ja
E/A U15 Ri. Norden und Tram Ri. Hermannplatz	nein	nein	nein	nein
E/A Tram Ri. Norden und U1	nein	ja	nein	nein
E/A Tram Ri. Norden und U15 Ri. Uhlandstraße	nein	ja	nein	nein
E/A Tram Ri. Hermannstraße und U15 Ri. Norden	nein	nein	nein	nein
A/A U1 und U15 Ri. Uhlandstraße	*ja*	*ja*	*ja*	*ja*
A/A U15 Ri.Uhlandstraße und Tram Ri. Hermannplatz	*nein*	*nein*	*nein*	*nein*
A/A U15 Ri. Norden und Tram Ri. Norden	ja	nein	nein	ja
Bewertung	Platz 1	**wegen Einfahrt/Einfahrt Behinderung ausgeschlossen**	**wegen Einfahrt/Einfahrt Behinderung ausgeschlossen**	Platz 2

Tabelle 10-7 Vergleich der betrieblichen Qualität der Varianten 1-4 für den U-Bahnhof Warschauer Straße

10.2.5.3 Verkehrliche Bewertung

Neben den betrieblichen und kostenseitigen Bewertungen der Varianten ist die verkehrliche Bewertung für die Auswahl der Vorzugsvariante ausschlaggebend. Hier ist darauf zu achten, daß die Abfahrtbahnsteige eindeutig sind, ein dynamisches Informationssystem kann dem Fahrgast zwar helfen, bei Ausfall des Systems ist es jedoch sicherer, wenn statische Hinweise auf nur einen Abfahrtbahnsteig hinweisen müssen.

Übersichtlichkeit / Eindeutigkeit	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
U-Bahn Richtung Uhlandstraße und Krumme Lanke	Bahnsteig ¾	a: Bahnsteig 1, b: Bahnsteig 1 oder 3	Bahnsteig 3/4	Bahnsteig 4/5
Tram Richtung Hermannplatz	Bahnsteig 1	Bahnsteig 1	Bahnsteig 1	Bahnsteig 1
U-Bahn und Tram Richtung Norden	Bahnsteig 2 oder 5(bzw. 6)	Bahnsteig 4	Bahnsteig 2	Bahnsteig 2/3
Bewertung	Platz 3	Platz 4	Platz 2	Platz 1

Tabelle 10-8 Übersichtlichkeit der Varianten 1-4 im Vergleich

Weiterhin von Bedeutung sind die Umsteigewege, hierbei ist ein bahnsteiggleiches Umsteigen im Richtungsbetrieb als optimal einzustufen. Die Bahnsteige der S-Bahn sind zwangsläufig nur über Treppenanlagen zu erreichen. Eckverkehre werden in ihrer Bedeutung an dieser Stelle schwächer bewertet. **Bedeutende Umsteigebeziehungen sind in der Tabelle fett gekennzeichnet**, *über Eck-Beziehungen kursiv*.

Umsteigeweg	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
U1 → T20+23 Ri. Hermannplatz	*2*	*2*	*2*	*2*
U1 → T20+23 Ri. Norden	**2**	**2**	**2**	**2**
U15 Ri. Uhlandstraße → T23 Ri. Hermannplatz	2	1	2	2
U15 Ri. Uhlandstraße → T23 Ri. Norden	*2*	*2*	*1*	*2*
U15 Ri. Norden → T20+23 Ri. Hermannplatz	*2*	*2*	*2*	*2*
U15 Ri. Norden → T23 Ri. Norden	**2**	**1**	**1**	**1**
T20+23 Ri. Hermannplatz → U1	**2**	**2**	**2**	**2**
T23 Ri. Hermannplatz → U15 Ri. Uhlandstraße	**2**	**1**	**2**	**2**
T23 Ri. Hermannplatz → U15 Ri. Norden	*2*	*2*	*2*	*2*
T20+23 Ri. Hermannplatz → T23+20 Ri. Nord	*2*	*2*	*2*	*2*
T20+23 Ri. Norden → U1	*2*	*1*	*2*	*2*
T20+23 Ri. Norden → U15 Ri. Uhlandstraße	*2*	*2*	*1*	*2*
Bewertung	Platz 4	Platz 1	Platz 2	Platz 3

Tabelle 10-9 Umsteigequalität der Varianten 1-4 im Vergleich

Umsteigebeziehungen, die auf einem längeren Parallel-Abschnitt der Linien bahnsteiggleich erfolgen oder die durch gezieltes Einsteigen vermieden werden können:

- U1 → U15 Ri. Norden
- U15 Ri. Uhlandstraße → U1
- U15 Ri. Uhlandstraße → T20 Ri. Hermannplatz
- U15 Ri. Norden → Tram 20 Ri. Norden
- Tram 20 Ri. Hermannplatz → U15 Ri. Uhlandstraße
- Tram 23 Ri. Nord → U15 Ri. Nord
- Tram 23 Ri. Nord → T20 Ri. Nord
- Tram 20 Ri. Norden → Tram 23 Ri. Norden

und nicht sinnvolle Umsteigebeziehungen wegen identischem Linienweg oder Rückfahrt auf gleicher Strecke werden für die Bewertung nicht betrachtet.

10.2.5.4 Zusammenfassung der Einzelergebnisse

	Variante 1	**Variante 2**	**Variante 3**	**Variante 4**
Anlagen / Kosten (nur a-Varianten)	Platz 3	Platz 4	Platz 1	Platz 2
Anlagen / Kosten (nur b-Varianten)	Platz 3	Platz 1	Platz 2	Platz 4
Betrieb	Platz 1	**wegen Einfahrt/Einfahrt Behinderung ausgeschlossen**	**wegen Einfahrt/Einfahrt Behinderung ausgeschlossen**	Platz 2
Übersichtlichkeit / Eindeutigkeit	Platz 3	Platz 4	Platz 2	Platz 1
Umsteigebeziehungen	Platz 4	Platz 1	Platz 2	Platz 3
Gesamtplatzierung	**Platz 2**	**keine**	**keine**	**Platz 1**

Tabelle 10-10 Gesamtergebnis der Variantenuntersuchung

Variante 4 stellt im Gesamtergebnis den besten Kompromiss zwischen kostenmäßigen, betrieblichen und verkehrlichen Anforderungen dar.

10.3 Entwurf des U/Tram-Bahnhofs Warschauer Straße

Wie in Kapitel 7.2.6 bereits erwähnt, ist die Verschiebung des U-Bahnhofs Warschauer Straße über den S-Bahnhof geplant. Der zunächst vorgestellte Entwurf stammt aus dem Stadtentwicklungsplan-Verkehr (STEP-V) von 1995 [38] und hier als „Südvariante“ bezeichnet. Dieser Entwurf wurde unter der Maßgabe erstellt, die U-Bahn zu einem späteren Zeitpunkt in Richtung Frankfurter Tor zu verlängern. Dementsprechend ist die Anlage in relativ großer Entfernung zur Revaler Straße angeordnet, um die Tunnelrampe einordnen zu können.

Nachteilig an diesem Entwurf ist, daß die Mehrzahl der Fahrgäste, (Ein-/ Aussteiger von / nach Revaler Straße und den Wohngebieten nördlich, Umsteiger von / zur S-Bahn und schätzungsweise die Hälfte der Umsteiger von / zur Tram) den nördlichen Zugang benutzen werden, nur ein vergleichsweise kleiner Anteil wird den südlichen Zugang benutzen (Ein- / Aussteiger von / nach Warschauer Platz / Oberbaum City, Umsteiger vom / zum Bus und schätzungsweise die übrige Hälfte der Umsteiger von / nach Richtung Tram). In der Folge entsteht eine ungleichmäßige Besetzung der U-Bahnzüge (die Wagen am nördlichen Ausgang werden deutlich voller sein, als die am südlichen Ende).

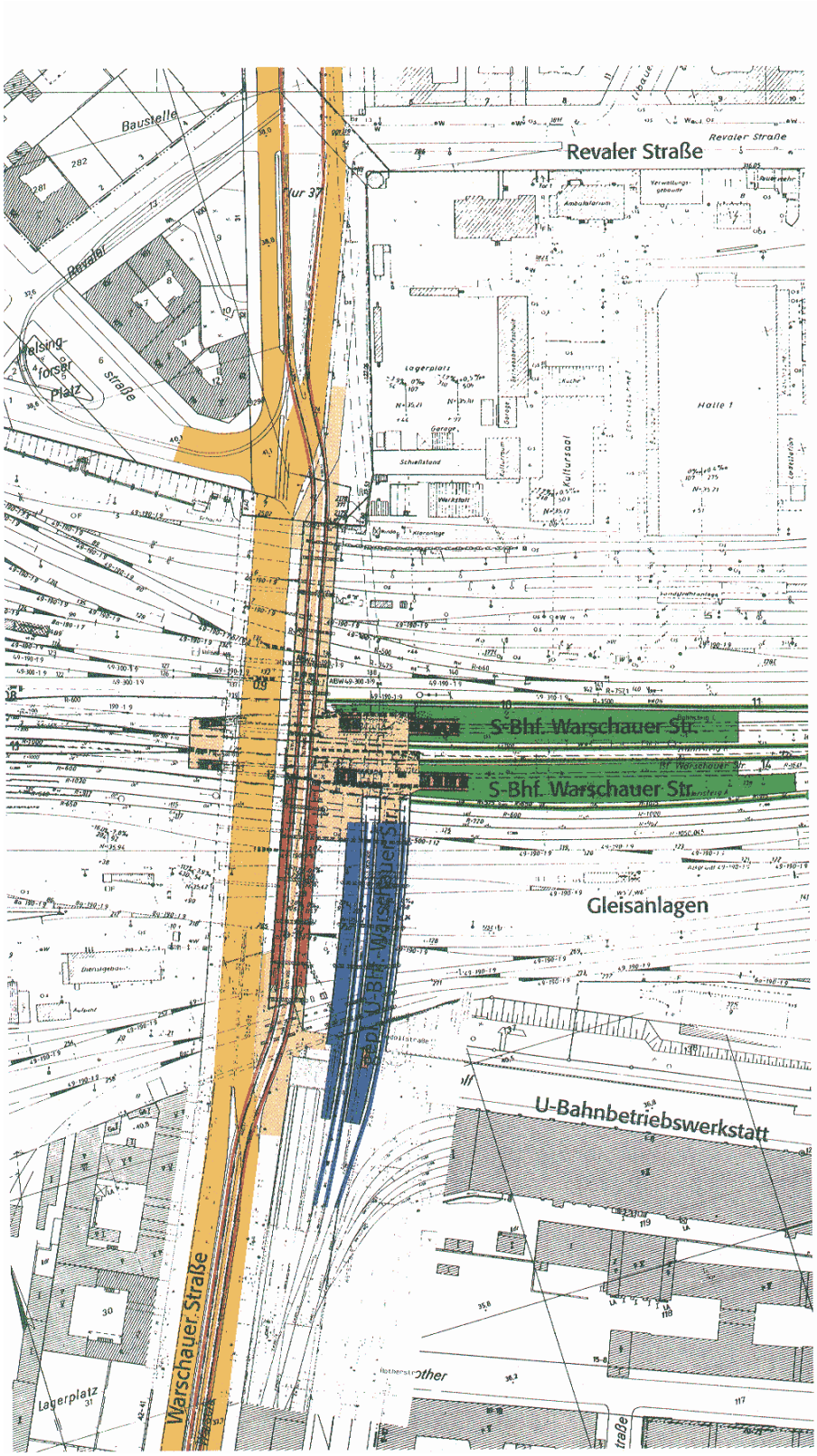


Abbildung 10-10 Entwurf für den U-Bahnhof Warschauer Straße [38]

Vor diesem Hintergrund ist ein neuer Vorentwurf für den Umsteigepunkt erarbeitet worden (Anlage 14.1). Hier befinden sich die Bahnsteige für U-Bahn, UTram und Tram an der nördlichen

Seite der Warschauer Brücke. Die bisherige Bushaltestelle südlich der Warschauer Brücke kann beibehalten werden (u.a. wegen der dort gelegenen Arztpraxen), eine neue Bushaltestelle sollte nördlich der Warschauer Brücke eingerichtet werden (hauptsächlich für Umsteiger und Anwohner). Der Strom der Ein-, Aus- und Umsteiger teilt sich dann folgendermaßen auf:

- Nördlicher Zugang: Ein- / Aussteiger der nördlichen Wohngebiete, Mehrzahl der Umsteiger von / nach Richtung Tram, Umsteiger Bus
- Südlicher Zugang: Umsteiger von / zur S-Bahn, Ein- / Aussteiger Gebiet Warschauer Platz / Oberbaum City.

Die Fahrgastströme unterscheiden sich nicht so gravierend, wie die in der Südvariante, daher ist auch von einer gleichmäßigeren Fahrgastverteilung über die Zuglänge bei der U-Bahn zu rechnen.

Der nördliche Zugang zu den Bahnsteigen erfolgt stufenfrei, der U-Bahnsteig (Bahnsteig 3) ist über eine flache Rampe am nördlichen Ende zu erreichen. Der Zugang Richtung Süden erfolgt im Tram und UTram-Bereich (Bahnsteige 1 und 2) stufenfrei, am südlichen Ende des Bahnsteigs 3 schließt eine Rampe an, der Zugang erfolgt über die Gleise der UTram und Tram. Ebenfalls am südlichen Bahnsteigende werden die Verbindungstreppenanlagen zur S-Bahn vorgesehen, die genaue Anordnung kann erst in Abstimmung mit der DB Netz AG erfolgen, wenn der Umbau des S-Bahnhofs geplant wird. Die im Entwurf (Anlage 14.1) dargestellten Bahnsteigbreiten sind als Mindestmaße zu verstehen, es existiert ausreichend Platz für die Anordnung von breiteren Bahnsteigen (insbesondere der Bahnsteig 3 kann und sollte deutlich breiter ausgeführt werden, um die zu erwartenden zusätzlichen Umsteigeströme aufzunehmen).

Mehrkosten durch die Systemverknüpfung gegenüber der bisher geplanten Bahnhofsverlegung entstehen für den Bahnhof selbst nur durch die verschiebungsbedingte Verlängerung der U-Bahn/Tram-Brückenanlage um ca. 145 m. Für die Gleise 3 und 4 der UTram erfolgt die Fahrstromversorgung mittels Straßenbahn-Fahrleitung, dafür entfällt in diesem Bereich die seitliche Stromschiene. Der Anschluß der Gleise der U-Bahn an das Tram-Netz erfordert nur zwei zusätzliche Weichen, eine Kreuzung und ca. 120 m Gleisneubau. Am südlichen und am nördlichen Bahnhofskopf sind im Bereich der Kreuzung der Fußgängerströme mit der Trasse der UTram Bahnübergänge einzurichten.

11 Streckenführung und Linienkonzeption

11.1 Grundlagen der Untersuchung

11.1.1 Verkehrsnachfragematrix

Für die Berechnung des Verkehrsaufkommens wird eine Prognosematrix der BVG für den Zeithorizont 2010 verwendet. Diese Matrix wird auf Basis der Einwohner- und Beschäftigungsentwicklung für die Region Berlin kontinuierlich fortgeschrieben. Mit freundlicher Genehmigung der BVG durfte diese Matrix für die Modellrechnung genutzt werden. Es handelt sich jedoch um internes Datenmaterial, das keinen Dritten zur Kenntnis gelangen darf. Deshalb können an dieser Stelle die Ergebnisse nur qualitativ wiedergegeben werden. Die verwendete Matrix ist statisch, das heißt, die Ergebnisse sind ausschließlich Verlagerungen im bestehenden Netz.

Die Veränderungen der Gesamtfahrgastzahlen im ÖPNV können nur überschlägig auf der Basis der Veränderung der Gesamtreisezeitsumme im Netz unter Verwendung von Nachfrageelastizitäten abgeschätzt werden. Die Nachfrageelastizität ist eine empirisch ermittelte Kennziffer, die Veränderungen der Nachfrage aufgrund der Veränderungen im Verkehrsangebot abbildet. Eine Nachfrageelastizität von –0,9 in Bezug auf die Reisezeit bedeutet, daß bei einer Reisezeitverkürzung um 10% die Nachfrage um 10% * 0,9 = 9% steigt.

Für die Umlegung des Verkehrsaufkommens der ÖPNV-Nachfragematrizen werden die Verkehrsbeziehungen haltestellengenau in das ÖPNV-Netz eingespeist. Die Wegewahlberechnung erfolgt im IVU-Programmsystem MICRONETZ mit Hilfe eines Mehrwegeverfahrens. Zu- und Abgangszeiten, sowie Umsteigezeiten, Taktzeiten und die Qualität des Verkehrsmittels beeinflussen die Wegewahl erheblich. Eine umfassende Darstellung des Verfahrens ist in [40] zu finden.

Als Streckennetz wird das Prognosenetz 2010 zugrundegelegt (Anlage 16). Für den Bereich Warschauer Straße bedeutet das, daß die Straßenbahnlinien 20 und 23 über die Warschauer Brücke hinaus bis Neukölln Hermannplatz verlängert wurden und im Zuge der Umgestaltung des Bahnhofs Ostkreuz, verbunden mit der verkehrlichen Neuordnung in dessen Umfeld die Straßenbahnstrecke durch die Boxhagener Straße entfallen ist. Die Linie 21 fährt wie heute die Linie 23 auch durch die Kopernikusstraße und Wühlischstraße, biegt jedoch am Wühlischplatz ab und führt durch die Sonntagstraße zum Bahnhof Ostkreuz.

Die Hauptunterschiede des Zielnetzes 2010 sind:

- Verlängerung von S-Bahnstrecken: S25 im Norden bis Velten und im Süden bis Teltow-Stadt, Vollring, S5 im Westen bis Falkensee, S75 bis Karower Kreuz

- Verlängerung von U-Bahnstrecken: U5 im Westen bis Lehrter Bahnhof, U7 im Süden bis Flughafen Schönefeld

- Verlängerung von Tram-Strecken: T20/T23 von Warschauer Straße nach Hermannplatz, Köpenicker Netz von Pablo-Neruda-Straße nach Müggelschlößchenweg, Adlershof: vom S-Bahnhof über Wissenschaftsstadt nach S-Schöneweide, Treptow/Neukölln: von Haeckelstraße nach U-Zwickauer Damm, Friedrichshain: vom Platz der Vereinten Nationen über Ostbahnhof und Heinrich Heine Straße nach Spittelmarkt, Mitte: von Alexanderplatz über Spittelmarkt und Leipziger Straße zum Kulturforum, T20 von Eberswalder Straße über Bernauer Straße und Nordbahnhof nach Lehrter Bahnhof, T1 von Heinersdorf Richtung Fafnerstraße

- Änderung / Verlegung von Tram-Strecken: T21 Strecke in der Boxhagener Straße entfällt, Zusätzliche Verbindungskurven aus Warschauer Straße Richtung Revaler Straße, Weiterführung über Wühlischstraße, Sonntagstraße zum Bahnhof Ostkreuz.

11.2 Streckennetz und Linienvarianten

Die Festlegung der weiterführenden U-Bahnlinie geschah unter dem Gesichtspunkt, die Linie zu wählen, die im Falle von Störungen als weniger problematisch einzuschätzen ist. Die Linie U1 hat gegenüber der Linie U15 zwar das größere Nachfragepotential u.a. durch ihre Anbindungsfunktion an die Freie Universität Berlin, eignet sich jedoch aufgrund der größeren Streckenlänge von 18,7 km und der längeren Fahrtzeit von 40 Minuten für die Strecke zwischen Warschauer Straße und Krumme Lanke nur bedingt für die Systemverknüpfung. Die Linie U15 ist nur 8,8 km lang und benötigt für die Strecke zwischen Warschauer Straße und Uhlandstraße 20 Minuten. U1 und U15 haben gemeinsame Umsteigebahnhöfe mit der U8 am Kottbusser Tor, der U6 am Halleschen Tor, der U7 am Bahnhof Möckernbrücke, der U2 am Gleisdreieck, am Nollendorfplatz – dort zusätzlich mit der U4 – und am Wittenbergplatz. Am Wittenbergplatz trennen sich die Linienwege, die U1 führt weiter Richtung Wilmersdorf und Dahlem mit Umsteigemöglichkeiten zur U9 am Bahnhof Spichernstraße, zur U7 am Fehrbelliner Platz und zur S-Ringbahn am Heidelberger Platz. Die U15 führt über Kurfürstendamm (Übergang zur U9) bis zum Endpunkt Uhlandstraße. Auf der Linie U1 werden derzeit 15 Zugumläufe eingesetzt, auf der U15 sind es Neun. Die Straßenbahnlinie 20 benötigt derzeit nach Fahrplan für die Stracke Warschauer Straße – Frankfurter Tor 6 Minuten, für die Strecke bis Landsberger Allee (SEZ) weitere 6 Minuten.

Um die Störanfälligkeit der UTram zu begrenzen, ist es nicht empfehlenswert, eine zu große Linienlänge zu wählen. Als Linienendpunkt erscheint hier die Haltestelle an der Landsberger Allee (SEZ) sinnvoll. Hier existiert Anschluß zu den am stärksten nachgefragten Radialstrecken im Tram-Netz, zudem nimmt die Querschnittsbelstung der Linie 20 nördlich der Landsberger Allee ab. Im aktuellen Fahrplanangebot stellt der Knoten Landsberger Allee / Petersburger Straße einen Grenzpunkt dar, d.h. bei einer Routenwahl (mittels Fahrinfo-Programm der BVG) von Startpunkten nördlich (z.B. Greifswalder Str. / Danziger Str. oder Prenzlauer Allee / Danziger Str.) in Richtung Hallesches Tor oder Kurfürstendamm hat die Kombination T20 mit U1 bzw. U15 ca. 6 Minuten

längere Fahrzeiten als die Route über die Radialen (T1,2,3,4) über Alexanderplatz bzw. Friedrichstraße. Südlich der Landsberger Allee hat die Kombination T20 + U15 die geringfügig kürzeren Fahrzeiten.

Als Problempunkt stellt sich zur Zeit auf dieser Strecke jedoch der Bersarinplatz dar, dessen Gleisumfahrung mit ihren engen Radien das Geschwindigkeitsprofil negativ beeinträchtigt und besonders starkem Verschleiß unterworfen ist. An dieser Stelle ist die gerade Durchführung der Strecke über die Platzfläche anzustreben. Vor dem Hintergrund, daß auf der UTram 103 m lange Züge eingesetzt werden sollen, die nur auf unabhängigem oder besonderem Bahnkörper eingesetzt werden dürfen, ist die Gleisverlegung erforderlich. Die Abmarkierung und Sicherung des gesamten Bersarinplatzes als Bahnübergang bzw. besonderer Bahnkörper ist weder sinnvoll noch durchsetzbar. Es würde eine Fahrspur entfallen müssen und bei Zugfahrt müsste mindestens eine Platzhälfte für den gesamten Kfz-Verkehr gesperrt werden. Ein Umbau der Gleisanlage entsprechend dem Entwurf in Anlage 15.2 würde sowohl dem Straßenverkehr – durch eine zusätzlich vollständig zu nutzende Fahrspur und das damit verringerte Unfallrisiko, als auch der Tram durch direktere Linienführung und damit höhere Geschwindigkeit und weniger Verschleiß und Lärmentwicklung von Nutzen sein. Dieses Vorhaben kann erst nach ausreichendem zeitlichen Vorlauf realisiert werden, denn unter der Platzfläche befinden sich alte Abwasseranlagen (Katakomben), die marode sind und erst vollständig erneuert oder verlegt werden müssen.

11.3 Modellrechnung

Um abschätzen zu können, welchen Umfang die erforderlichen Maßnahmen für die Einführung des UTram-Systems haben sollten, wurde die Modellrechnung zur Abschätzung der zu erwartenden verkehrlichen Effekte für die Varianten

- Tram-Qualität – Störanfälligkeit und Wartezeiten an Knotenpunkten und Weitergabe der Störungen an den echten U-Bahn-Abschnitt der U15,
  geringere Reisegeschwindigkeit durch längere Zugangszeiten zum System als Stellgröße für die Modellrechnung

- U-Bahn-Qualität – deutlich geringere Störanfälligkeit und absolute Bevorrechtigung an Knotenpunkten,
  gleiche Beschleunigung und Höchstgeschwindigkeit wie Tram, aber höhere Reisegeschwindigkeit durch kürzere Zugangszeiten zum System als Stellgröße für die Modellrechnung

durchgeführt.

Desweiteren sind die Varianten jeweils mit einer Linie

- Uhlandstraße – Frankfurter Tor und

- Uhlandstraße – Landsberger Allee (SEZ)

gerechnet worden.

Insgesamt wurden folgende Varianten gerechnet:

1. „U20IST“ Bezugsnetz – mit altem U-Bahnhof Warschauer Straße und alten Tram Haltestellen, keine Systemverknüpfung, Tram 20 und 23 verkehren zum Hermannplatz, Netz 2010 (Anlage 17.1)

2. „U20PLAN“ Planungsnetz mit neuem U-Bahnhof im Kreuzungspunkt mit der S-Bahn und neuer Tram-Haltestelle auf der Warschauer Brücke, keine Systemverknüpfung, Tram 20 und 23 verkehren zum Hermannplatz, Netz 2010 (Anlage 17.2)

3. „U20FT“: Planungsnetz mit U15 bis Frankfurter Tor verlängert als Linientyp Tram (Anlage 17.3)

4. „U20FU“: wie U20FT, jedoch als Linientyp U-Bahn (Anlage 17.4)

5. „U20LT“: Planungsnetz mit U15 bis Landsberger Allee verlängert als Linientyp Tram (Anlage 17.5)

6. „U20LU“: wie U20LT, jedoch als Linientyp U-Bahn (Anlage 17.6)

Die Ergebnisse der Modellrechnung können, da es sich bei der Datengrundlage um internes Material der BVG handelt, nicht in absoluten Zahlen dargestellt werden. Folglich ist in den Karten in Anlage 17 die grafische Darstellung ohne Maßstab und bildet nur grob die zu erwartenden Änderungen innerhalb des ÖPNV-Netzes ab. Die Zahlen haben zudem nur eine begrenzte Aussagefähigkeit, da es sich nicht um eine intermodale Umlegung handelt, die auch echte Fahrgastgewinne abbilden würde. Die zusätzlich auf der Basis der zu erwartenden Gesamtreisezeitverkürzungen u.a. aufgrund der Reduktion der Umsteigezeiten im Gesamtnetz über Nachfrageelastizitäten ermittelten Fahrgastgewinne sind zudem unspezifisch und auf das Gesamtnetz bezogen, treten aber mit größter Wahrscheinlichkeit im näheren Umfeld der Verknüpfungsstrecke auf.

Was für die Abschätzung des verkehrlichen Nutzens nicht quantifiziert werden konnte, sind zusätzliche Effekte durch die allgemeine Verbesserung der Netzstruktur und Erreichbarkeiten, psychologische Effekte, steigende Kraftstoffpreise für den MIV sowie verändertes Mobilitätsverhalten durch politische und gesellschaftliche Randbedingungen. Weiterhin wurden die zusätzlichen Möglichkeiten von Fahrgastgewinnen durch eine auf die Systemverknüpfung orientierte Neuordnung des Tram-Netzes nicht speziell untersucht.

Es kann weiterhin erwartet werden, daß deutliche Fahrgastgewinne vor allem im Spätverkehr, Wochenendverkehr und Nachtverkehr zu erreichen sind, wo durch die ausgedünnten Takte vom Kunden besonderer Wert auf möglichst wenig Umsteigevorgänge bzw. umsteigefreie Verbindungen gelegt wird. Naheliegend wäre hier z.B. die Verbindung der Nachtlinien U12 und T20 zu einer gemeinsamen Linie, die die „Szenebezirke“ Prenzlauer Berg, Friedrichshain und Kreuzberg mit dem Zentrum West umsteigefrei verbindet.

11.4 Ergebnisse der Modellrechnungen

Der stärkste Fahrgastzuwachs wird durch die Verschiebung des U-Bahnhofs über den S-Bahnhof und die Verschiebung der Tram-Haltestelle über den S-Bahnhof erreicht, die Querschnittbelastung am Bahnhof Warschauer Straße der U1 und U15 würde sich ohne externe Zugewinne etwa verdoppeln, wobei dieses Ergebnis in erster Linie auf eine deutliche Steigerung der S-Bahn – U-Bahn Umsteiger aus den östlichen Randgebieten zurückzuführen ist.

Der Fahrgastgewinn durch die Systemverknüpfung tritt erst nördlich der Haltestelle Grünberger Straße deutlicher auf, südlich wird der Effekt durch die Zuwächse aus der Verlegung des U-Bahnhofs sehr stark überlagert.

Eine Verlängerung der U15 in Tram-Qualität würde im Tram-Bereich unabhängig von der Linienlänge (bis Landsberger Allee oder bis Frankfurter Tor) zu Fahrgaststeigerungen zwischen ca. 14 und 32 % auf dem Streckenabschnitt in der Warschauer Straße führen, auf dem Abschnitt Frankfurter Tor – Landsberger Allee würden die Zuwächse zwischen 2 und 15 % liegen. Hingegen wären im U-Bahnbereich der Linienvariante „U20FT“ sogar eine geringfügige Abnahme im Vergleich zu Variante „U20PLAN“ zu verzeichnen. Ursache hierfür ist vor allem, daß eine Linie in Tram-Qualität betriebliche Störungen in das U-Bahnnetz transportieren würde. Die zu erwartenden externen Fahrgastgewinne sind bezogen auf das Gesamtnetz eher gering, es finden hauptsächlich Verlagerungen statt. Insgesamt schneiden die Varianten mit der Verknüpfung in Tram-Qualität kaum besser ab, als die reine Verschiebung des Umsteigepunkts über die S-Bahn.

Wählt man für die Verknüpfung U-Bahnqualität, sind die Steigerungen der Fahrgastzahlen, sowohl im gemeinsamen UTram / Tram – Streckenabschnitt durch die in der Folge auftretende andere Wegewahl, als auch durch externe Zugewinne infolge kürzerer Reisezeiten und besserer Systemvernetzung deutlich höher. Für den Streckenabschnitt in der Warschauer Straße ergeben sich Zuwächse von bis zu 72 %, für den Abschnitt Frankfurter Tor – Landsberger Allee ergeben sich erst ab der Variante „U20LU“ Zuwächse zwischen 25 und 37 %.

Insgesamt lässt sich feststellen, daß die U-Bahn-Varianten zu etwa doppelt bis abschnittsweise sogar viermal so hohen Fahrgastzuwächsen gegenüber den Tram-Varianten führen würden. Im Vergleich der Streckenlängen-Varianten Uhlandstraße - Frankfurter Tor und Uhlandstraße - Landsberger Allee schneiden die Varianten mit einer Linie bis Lansberger Allee auf dem Abschnitt in der Warschauer Straße etwa nur 1,2 bis 1,8 mal besser als die bis Frankfurter Tor ab, auf dem Abschnitt zwischen Frankfurter Tor und Landsberger Allee liegen diese Varianten jedoch schon zwischen 2,2 und 11,5 mal besser als die Variante bis Frankfurter Tor.

Vor dem Hintergrund der erzielbaren Fahrgastgewinne ist für die UTram eine U-Bahnqualität mit absoluter Vorrangschaltung an Knotenpunkten und die Linienführung bis Landsberger Allee als

Ideallösung einzustufen, schon eine Verlängerung nur bis Frankfurter Tor in U-Bahnqualität ist wünschnswert.

11.5 Bevorrechtigung / LSA-Steuerung

Um U-Bahn-Qualität zu erreichen, ist die Bevorrechtigung des Schienenfahrzeugs an den Knotenpunkten der wichtigste Faktor. Die bisherige LSA-Steuerung mit Freigabe-Anforderung durch die Tram ist nach eigenen Erfahrungen bei mehrfach durchgeführten Fahrten auf der Strecke der T20 als durchaus optimierungsbedürftig einzuschätzen.

Folgende Lichtsignalanlagen fielen hierbei als regelmäßiger Verursacher von Verlustzeiten durch Halt an der LSA auf:

1. Fußgängerüberweg nördlich der Warschauer Brücke: 1-2 s Verlust durch Halt: LSA muß mit der Anlage südlich der Warschauer Brücke zeitlich abgestimmt werden, so daß die Tram bei Abfahrt von dort bis in die Haltestelle S-Bahnhof Warschauer Straße ohne Halt durchfahren kann. Dieser Knotenpunkt ist nur im Bestandsnetz relevant, für die Systemverknüpfung erfolgen im Bereich der Warschauer Brücke umfangreiche Umbauten.

2. Kreuzung mit der Frankfurter Allee: In Richtung Nord verlässt die Tram die Haltestelle Richtung Kreuzung oft in dem Moment des Sperrzeitbeginns / Freigabe der Querrichtung auf der Frankfurter Allee, Richtung Süd kommt die Tram im Regelfall aus der Bersarinplatzkurve, wenn die Querrichtung ihre Freigabe erhält und wartet entsprechend an der LSA, Verlustzeit jeweils ein halber LSA-Umlauf – bei Annahme einer Umlaufzeit von 90 Sekunden bedeutet das ca. 45 Sekunden Verlust. Bei der Variante UTram bis Frankfurter Tor würde dieser Knotenpunkt keinen Einfluss auf die Linie haben, bei der Variante UTram bis Landsberger Allee sollte die LSA-Steuerung des Knotenpunkts und das RBL mit Datenaustausch in beiden Richtungen gekoppelt werden, so daß Betriebsführung und LSA-Phasen aufeinander abgeglichen werden können, ohne daß am Knotenpunkt Wartezeitverluste entstehen.

3. Kreuzung Petersburger Straße / Mühsamstraße: Tram kommt in beiden Richtungen am Knoten zum Halt, ohne daß nennenswerter Querverkehr existiert. Umbau der Anlage als Bedarfsampel, so daß Querrichtung und Fußgänger sich die Freigabezeit anfordern müssen, Kopplung der Sperrzeitanforderung mit RBL um Verlustzeiten für Tram auszuschließen und Eintaktung in LSA-Steuerung für den gesamten Streckenabschnitt der Petersburger Straße.

4. Kreuzung Petersburger Straße / Straßmannstraße: Tram kommt in beiden Richtungen am Knoten zum Halt, Richtung Süden unproblematisch, da LSA-Haltezeit mit Fahrgastwechselzeit zusammenfällt. Umbau der Anlage als Bedarfsampel, so daß Querrichtung, Linksabbieger und Fußgänger sich die Freigabezeit anfordern müssen, Kopplung der Sperrzeitanforderung mit RBL um Verlustzeiten für Tram auszuschließen und LSA-Steuerung für den gesamten Streckenabschnitt der Petersburger Straße.

5. Kreuzung Petersburger Straße / Kochhannstraße: Tram kommt in beiden Richtungen am Knoten zum Halt, ohne daß nennenswerter Querverkehr existiert. Umbau der Anlage als Bedarfsampel, so daß Querrichtung und Fußgänger sich eine Freigabezeit anfordern müssen, Kopplung der Sperrzeitanforderung mit RBL um Verlustzeiten für Tram auszuschließen und LSA-Steuerung für den gesamten Streckenabschnitt der Petersburger Straße.

6. Kreuzung Petersburger Straße / Landsberger Allee: Tram kommt in beiden Richtungen am Knoten zum Halt, Richtung Süden unproblematisch, da LSA-Haltezeit mit Fahrgastwechselzeit zusammenfällt. Die LSA-Steuerung des Knotenpunkts und das RBL sollte mit Datenaustausch in beiden Richtungen gekoppelt werden, so daß Betriebsführung und LSA-Phasen aufeinander abgeglichen werden können ohne daß am Knotenpunkt Wartezeitverluste entstehen. Bei Anlage des UTram-Endpunkts südlich der Kreuzung ist dieser Knotenpunkt für die UTram-Linie nicht von Bedeutung.

Die Knotenpunkte zwischen Warschauer Brücke und Frankfurter Allee waren in Richtung Norden nicht auffällig, in Richtung Süden traten jedoch an der Grünberger Straße und Kopernikusstraße Wartezeitverluste auf. Nach einer Optimierung dieser Knotenpunkte kann für den Streckenabschnitt in der Warschauer Straße schon relativ bald annähernde U-Bahnqualität erreicht werden. Der Streckenabschnitt Frankfurter Allee bis Landsberger Allee erfordert noch umfangreiche Maßnahmen zur Optimierung der Knotenpunkte. Eine intelligente Steuerung, gekoppelt mit dem RBL der Tram / UTram könnte hier jedoch zu deutlichen Reisezeitgewinnen und somit zur Attraktivitätssteigerung beitragen.

11.6 Ausführung der Endstellen / Kehranlagen

11.6.1 U Frankfurter Tor

Am Endpunkt Frankfurter Tor ist ein Kehrgleis in der Mittelpromenade als betrieblich und verkehrlich optimale Variante die naheliegende Lösung. Der Knotenpunkt muß bei dieser Variante nicht gekreuzt werden, was die betriebliche Stabilität gegenüber einer Variante nördlich des Knotens deutlich erhöht. Die Lage der Tram-Bahnsteige südlich des Knotens trägt zu kurzen Umsteigewegen bei, Umsteiger aus der U5 können auf kürzestem Weg den optimalen Abfahrtsbahnsteig erreichen. Bei einer Variante nördlich der Frankfurter Allee ist durch den Fußgängerüberweg in der nördlichen Gehwegachse ein Abrücken der Bahnsteige um ca. 50 m vom Knoten die Folge, die Wege zum Zugang der U5 würden dabei von ca. 40 m auf ca. 60-70 m verlängert werden. Zudem würde der Bahnsteig an einer Steigungsstrecke liegen, was generell ungünstiger ist.

11.6.2 Landsberger Allee (SEZ)

Für den Endpunkt an der Landsberger Allee sind drei Varianten denkbar:

1. Nördlich der Landsberger Allee an der bestehenden Haltestelle der T20
2. in der Landsberger Allee an der 124 m langen Doppelhaltestelle der Linien 5,6,7,8,15 und 27
3. südlich der Landsberger Allee

In der folgenden Tabelle werden die Vor- und Nachteile der Varianten gegenübergestellt:

Lage	Vorteile	Nachteile
Nördlich der Kreuzung Landsberger Allee / Danziger Straße (bestehende Haltestelle der T20)	• Vorhandene Haltestelle kann weitergenutzt werden (Kosteneinsparung)	• Knotenpunkt muß gekreuzt werden mit damit verbundenen Reisezeitverlusten und höheren Kosten für Sicherungsanlagen und LSA-Bevorrechtigung • Kehrgleis nördlich aus Platzgründen problematisch (Baumreihen)
Landsberger Allee (bestehende Doppelhaltestelle der Linien T5,6,7,8,15,27)	• Keine Umbauten erforderlich, da die vorhandenen Doppelhaltestellen ausreichend lang für U-Bahnzüge sind • Kehren in der Gleisschleife Virchowstraße – Langenbeckstraße möglich	• Extrem dichte Zugfolge (bis unter 1 Minute) durch sechs parallele Linien, zusätzliche Einführung einer Linie könnte zum vollständigen Verkehrskollaps an diesem Punkt führen. • Verschiedene Abfahrtbahnsteige für T20 und U15 Richtung Süden
Südlich der Kreuzung Landsberger Allee / Danziger Straße (Neubau)	• Kein Kreuzen der Landsberger Allee erforderlich, dadurch kürzere Fahrzeit und mehr betriebliche Stabilität	• Vollständiger Neubau (Kostensteigerung)

Tabelle 11-1 Vor- und Nachteile der Endpunktvarianten Landsberger Allee

Aus Kostensicht ist die Einführung in die Doppelhaltestelle mit Kehrfahrt durch die Gleisschleife Virchowstraße ideal, da keine Zusatzinvestitionen erforderlich sind. Die Verbindungskurven in diese Richtung existieren bereits.

Äußerst problematisch ist jedoch die jetzt schon extrem dichte Zugfolge auf der Landsberger Allee, so fahren stadtauswärts/stadteinwärts

- zwischen Stunde 5 und 6: 18/23 Züge,
- zwischen Stunde 6 und 7: 29/38 Züge,
- zwischen Stunde 7 und 8: 37/39 Züge,
- zwischen Stunde 8 und 9: 27/36 Züge, und
- ab Stunde 9 stündlich 27/27 Züge

Insbesondere die 39 Züge zwischen 7 und 8 Uhr stadteinwärts bedeuten im Mittel einen 92 Sekunden-Takt, im restlichen Tagesverlauf ist es ein 133 Sekunden-Takt. Die Einführung von zusätzlich 10 Zügen je Stunde würde dann in der Spitzenstunde 49 Züge, d.h. einen 73 Sekunden-Takt bedeuten – im Tagesrest noch 37 Züge, d.h, ein 97 Sekunden-Takt – bei dieser Taktfolge ist ein stabiler Betrieb nicht mehr zu gewährleisten.

Da die Verbindungskurve von/nach Osten Richtung Norden derzeit weder im Tagesnetz, noch wie früher im Nachtnetz durch die Linie N55 befahren wird, existiert kein verkehrlicher und betrieblicher Zwang zur Weiternutzung des nördlichen Bahnsteigpaares. Die Anlage neuer Bahnsteige südlich des Knotenpunkts stellt sich trotz einmaliger Investitionskosten als beste Lösung dar.

11.7 Infrastrukturmaßnahmen

Als Voraussetzung wird davon ausgegangen, daß die Verlängerung der Tram Richtung Neukölln bereits erfolgt ist, ein Enden und Beginnen der Züge am Bahnhof Warschauer Straße ist nicht mehr erforderlich, die bisherige Kehranlage der T20 südlich der Warschauer Brücke existiert nicht mehr und die Kehrschleife der T23 nördlich der Warschauer Brücke wird nicht mehr betrieben.

Die Einführung der UTram kann in mehreren Abschnitten erfolgen, der Finanzbedarf ist vom jeweils erforderlichen Maßnahmenpaket abhängig.

- Erster Abschnitt: Neubau des U-Bahnhofs Warschauer Straße und einer Tram-Brücke zwischen jetziger Straßenbrücke und neuem U-Bahnhof mit Bahnsteigen direkt über dem Kreuzungspunkt mit der S-Bahn. Im Zuge dieser Maßnahme ist der gleisseitige Anschluß der U-Bahn an das Tram-Netz vorzunehmen, die bisherigen Tram-Haltestellen S-Warschauer Straße und Revaler Straße entfallen, das Haltestellenpaar südlich der Warschauer Brücke am alten U-Bahnhof entfällt ebenfalls. Die U-Bahnstrecke wird vom Tram-Netz aus bis etwa zur Brücke über die Stralauer Allee mit Fahrleitung überspannt, damit der Systemwechsel (Anlegen bzw. Abziehen des Dachstromabnehmers und elektrische Umschaltung) - wie in Rotterdam – während der Fahrt erfolgen kann. Auf der Mittelpromenade der Warschauer Straße zwischen Boxhagener Straße und Frankfurter Allee ist ein drittes Gleis mit Weichenverbindungen Richtung Süden und Gleisabschluß Richtung Norden als Kehrgleis für die UTram zu legen. Das Kehrgleis wird um 22 cm abgesenkt (bei 25 m Rampenlänge mit 8,8 $^{0}/_{00}$ Steigung), damit es beidseitig Bahnsteigkanten auf Höhenlage der Mittelpromenade erhalten kann. Der Einsatz von Kurzzügen auf der dann mit neuen Fahrzeugen zu

bedienenden U15 würde vorläufig keine weitere Maßnahmen im Tram-Netz erfordern. Abschnitt Eins entspricht Realisierung der Variante „U20FT“.

- Zweiter Abschnitt: Um auch Langzüge einsetzen zu können, ist die Verlängerung des westlichen Tram-Bahnsteigs an der Haltestelle Grünberger Straße von 62 m auf 113 m durchzuführen, der östliche Bahnsteig der Haltestelle Grünberger Straße wird südlich der Kreuzung neu gebaut, da der Abstand zur Haltestelle Frankfurter Tor nur ca. 220 m beträgt und zum neuen Bahnhof Warschauer Straße ca. 690 m – nach Verlegung wäre der Haltestellenabstand mit 390 m und 420 m günstiger. Desweiteren sind gemäß §20 BOStrab die Überleitverbindung vom U-Bahnhof ins Tram-Netz nördlich der Warschauer Brücke, der Knotenpunkt Revaler Straße, der Knotenpunkt Kopernikusstraße, der Knotenpunkt Grünberger Straße und der Knotenpunkt Boxhagener Straße mit Andreaskreuzen als Bahnübergänge zu kennzeichnen. Da die auf dieser Strecke vorhandenen fünf Knotenpunkte bereits über relativ brauchbare LSA-Regelungen verfügen, können als kostengünstig und kurzfristig zu realisierende Maßnahme weitere Signalgeber (rote Blinklichter) installiert werden, ohne in die vorhandene Steuerung eingreifen zu müssen. Sinnvoll ist zur Erreichung einer höheren betrieblichen Qualität eine absolute Vorrangschaltung für Schienenfahrzeuge, wie es in vielen anderen Städten Europas bereits praktiziert wird. Fußgängerüberwege können mit Gittern ohne technische Sicherung ausgeführt werden, an stärker frequentierten Überwegen sollten jedoch Blinklichtanlagen installiert werden. Abschnitt Zwei entspricht Realisierung der Variante „U20FU“.

- Dritter Abschnitt: Umbau der Gleisanlage am Bersarinplatz und Bau eines Kehrgleises mit Bahnsteig im Bereich Landsberger Allee, noch keine Anpassung der LSA-Steuerung und Knotenpunkte, entspricht Realisierung der Variante „U20LT“

- Vierter Abschnitt: Verlängerung der Bahnsteige der Haltestellen Bersarinplatz und Straßmannstraße, Sicherung der Knotenpunkte Frankfurter Allee mit nördlicher Fußgängerfurt, Bersarinplatz (Nord und Süd), Mühsamstraße, Straßmannstraße und Kochhannstraße als Bahnübergänge, entspricht Realisierung der Variante „U20LU“.

Da Variante „U20LT“ gegenüber Variante „U20FU“ zu Fahrgastrückgängen führen würde und die betriebliche Stabilität schlechter ist, sollten die Abschnitte Drei und Vier als gemeinsame Maßnahme umgesetzt werden.

11.8 Anmerkungen zu den Streckenplänen im Anhang

Da das zur Verfügung stehende Kartenmaterial im Maßstab 1:1000 auf dem Stand 1975 bis 1976 ist, können die Streckenpläne in den Anlagen 14 und 15 nur als Feststellung der prinzipiellen Machbarkeit dienen, die Trassierung ist zudem freihändig, jedoch unter ungefährer Einhaltung der Mindestradien und üblichen Weichenlängen, Gleisabstände und Bahnsteigbreiten erfolgt.

12 Betriebskonzept

12.1.1 Allgemeines

Bei der Erstellung eines Betriebsmodells wird dem aktuellen Fahrplan für die Frühspitze von 7:30 Uhr bis 9:30 ein Fahrplanentwurf für die Varianten „U20FT“, „U20LT“, „U20FU“ und „U20LU“ für den gleichen Zeitraum gegenübergestellt. Die Taktzeiten im U-Bahnbereich werden für den Musterfahrplan nicht verändert, daher wird auch für die Modellvarianten der derzeit gültige U-Bahnfahrplan zugrunde gelegt. Für die Varianten werden die Tram Linien 21 und 23 wie bisher im 10 Minutentakt angenommen, die Tram Linie 20 wird in den untersuchten Varianten im 6 Minutentakt angenommen.

12.1.2 Fahrplan

Da es sich bei den Varianten „U20FT“ und „U20LT“ um nicht fahrzeitoptimierte Varianten auf Tram-Standard handelt, wurden die Fahrzeiten des Winterfahrplans 2000/2001 übernommen. Die Kehrzeit von 8 Minuten im U-Bahnhof Uhlandstraße wurde in allen Varianten beibehalten.

Für die Varianten „U20FU“ und „U20LU“ wird für den von der UTram und Tram gemeinsam befahrenen Abschnitt die LSA-Steuerung als optimiert angenommen, daher entstehen an den Knotenpunkten keine Wartezeiten. Die Fahrzeiten werden auf Grundlage der Fahrdynamischen Eigenschaften des GT6N, die auch für das Konzeptfahrzeug angenommen werden, berechnet. Die Berechnung erfolgt mittels der bekannten Formeln aus der Physik. Bei den Haltezeiten wird von 20 Sekunden ausgegangen, nur für den Bahnhof Warschauer Straße erfolgt ein Zuschlag von 5 Sekunden auf die Haltezeit aufgrund des besonders starken Umsteigeverkehrs. Zu den ermittelten Fahrzeiten wird ein Puffer von 20% addiert um die endgültigen Fahrzeitwerte festzulegen. Da der Umfang zu erwartender Störungen im Vorfeld nicht exakt quantifizierbar ist sowie teilweise erst im realen Betrieb näher untersucht werden kann und da die aktuellen Fahrpläne über ausreichende Zeitpuffer verfügen, wurden vereinzelt vereinfachende Annahmen getroffen.

Als kürzeste Wendezeit tritt in der Variante „U20LU“ für den Endpunkt Landsberger Allee ein Wert von 3,5 Minuten auf. Als Puffer zum Ausgleich von Verspätungen kann hier also ausschließlich die mit 8 Minuten relativ lange Wendezeit in Uhlandstraße genutzt werden. Bei einer eigenen Messung in der Zeit von 5:30 bis 8:30 Uhr am Endpunkt U+S Warschauer Straße wurde ermittelt, daß die Wendezeit zum Verspätungsausgleich von ursprünglich 6 Minuten teils bis auf 3 Minuten verkürzt wurde, kürzere Wendezeiten wurden nicht realisiert, so daß in den „3-Minuten-Fällen“ eine Restverspätung mitgenommen wurde. Da sich die T20 in der Messung jedoch bis auf Einzelfahrten nicht als besonders verspätungsanfällig gezeigt hat, kann für die Modellvarianten mit ihren deutlich kürzeren Streckenabschnitten im Tram-Netz davon ausgegangen, daß die vorhandenen Zeitpuffer für einen stabilen Fahrplan ausreichend sind.

12.1.3 Fahrzeugbedarf

Es handelt sich bei allen Modellvarianten sich um Maßnahmen handelt, die linientechnisch und fahrzeugseitig das U-Bahnnetz betrifft, wird der Fahrzeugbedarf auf der jetzigen U15 dem der UTram-Varianten gegenübergestellt. Aus der Möglichkeit des freizügigen Übergangs des UTram-Fahrzeugs in das gesamte Tram-Netz kann sich abhängig von weiteren gemeinsamen Linienvarianten und Verlängerungen der bestehenden U-Bahnstrecken über ihre Endpunkte hinaus ein sehr viel höherer Fahrzeugbedarf ableiten. Mittel- bis langfristig könnte das Konzeptfahrzeug sogar den gesamten Kleinprofil-U-Bahn-Fahrzeugpark ersetzen.

Die Ermittlung der benötigten Zugläufe geschieht grafisch anhand der Modellfahrpläne, die Ermittlung der Umlaufzeit auf Grundlage der berechneten Minutenpläne.

Im Bestand wird die U15 mit 9 Zugläufen bei einer Umlaufzeit von 54 Minuten gefahren, für die o.g. Varianten ergibt sich auf der Grundlage der erstellten Fahrpläne jeweils folgender Fahrzeugbedarf:

- U20FT: 11 Zugläufe bei 57 Minuten Umlaufzeit
- U20LT: 13 Zugläufe bei 69 Minuten Umlaufzeit
- U20FU: 10 Zugläufe bei 51 Minuten Umlaufzeit
- U20LU: 11 Zugläufe bei 57 Minuten Umlaufzeit

Fahrzeitvergleich U-Bahnvarianten zu Tram-Varianten

Variante	Fahrzeit	Fahrzeitgewinn zum Winterfahrplan 2000/2001
U20FT (Abschnitt Warschauer Str. – Frankfurter Tor)	4 Minuten	keiner
U20FU (Abschnitt Warschauer Str. – Frankfurter Tor)	2 Minuten 40 Sekunden	1 Minute 20 Sekunden
U20LT (Abschnitt Warschauer Str. – Landsberger Allee)	10 Minuten	keiner
U20LU (Abschnitt Warschauer Str. – Landsberger Allee)	6 Minuten 15 Sekunden	3 Minuten 45 Sekunden

Tabelle 12-1 Fahrzeitvergleich, Fahrzeitgewinn

Bei den Varianten „U20FU“ und „U20LU“ kann sich unter günstigen Umständen durch die Fahrzeitverkürzung der Fahrzeugbedarf auf den Tram Linien 20, 21 und 23 reduzieren, hierzu sind jedoch keine weiterführenden Untersuchungen durchgeführt worden.

13 Kostenschätzung

13.1 Vorbemerkung

Die Kostenschätzung kann nur grob erfolgen, da der genaue Umfang der Maßnahmen noch nicht festzustellen ist. Insbesondere der Umfang von Leitungsumverlegungen und Sanierungsmaßnahmen im Leitungsnetz kann mangels detailierter Kenntnis der Anlagen und Zielplanung der Leitungsträger nicht ermittelt werden.

Als Quellen für die Abschätzung der Infrastrukturkosten dienen unterschiedliche Kostenschätzungen, die im Rahmen von Projekten für verschiedene öffentliche Auftraggeber erstellt wurden. Außerdem stehen Angebote von Baufirmen auf verschiedene Ausschreibungen als Quelle zur Verfügung.

Die Preisansätze der verschiedenen Quellen unterscheiden sich teilweise sehr stark, das ist z.T. auf örtliche Besonderheiten oder spezielle Projektanforderungen zurückzuführen. Um eine Kostenschätzung durchzuführen, wurden aus allen relevanten Daten ungefähre Richtwerte ermittelt. Eine weitere Quelle ist [17].

13.2 Verschiebung des U-Bahnhofs und Tram-Haltepunkts über die S-Bahn

Gleislängen zählen für U-Bahn nur bis zum nördlichen Brückenwiderlager, die eingepflasterten Gleisabschnitte der Tram im Bereich der Fahrbahn- und Fußwegquerung sind wegen der geringen Längen nicht besonders berücksichtigt. Die Ausrüstung der Gleise 3 und 4 der UTram mit Stromschienen wird hier nicht mit angesetzt, da die Elektrifizierung mit Umsetzung des Abschnitts Eins (FT) mittels Fahrleitung erfogen soll. D.h., daß die Verschiebung des U-Bahnhofs nur zusammen mit der Systemverknüpfung erfolgen soll und diese Kostenschätzung im Umfang auf die Bedingungen für die Systemverknüpfung reduziert ist. Bei einer Nur-Verschiebung des U-Bahnhofs ohne Systemverknüpfung müssen die Gleise 3 und 4 mit Hochbahnsteig und Stromschienen ausgerüstet werden. Es müssten zwei zusätzliche Gleisabschlüsse eingebaut werden und die Kreuzung im Gleisvorfeld durch eine Doppelkreuzungsweiche oder zwei Weichen ersetzt werden – der Einbau einer Doppelkreuzungsweiche bzw. von zwei Weichen ist aus betrieblicher Sicht ohnehin auch für alle anderen Varianten sinnvoll.

Objekt	Einheitspreis	Menge	Gesamtpreis (gerundet)
Gleis- und Bahnsteigbrücke über die Bahnanlagen der DB mit Zugangstreppen zum S-Bahnhof einschl. Leitungsverlegungen	150 Mio. DM	pauschal geschätzt	150.000 TDM
Bahnsteige für U-Bahn und Tram Bstg1: 4m*62m +Bstg2: 7m*113m +Bstg3: 9m*113m	220 DM/m²	ca. 2056 m²	452,3 TDM
Gleise für U-Bahn und Tram Gl.1: 320 m +Gl.2: 320 m +Gl.3: 185 m +Gl.4: 145 m +Gl.5: 185 m	900 DM/m	ca. 1155 m	1.040 TDM
Weichen im U-Bahnbereich mit zusätzlicher Weichenverbindung im Bereich des alten U-Bahnhofs um gleichzeitiges Ein- und Ausfahren zu ermöglichen	80 TDM/Stück	3	240 TDM
Kreuzungen im U-Bahnbereich	40 TDM/Stück	1	40 TDM
Gleisabschlüsse	13.500 DM/Stück	1	13,5 TDM
Fahrleitungsanlage (nur Tram) einschl. Kabel	400 DM/m	ca. 640 m	256 TDM
Sicherungstechnik (Anpassung Stellwerk U-Bahn und Signale, Signalisierung Tram mit LSA) einschl. Kabel	500 TDM	pauschal geschätzt	500 TDM
Ausrüstung Bahnhof (Aufsicht, Bänke, Zugzielanzeiger, Beleuchtung, Abfalleimer, Fahrausweisautomaten...)	420 TDM	pauschal geschätzt	420 TDM
Zwischensumme:			152.962 TDM
+10% Unvorhergesehenes			15.296 TDM
Summe			**168,2 Mio. DM**

Tabelle 13-1 Kosten für die Verschiebung des U-Bahnhofs über den S-Bahnhof

13.3 Erster Abschnitt

Verbindung der Gleise 3 und 4 des neuen Bahnhofs Warschauer Straße mit dem Tram-Netz, Elektrifizierung dieser Gleise mit Fahrleitung, Bau eines Kehrgleises am Frankfurter Tor.

Objekt	Einheitspreis	Menge	Gesamtpreis (gerundet)
Gleisanschluß der U-Bahn und Kehrgleis FT Gl.3: 50 m +Gl.4: 70 m + KGl.: 180 m	900 DM/m	ca. 340 m	306 TDM
Weichen im Tram Bereich	80 TDM/Stück	4	320 TDM
Kreuzungen im Tram Bereich	40 TDM/Stück	1	100 TDM
Gleisabschlüsse	13.500 DM/Stück	1	13,5 TDM
Fahrleitungsanlage für zwei UTram Gleise von Stralauer Allee bis km 0,3	400 DM/m	ca. 1350 m	540 TDM
Sicherungstechnik (Verknüpfung U-Bahn-Tram, UTram Signalisierung, Flankenschutz + LSA an der Verknüpfungsstelle, Flankenschutz an der Kehranlage Frankfurter Tor)	500 TDM	pauschal geschätzt	500 TDM
Zwischensumme:			1.780 TDM
+10% Unvorhergesehenes			178 TDM
Summe			**1,96 Mio. DM**

Tabelle 13-2 Kosten erster Abschnitt

13.4 Zweiter Abschnitt

Verlängerung der Bahnsteige und Umbau der Knotenpunkte auf dem Abschnitt Warschauer Brücke bis Frankfurter Tor.

Objekt	Einheitspreis	Menge	Gesamtpreis (gerundet)
Bahnsteige Grünberger Str: 113 m * 3,6m +51 m * 3,6 m Frankfurter Tor: 2 * 3m * 113 m	220 DM/m²	ca. 1270 m²	279,4 TDM
Sicherungstechnik Strecke (Erweiterung der Knoten-LSA zu Bahnübergängen mit Anpassung der Steuerung)	100 TDM/Stück	5	500 TDM
Zwischensumme:			779,4 TDM
+10% Unvorhergesehenes			77,9 TDM
Summe			**857,3 TDM**

Tabelle 13-3 Kosten zweiter Abschnitt

13.5 Drittter Abschnitt

Bau der Kehranlage Landsberger Allee.

Objekt	Einheitspreis	Menge	Gesamtpreis (gerundet)
Gleis Kehranlage Landsberger Allee	900 DM/m	ca. 450 m	405 TDM
Bahnsteige Landsberger Allee: 62 m * 3,6m 113 m * 4,5 m	220 DM/m²	ca. 732 m²	161 TDM
Weichen	80 TDM/Stück	3	240 TDM
Fahrleitungsanlage	400 DM/m	ca. 450 m	180 TDM
Sicherungstechnik Kehranlage Landsberger Allee	350 TDM	pauschal geschätzt	350 TDM
Ausrüstung der Bahnsteige einschl. Fahrgast-informationssysteme	50 TDM	pauschal geschätzt	50 TDM
Zwischensumme:			1.386 TDM
+10% Unvorhergesehenes			139 TDM
Summe			**1.524 TDM**

Tabelle 13-4 Kosten dritter Abschnitt

13.6 Vierter Abschnitt

Verlängerung der Bahnsteige und Umbau der Knotenpunkte auf dem Abschnitt Frankfurter Tor bis Landsberger Allee.

Objekt	Einheitspreis	Menge	Gesamtpreis (gerundet)
Gleis Bersarinplatz	900 DM/m	ca. 400 m	360 TDM
Weichen	80 TDM/Stück	2	160 TDM
Kreuzungen	40 TDM/Stück	1	40 TDM
Bahnsteige Frankfurter Tor: 2 * 51 m * 3,6m Bersarinplatz: 2 * 51 m * 3,6m Straßmannstraße 2 * 51 m * 3,6m	220 DM/m²	ca. 1102 m²	242,4 TDM
Sicherungstechnik Strecke (Anpassung LSA, Kopplung mit RBL, Umrüstung Knotenpunkte zu Bahnübergängen)	450 TDM/Stück	6	2.700 TDM
Zwischensumme:			3.502,4 TDM
+10% Unvorhergesehenes			350,2 TDM
Summe			**3852,6 TDM**

Tabelle 13-5 Kosten vierter Abschnitt

13.7 Zusammenfassung der Ergebnisse

Maßnahme (Bauabschnitt)	geschätzte Kosten
Verschiebung Bahnhof Warschauer Straße	168,2 Mio. DM
Abschnitt 1 Warschauer Straße bis Frankfurter Tor auf Tram-Standard	1,96 Mio. DM
Abschnitt 2 Warschauer Straße bis Frankfurter Tor auf U-Bahn-Standard	0,86 Mio. DM
Abschnitt 3 Frankfurter Tor bis Landsberger Allee auf Tram-Standard	1,54 Mio. DM
Abschnitt 4 Frankfurter Tor bis Landsberger Allee auf U-Bahn-Standard	3,85 Mio. DM

Gesamtbaukosten der Modellgerechneten Varianten im Vergleich:

- „**U20PLAN**“ Bezugsnetz mit neuem U-Bahnhof im Kreuzungspunkt mit der S-Bahn und neuer Tram Haltestelle auf der Warschauer Brücke, keine Systemverknüpfung, Tram 20 und 23 verkehren zum Hermannplatz, Netz 2010: **ca. 168,2 Mio. DM**
- „**U20FT**“: U15 bis Frankfurter Tor verlängert als Linientyp Tram: **ca. 170,16 Mio. DM**
- „**U20FU**“: wie U20FT, jedoch als Linientyp U-Bahn: **ca. 171,02 Mio. DM**
- „**U20LT**“: U15 bis Landsberger Allee verlängert als Linientyp Tram: **ca. 171,7 Mio. DM**
- „**U20LU**“: wie U20LT, jedoch als Linientyp U-Bahn: **ca. 176,41 Mio. DM**

13.8 Fahrzeuge

Eine Einheit des oben vorgestellten Konzeptfahrzeugs verfügt über fünf angetriebene Drehgestelle zwischen den einzelnen Wagen und jeweils einen nicht angetriebenen Laufradsatz in den Endwagen. Gegenüber den bisherigen Kleinprofil-U-Bahnzügen sind das drei Drehgestelle weniger auf gleiche Fahrzeuglänge. Da jedoch das Konzeptfahrzeug über zusätzliche Dachstromabnehmer, Klapptrittstufen und im Endwagen über einen höhenverstellbaren Fahrzeugfußboden verfügen soll, wird die Kosteneinsparung durch die geringere Anzahl an Drehgestellen, die zudem über eine erweiterte Bremsanlage und einklappbare Stromabnehmer verfügen müssen, hierdurch kompensiert.

Es kann an dieser Stelle davon ausgegangen werden, daß die Beschaffung des neuen Fahrzeugs auch unter Berücksichtigung der aktuellen Situation auf dem Schienenfahrzeugmarkt zu vergleichbaren Kosten wie die Beschaffung von herkömlichen U-Bahntriebwagen erfolgen könnte.

14 Literatur- und Quellenverzeichnis

[1] Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab), BGBL., Bonn, 1988, http://www.homepages.de/home/thassilo@dialup.nacamar.de/gesetze/persbef/bostrab1.htm#top

[2] Herbst, Vorlesungsskript „Planung spurgebundener Verkehrssysteme“, TU Berlin, 1989

[3] Herbst, Vorlesungsskript „Entwurf spurgebundener Verkehrssysteme“, TU Berlin, 1990

[4] Siegmann, Vorlesungsskript „Betrieb spurgeführter Verkehrssysteme“, TU Berlin, 1998

[5] Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG), Bonn, 1993, http://www.uni-oldenburg.de/~markobr/AEG.html

[6] Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung (EBO), Bonn, 1993, http://berlin.germany.com/weemeyer/ebo.htm

[7] DV 432 „Sonderbestimmungen für den Betrieb der Berliner S-Bahn“, DB AG, Geschäftsbereich Netz, Frankfurt (M), 1998

[8] Personenbeförderungsgesetz (PBefG),Bonn, 1998, http://www.gerotax.de/recht/Gesetze/pbefg/PBefG.html

[9] Martin Karr, „Mehrsystemkonzepte der Schienenbahnen in Europa“, Universität Karlsruhe, 1998, http://www.karr.de/veroeffentlichungen/vtint7.html#_Toc430326033

[10] BVG, interne Daten des Unternehmensbereichs Straßenbahn

[11] Straßenverkehrszulassungsordnung (STVZO), Bonn, 2000, http://www.stvzo-online.de/

[12] Straßenverkehrsordnung (STVO), Bonn, 1998, http://www.bg-dvr.de/asp/dms.asp?url=/medien/fakten/stvo/inhalt.htm

[13] Lemke/Poppel, Berliner U-Bahn, Düsseldorf, 1985

[14] BVG, U-Berlin, 2.Auflage, Berlin, 1977

[15] Martin Pabst, Straßenbahn Fahrzeuge, Band 2: Niederflur- und Stadtbahnwagen, München, 1998

[16] Karlsruher Verkehrsverbund, http://www.karlsruhe.de/KVV/

[17] Martin Röhrleef, „Regionalbahn Hannover“, Diplomarbeit Universität Hannover, 1991

[18] Universität Kaiserslautern, http://transport.arubi.uni-kl.de/demo-cd/planung/fahrzeug/x-fahrz.htm und http://transport.arubi.uni-kl.de/demo-cd/behind/koerperb.htm

[19] Vogtlandbahn, http://www.micom.de/vogtlandbahn/default.htm

[20] Stadt Amsterdam, www.amsterdam.nl/toerisme/

[21] www.nycsubway.org/eu/nl/ams-metro/

[22] www.metropla.net/eu/ams/amsterdam.htm

[23] www.treinen.demon.nl/map/metro.htm#asd

[24] Telefongespräch, Hr. Udo Hermann, DE-Consult Amsterdam, 9.11.2000

[25] BVG, http://www.bvg.de

[26] http://verkehr.epilog.de

[27] BVG, interne Unterlagen Unternehmensbereich U-Bahn

[28] Blennemann/Girnau/Müller-Hellmann, Regionaler Schienen-Personennahverkehr, Düsseldorf, 1998

[29] Hilkenbach/Kramer, Die Straßenbahnen in Berlin, Düsseldorf, 1994

[30] http://home.snafu.de/celsius/ubahn/

[31] DWA, Modernisierung der Tatra-Bahn KT4Dt für die BVG, Bautzen

[32] Adtranz, Prospektmaterial zu: S-Bahn BR481, U-Bahn-H-Baureihe und Straßenbahn-GT6N, Hennigsdorf, 1996

[33] Roman Weidinger, „Fahrzeitoptimierung bei Schnellbahnsystemen“, Diplomarbeit TU Berlin, 2000

[34] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, http://www.sensut.berlin.de/sensut/entwicklung/planwerk/

[35] S-Bahn Berlin GmbH, http://www.s-bahn-berlin.de

[36] Betriebskonzept der S-Bahn Berlin GmbH, DE-Consult Berlin, 1994

[37] Paula 7, Zeitschrift für Mitarbeiter der S-Bahn Berlin GmbH, Ausgabe 9 vom 30. August 2000, S-Bahn Berlin GmbH, 2000

[38] Verkehrsplanung für Berlin – Materialien zum Stadtentwicklungsplan Verkehr (STEP-V), Senatsverwaltung für Verkehr und Betriebe, Berlin,1995

[39] Signal, Heft 8/00, Berlin, 2000

[40] Frank Schulz, „Wegewahl in Netzen des öffentlichen Personennahverkehrs und zugehörige Umlegungsverfahren“, Studienarbeit an der TU Berlin, 2/1998

[41] Frank Schulz, „Straßenbahnverbindung Rudow/Gropiusstadt – Marienfelde – Verkehrliche Untersuchung und Überprüfung der Machabrkeit”, Diplomarbeit an der TU Berlin, 1998

[42] Saarbahn, Informationsmappe, Saarbrücken,2000

[43] S-Press 2, Journal für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der S-Bahn Berlin GmbH, Heft 2/2000, S-Bahn Berlin GmbH, April 2000

[44] Bley, Berliner S-Bahn, 3. Auflage, Düsseldorf, 1985

[45] S-Bahn-Fahrplan 2000/2001, S-Bahn Berlin GmbH, 2000

[46] U-Bahn- und Tram-Fahrplan 2000/2001, BVG, 2000

[47] Der Stadtverkehr, Heft 4/5-1985

[48] Berliner Verkehrsblätter, Nr.7, Juli 2000

[49] Berliner Verkehrsblätter, Nr.10, Oktober 2000

[50] Denkmalpflege-Verein Nahverkehr Berlin e.V., www.dvn-berlin.de/p_kt4d.htm

[51] www.lokomotive.de/nahverkehr/fahrzeuge/ckd.htm

[52] http://members.tripod.de/dfstrab

[53] http://www.euronet.nl/~wijzer

[54] Stadt Amsterdam, www.verkeer-en-vervoer.amsterdam.nl/nzlijn

[55] Amsterdam Public Transport Information, www.apti.is.nl/

[56] TH-Zwickau, http://www.th-zwickau.de/~jo/tatra/typen/typen.html

[57] Coffey/Kuchwalek, Grünes Licht für die Straßenbahn, Wien,1992

[58] IVU AG, interne Unterlagen und Daten

[59] DB AG, Teilentwurfsheft Güterbahnhof Grunewald, Berlin, 2000

[60] Roman Weidinger, mündliche Mitteilungen im Rahmen der Datenerfassung für [33]

[61] BVG/IVU AG, Grobbewertung von Angebotsvarianten in der Relation Köpenick – Spindlersfeld (- Schöneweide), Berlin, 1999

[62] Deutsche Bundesbahn DS 800 03

[63] Zeitung des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen Nr. 27 Juli 1939

[64] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, http://www.bau.berlin.de/verkehr/stadtverkehr/netz_tram_d.htm#TOP

[65] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, http://www.bau.berlin.de/verkehr/stadtverkehr/netz_u-bahn_d.htm#TOP

[66] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, http://www.bau.berlin.de/verkehr/stadtverkehr/netz_s-bahn_d.htm#TOP

Allgemeine Aussagen

- Dipl. Ing. Hans Christian Kaiser, stellv. Betriebsleiter U-Bahn Berlin, im Rahmen der VL „Betrieb von Stadtschnellbahnen“ im WS 1999/2000
- Dr. Wolfgang Predl, Leiter Unternehmensbereich Straßenbahn der BVG, im Rahmen eines Vortrags am 28. April 2000 an der TU Berlin

Persönliche Gespräche

- Hr. Dipl. Ing. Peter Aschenbrenner, Unternehmensbereich Straßenbahn der BVG
- Hr. Dipl. Ing. Rainer Döge, Unternehmensbereich Straßenbahn der BVG
- Hr. Dipl. Ing. Frank Schulz, IVU Traffic Technologies AG
- Hr. Dipl. Ing Udo Hermann, DE-Consult Amsterdam
- Hr. Dipl. Ing Roman Weidinger
- Fr. Dipl. Geogr. Martina Hertel, IVU Traffic Technologies AG

15 Verzeichnis der Tabellen im Text

Tabelle 4-1 Kenngrößen der verschiedenen Verkehrsmittel des ÖPNV [2] 6
Tabelle 4-2 Zuordnung der Bahnkörper innerhalb der BOStrab [1][9] 8
Tabelle 4-3 Unterschiede der BOStrab und EBO Profile [9] 10
Tabelle 4-4 Grenzwerte bei Ausfall einer Bremse (gültig für alle Fahrzeuge) [1] 13
Tabelle 4-5 Grenzwerte bei Gefahrbremsungen (nur gültig für straßenabhängige Bahnen) [1] 13
Tabelle 5-1 Forderungen der Nutzer [2] 14
Tabelle 6-1 Kenndaten S-Bahn, U-Bahn, Straßenbahn Berlin [26] [27] [30] [33] 39
Tabelle 7-1 Systemunterschiede und Ansätze für Mehrsystemfahrzeug S-Bahn / Großprofil-U-Bahn 53
Tabelle 7-2 Systemunterschiede und Ansätze für Mehrsystemfahrzeug S-Bahn / Kleinprofil-U-Bahn 54
Tabelle 7-3 Systemunterschiede und Ansätze für Mehrsystemfahrzeug S-Bahn / Tram 58
Tabelle 7-4 Systemunterschiede und Ansätze für Mehrsystemfahrzeug Großprofil- / Kleinprofil-U-Bahn 60
Tabelle 9-1 Übertragung des Nürnberger U-Bahn Dachstromabnehmers auf Berliner Fahrzeuge 70
Tabelle 9-2 Modifizierung des Nürnberger U-Bahn Dachstromabnehmers für UTram Fahrzeug 71
Tabelle 9-3 Zugsignale [1] 75
Tabelle 10-1 Umsteigequalität Variante 1 82
Tabelle 10-2 Umsteigequalität Variante 2 85
Tabelle 10-3 Umsteigequalität Variante 3 88
Tabelle 10-4 Umsteigequalität Variante 4 91
Tabelle 10-5 Infrastruktur für Varianten mit eingleisiger Kehranlage für U1 92
Tabelle 10-6 Infrastruktur für Varianten mit zweigleisiger Kehranlage für U1 92
Tabelle 10-7 Vergleich der betrieblichen Qualität der Varianten 1-4 für den U-Bahnhof Warschauer Straße 93
Tabelle 10-8 Übersichtlichkeit der Varianten 1-4 im Vergleich 94
Tabelle 10-9 Umsteigequalität der Varianten 1-4 im Vergleich 94
Tabelle 10-10 Gesamtergebnis der Variantenuntersuchung 95
Tabelle 11-1 Vor- und Nachteile der Endpunktvarianten Landsberger Allee 106
Tabelle 12-1 Fahrzeitvergleich, Fahrzeitgewinn 110
Tabelle 13-1 Kosten für die Verschiebung des U-Bahnhofs über den S-Bahnhof 112
Tabelle 13-2 Kosten erster Abschnitt 113
Tabelle 13-3 Kosten zweiter Abschnitt 113
Tabelle 13-4 Kosten dritter Abschnitt 114
Tabelle 13-5 Kosten vierter Abschnitt 114

16 Verzeichnis der Abbildungen im Text

Abbildung 4-1 Saarbrücker Stadtbahnwagen in Moosach 5
Abbildung 4-2 Radprofilvergleich DIN 25112 Teil 1 bis 3 (A-C) [9] 9
Abbildung 5-1 KVV-Netzplan [16] 22
Abbildung 5-2 Stadtbahn Karlsruhe als Straßenbahn und als Eisenbahn im Hauptbahnhof [16] 23
Abbildung 5-3 Kinematik Trittstufe / Bahnsteig [18] 24
Abbildung 5-4 Lageplan der Strecke in Zwickau [19] 25
Abbildung 5-6 Lageplan Station Zuid/WTC [20] 28
Abbildung 5-7 „Profilbahnsteige“ mit Tram und Sneltram [21][22] 29
Abbildung 5-8 Tram- und Metronetz Amsterdam (alter Stand: 52 ist jetzt 53 und 53 ist jetzt 54) [23] 30
Abbildung 5-9 Sneltram mit Stromschiene und mit Oberleitung [21][22] 31
Abbildung 5-10 Systemwechsel am Bahnsteig während des Fahrgastwechsels [21] 32
Abbildung 6-3 S-Bahnstrecken in Berlin (Stand 09/2000) 40
Abbildung 6-4 U-Bahnstrecken in Berlin (Stand 09/2000) 41
Abbildung 6-5 Straßenbahnstrecken in Berlin (Stand 09/2000) 42
Abbildung 6-6 Zielnetz S-Bahn [66] 45
Abbildung 6-7 Zielnetz U-Bahn [65] 47
Abbildung 6-8 Zielnetz Straßenbahn [64] 49
Abbildung 7-1 Beispiel für eine mögliche Systemüberlappung zwischen Warschauer Straße und Frankfurter Tor mit Verschiebung des U-Bahnhofs Warschauer Straße 51
Abbildung 7-2 Fahrzeitvergleich S5 / U5 [45] [46] 52
Abbildung 7-3 Übersichtskarte S-Bf Spindlersfeld / Altstadt Köpenick 55
Abbildung 7-4 S-Bahnhof Spindlersfeld – Vorentwurf für eine Systemverknüpfung 56
Abbildung 7-5 Systemunterschiede und Ansätze für Mehrsystemfahrzeug Großprofil-U-Bahn / Tram 61
Abbildung 7-6 Systemunterschiede und Ansätze für Mehrsystemfahrzeug Kleinprofil-U-Bahn / Tram 63
Abbildung 7-7 Vergleich Vorentwurf Mehrsystemfahrzeug – Kleinprofil-U-Bahn 64
Abbildung 9-1 Entwurf für die Integration eines Dachstromabnehmers in ein Fahrzeug der Nürnberger U-Bahn [9]70
Abbildung 9-2 Kennzeichnung und Sicherung von Bahnübergängen (1. Andreaskreuz, 2. Lichtzeichen 3. Lichtzeichen mit Halbschranke) [1] 72
Abbildung 9-3 Entwurf für ein UTram-Fahrzeug 73
Abbildung 10-1 Schematischer Gleisplan Ist-Zustand [27] [48] 76
Abbildung 10-2 Schematischer Gleisplan Variante 1 mit einem Kehrgleis für die U1 80
Abbildung 10-3 Schematischer Gleisplan Variante 1 mit zwei Kehrgleisen für die U1 81
Abbildung 10-4 Schematischer Gleisplan Variante 2 mit einem Kehrgleis für die U1 83
Abbildung 10-5 Schematischer Gleisplan Variante 2 mit zwei Kehrgleisen für die U1 84
Abbildung 10-6 Schematischer Gleisplan Variante 3 mit einem Kehrgleis für die U1 86
Abbildung 10-7 Schematischer Gleisplan Variante 3 mit zwei Kehrgleisen für die U1 87
Abbildung 10-8 Schematischer Gleisplan Variante 4 mit einem Kehrgleis für die U1 89
Abbildung 10-9 Schematischer Gleisplan Variante 4 mit zwei Kehrgleisen für die U1 90
Abbildung 10-10 Entwurf für den U-Bahnhof Warschauer Straße [38] 97

17 Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1 Berliner S+U-Bahn-Netz

Anlage 2 Berliner Straßenbahn-Netz

Anlage 3 S-Bahn Planung / S-Bahn-Gleisplan (Zielnetz)

Anlage 4 U-Bahn Planung / U-Bahn-Gleisplan (Zielnetz)

Anlage 5 Straßenbahn-Planung

Anlage 6 Technische Daten der Fahrzeuge der S-Bahn, U-Bahn und Straßenbahn in Berlin

Anlage 7 Lichtraumprofile der S-Bahn, U-Bahn und Straßenbahn in Berlin

Anlage 8 Vergleich der Fahrzeugabmessungen und Bahnsteigmaße der Berliner S-Bahn, U-Bahn und Straßenbahn und Mehrsystem-Konzeptfahrzeug

Anlage 9 Planwerk Innenstadt

Anlage 10 Untersuchung der bestehenden Umsteigepunkte zwischen Berliner S-Bahn, U-Bahn und Straßenbahn

Anlage 11 Photodokumentation

Anlage 12 Vergleichende Gegenüberstellung Mehrsystem-Konzeptfahrzeug / S-Bahn, U-Bahn, Tram-Fahrzeuge

Anlage 13 Übersichtsplan 1:10.000 UTram Warschauer Straße – Frankfurter Tor – Landsberger Allee (SEZ)

Anlage 14 Lageplan 1:1000 Teil 1: UTram Warschauer Straße – Frankfurter Tor

Anlage 15 Lageplan 1:1000 Teil 2: UTram Frankfurter Tor – Landsberger Allee

Anlage 16 ÖPNV-Schienennetz für die Modellrechnung

Anlage 17 Modellrechnung 2010 und Vergleich der untersuchten Varianten

Anlage 18 Fahrplan – Fahrzeitberechnung für U-Bahn-Streckenstandard und Bildfahrpläne

Anlage 19 Fahrplan – Minutenpläne zu den Bildfahrplänen der Varianten