

Reinhard Müller

Arbeitskreis öffentlicher Verkehr

Zweissystem-  
züge

U-Bahn - ÖBB

# Verkehrsplanerische Voraussetzungen

Das beste Umsteigen ist kein Umsteigen. Um so länger eine Linie ist und um so mehr andere Linien gekreuzt werden, um so weniger muss man Umsteigen. Radiallinien sind zu Durchmesserlinien zusammenzulegen. Kopfbahnhöfe sind durch unterirdische S-Bahnen zu verbinden. Das Wort Kopfbahnhof kommt von kopfloser Verkehrsplanung. Vorortzüge laufen als Durchmesserlinien über das Stadtzentrum.

Bei Autofahrern ist höchstens zweimal Umsteigen die Akzeptanzgrenze.

|| Das zweit beste Umsteigen ist Tür an Tür am selben Bahnsteig. Diese Lösung sollte besonders bei Regionalbussen angewendet werden, die Zubringer zur S-Bahn sind. Bei einem Hausbahnsteig bleibt der Autobus am Bahnhofsvorplatz stehen. Dadurch kann in einer Ebene zumindest in einer Richtung bequem umgestiegen werden.

† Das dritt beste Umsteigen ist, wenn sich die Bahnsteigmitten kreuzen.

⊥ Das viert beste Umsteigen ist, wenn sich eine Bahnsteigmitte mit einem Bahnsteigende kreuzt.

└ Das fünft beste Umsteigen ist, wenn sich die Bahnsteigenden kreuzen.

|\_ Über Lösungen, wo sich nicht einmal die Bahnsteigenden kreuzen, sollte nicht geredet werden. Solche Lösungen entsprechen leider der wiener Realität beim U-Bahnbau. Marathonumsteigewege gibt es beim Hauptbahnhof Wien zwischen **U1** und Fernbahn (min 400m, max 900m). 900m entsprechen bereits zwei Straßenbahnhaltestellenabstände!

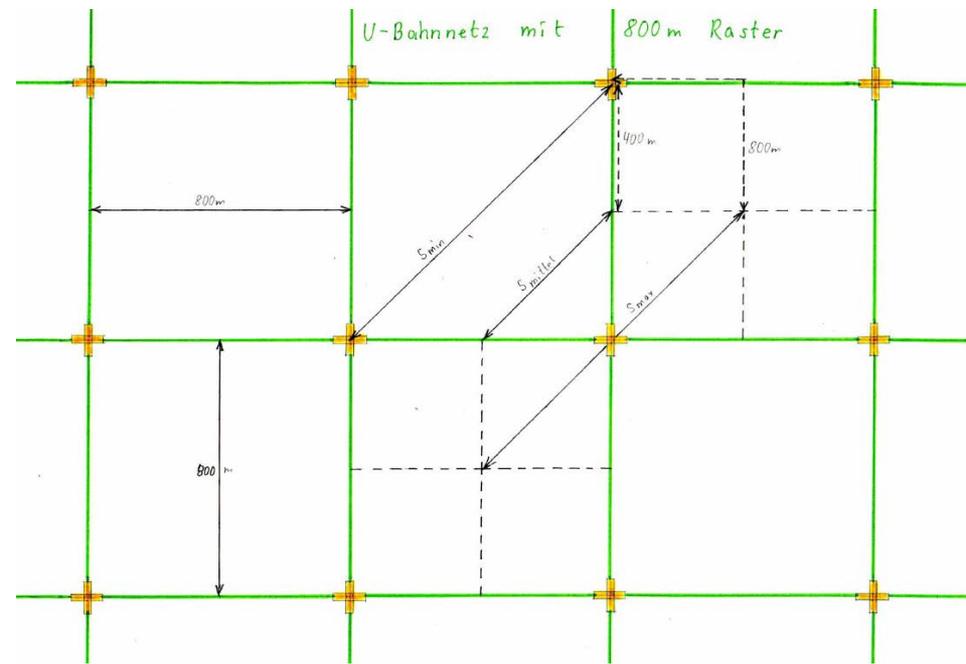
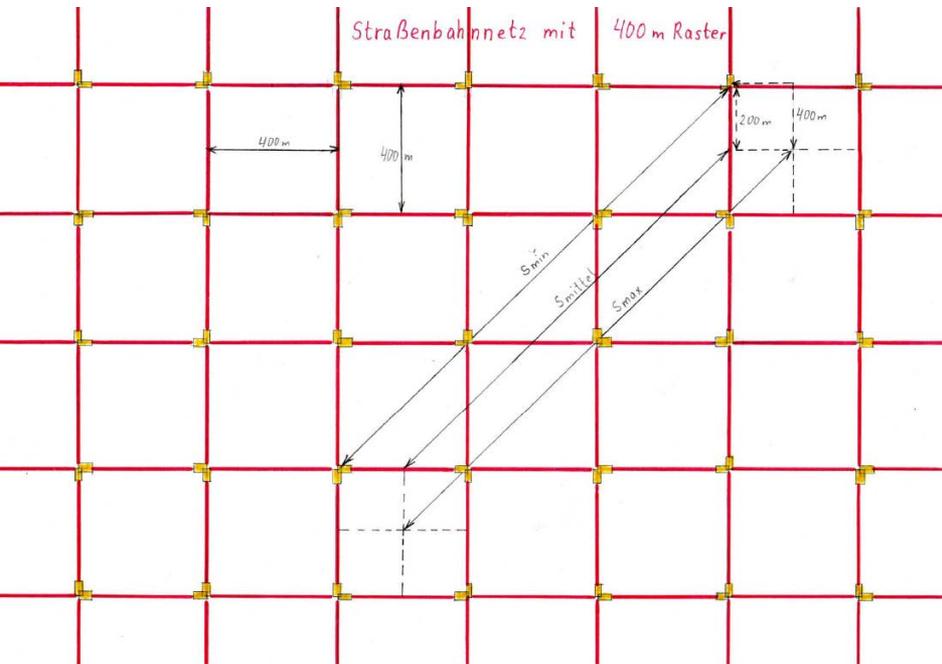
# Netz der optimalen Dichte und Beschleunigung

In einem Linienraster von 400m bis 500m kreuzen sich bei jeder Haltestelle zwei Linien (Eine Durchmesser- /Radiallinie und eine Tangentiallinie). Die Mindestreisegeschwindigkeit soll bei der Straßenbahn und Autobus 20Km/h nicht unterschreiten. In Basel wird durch absolute Bevorzugung der Straßenbahn eine Reisegeschwindigkeit von 22Km/h erreicht. In einem solchen Netz ist jeder Punkt mit höchstens einmal umsteigen erreichbar. Lokalverbindungen (Primärnetz) sind wichtiger als Schnellverbindungen (Sekundärnetz).

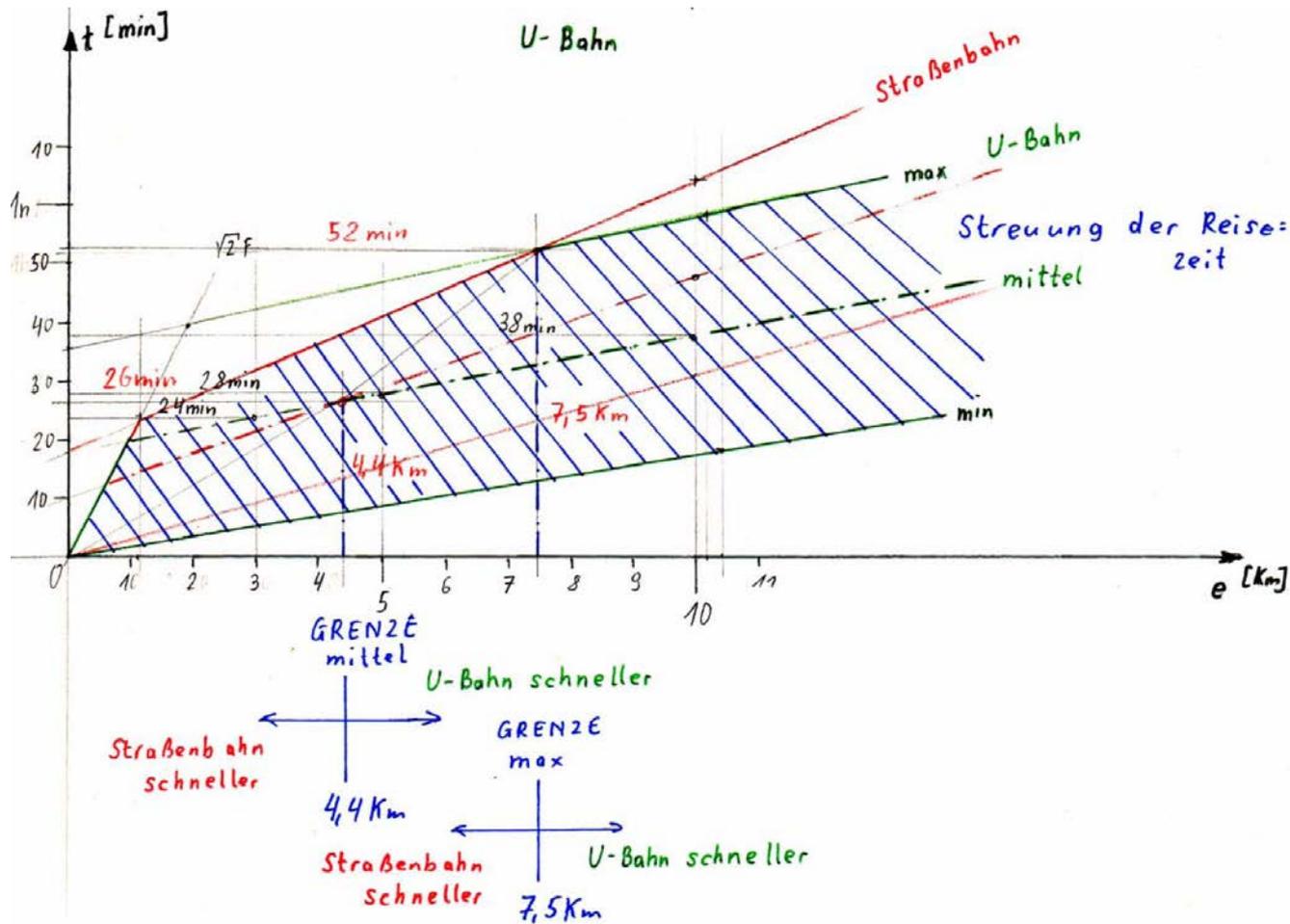
Verspätungen durch im Stau stehenden Oberflächenverkehrsmitteln kann dem Fahrgast **NICHT** zugemutet werden. Pünktlichkeit ist im ÖV besonders wichtig. In Japan muss ein Triebwagenführer bereits bei einer Verspätung von 30s eine Meldung schreiben. Bei 1min Verspätung werden in Japan die verwöhnten Fahrgäste nervös.

# Netz der optimalen Dichte und Beschleunigung

Vergleich eines dichten Straßenbahn-/Busnetzes mit einem weitläufigen U-Bahnnetz



# Vergleich der Reisezeiten Straßenbahn - U-Bahn im städtischen Bereich:



e.....Entfernung=Luftlinie von Haus zu Haus

t.....Reisezeit von Haus zu Haus

v=4Km/h.....Fußgehergeschwindigkeit

# interurban

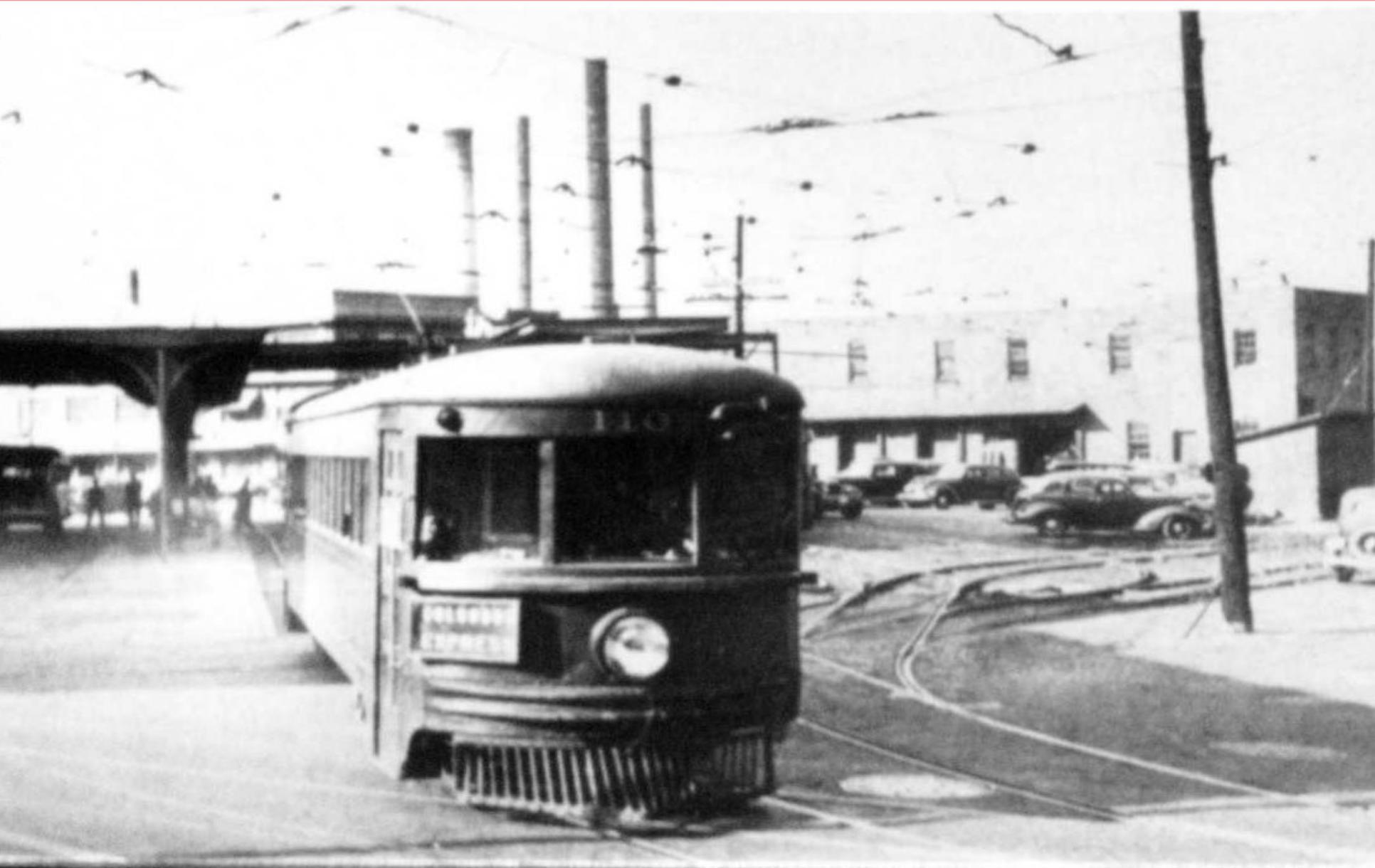
Amerikanische  
Überlandstraßenbahnen



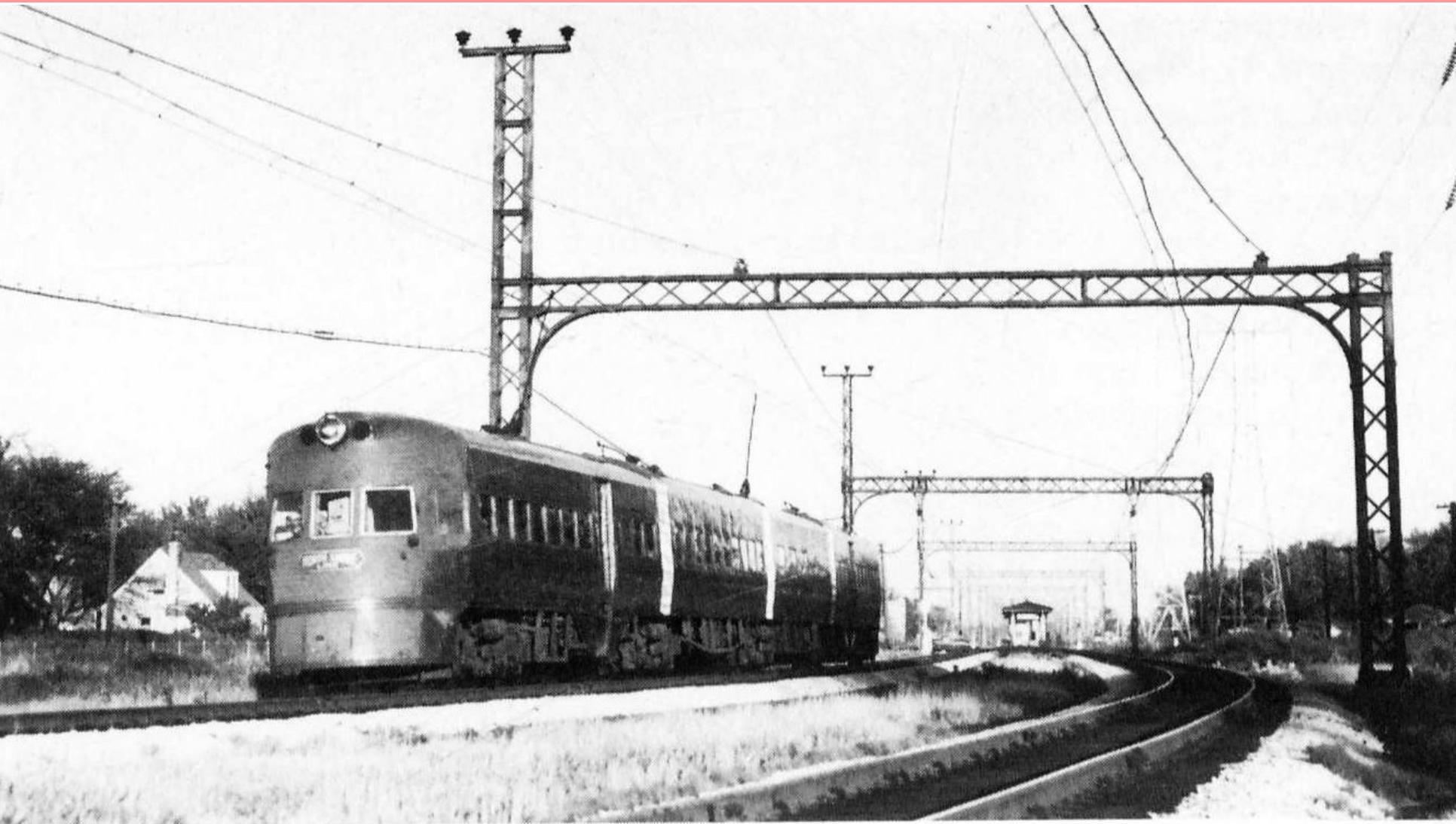
# interurban

- $U=550\text{V DC}$  bis  $650\text{V DC}$  Stadt
- $U=3\text{KV AC}$ ,  $6,6\text{KV AC}$ ,  $10\text{KV AC}$  Überland
- Zweisystemwagen
- Später Überland  $U=1200\text{V DC}$  Standard
- Stadt  $U=600\text{V DC}$  Standard
- Zweispannungsbetrieb
  
- WLB: Stadt  $550\text{V DC}$ , Überland: $550\text{V AC}$
- Zweisystemwagen

# Roter Teufel, $v_{\max}=140\text{Km/h}$



# Electroliner, $v_{\max}=170\text{Km/h}$



# North Shore

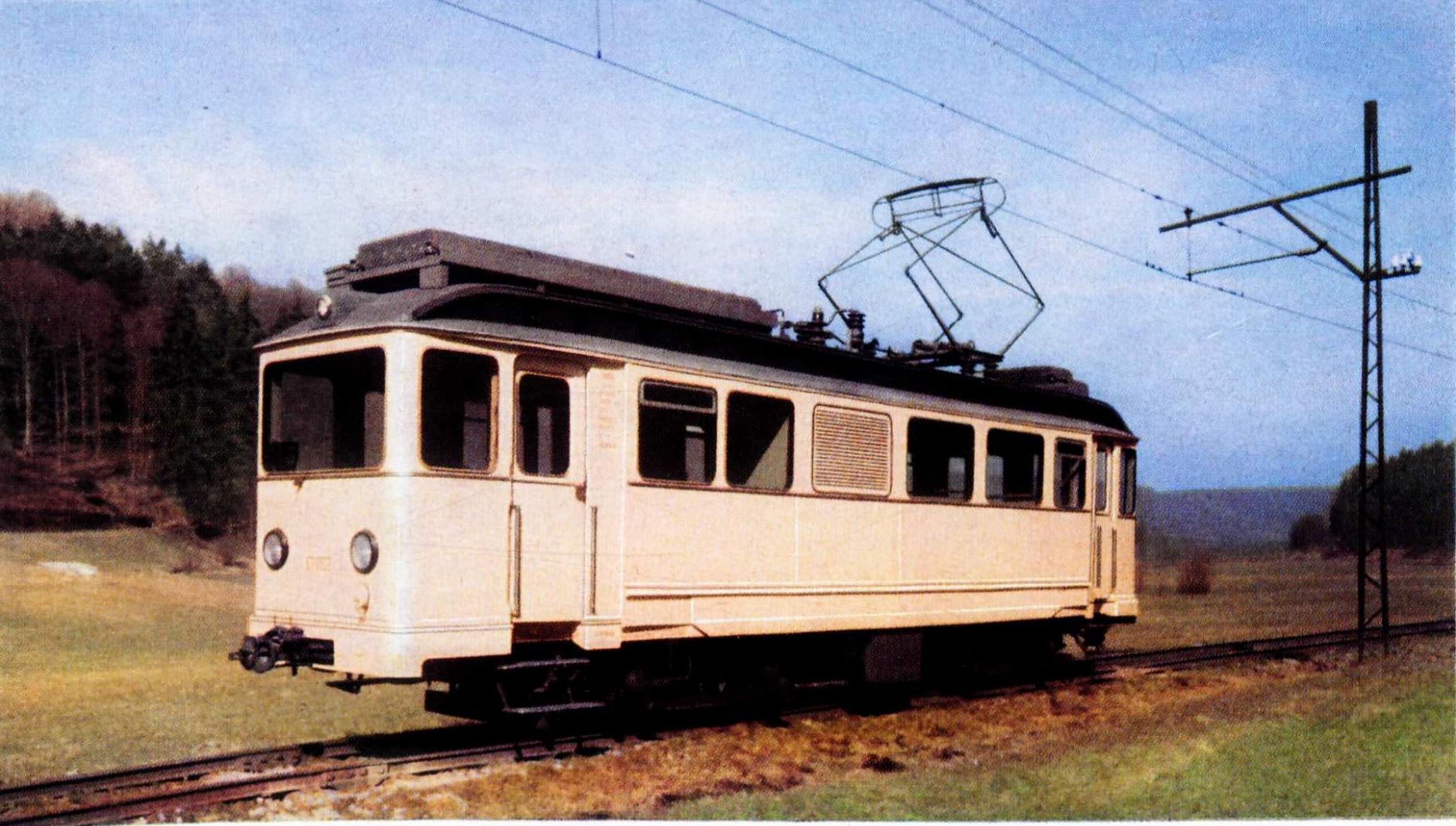


# Güterzug



# Modell Karlsruhe

# Meterspurige Alptalbahn 1959



Der umgebaute Allstrom-Versuchswagen

# Meterspurige Alptalbahn 1959



# Die Weiterentwicklung der Alptalbahn:

Systembereinigung durch Umbau auf Gleichspannung  $U=750V$  und Umspurung auf Normalspur

Durchbindung von Zügen auf die Straßenbahn Karlsruhe

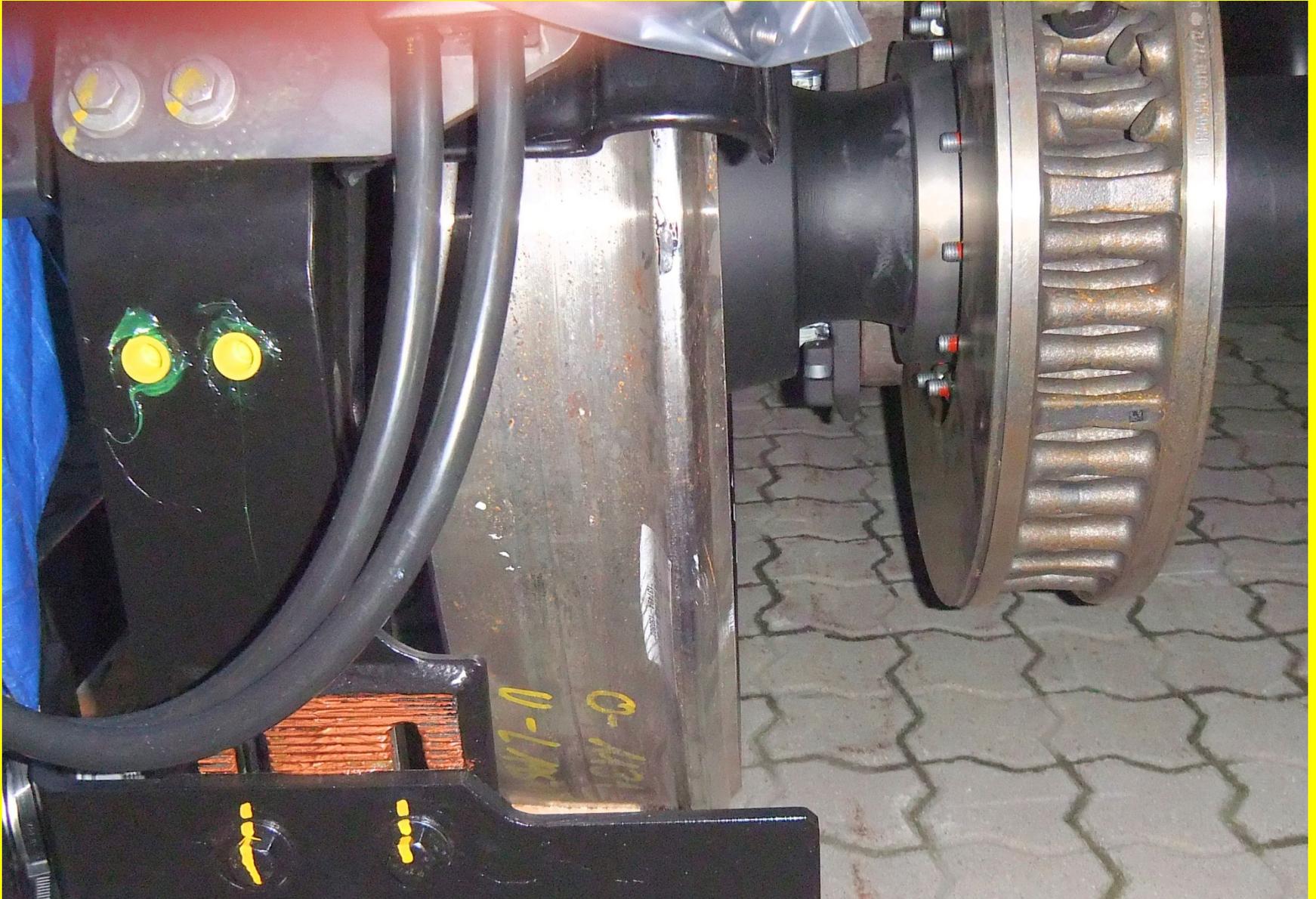
Durchbindung von Straßenbahnzügen auf die DB (Hardtbahn)

Weiterentwicklung für die Durchbindung auf Wechselstrom Vollbahnen  $U=15KV$ ,  $f=16,67Hz$  (Zweissystemwagen)

LNT (Leichter Nahverkehrstriebwagen) Verordnung als rechtliche Voraussetzung

Entwicklung von Übergangsradsätzen Straßenbahn - Vollbahn

# Übergangsradreifen Karlsruhe



# Ein einzigartiges Erfolgsmodell:

65% der neuen Fahrgäste gaben an, dass sie durch weniger Umsteigen vom Auto auf den ÖV gewechselt sind.

Aus 700 Fahrgästen pro Tag bei der DB, wurden auf der gleichen Strecke beim Betrieb durch die Alptalbahn 7000 Fahrgäste pro Tag.

Durch eine zusätzliche Haltestelle bei einem Schulzentrum konnten pro Tag 2000 neue Fahrgäste gewonnen werden.

Der Zug muss zu den Fahrgästen fahren und nicht die Fahrgäste zum Zug!

Bei der Hardtbahn wurden neue Straßenbahnen durch die Ortszentren gebaut. Der Zug bleibt beim Rathaus stehen und nicht am Ortsrand!

# Zweissystemwagen Karlsruhe



# Anwendung des Zweisystem Stadtbahnwagens in Österreich:

Graz

Linz

Waidhofen an der Ybbs

Montafonerbahn

Pressburger Bahn

Übergangszüge  
U-Bahn -  
Vorortebahn

System	Stadt	Betrieb	Linie	Spurweite	Spannung	Traktion	Intervall, HVZ	Übergang auf Vorortebahn	mit Spannung	Frequenz	Traktion	Mischsystem
				mm	V		min		V	Hz		
U-Bahn	Tokio	<a href="#">TBTMG (TOEI)</a>	1: <a href="#">Asakusa Linie</a>	1435	1500	Oberleitung	2,5	<a href="#">Keisei und Keikyu</a>	1500	0	Oberleitung	systemrein
U-Bahn	Tokio	<a href="#">TRTA</a>	2: <a href="#">Hibiya Linie</a>	1067	1500	Oberleitung	2,15	<a href="#">Tokyu</a>	1500	0	Oberleitung	systemrein
U-Bahn	Tokio	<a href="#">TRTA</a>	5: <a href="#">Tozai Linie</a>	1067	1500	Oberleitung		<a href="#">Staatsbahn</a>	1500	0	Oberleitung	systemrein
U-Bahn	Tokio	<a href="#">TBTMG (TOEI)</a>	6: <a href="#">Mita Linie</a>	1067	1500	Oberleitung	3,5	<a href="#">Staatsbahn</a>	1500	0	Oberleitung	systemrein
U-Bahn	Tokio	<a href="#">TRTA</a>	7: <a href="#">Namboku Linie</a>	1067	1500	Oberleitung	3,5	<a href="#">Tokyu Meguro Linie und Saitamabahn</a>	1500	0	Oberleitung	systemrein
U-Bahn	Tokio	<a href="#">TRTA</a>	8: <a href="#">Yurakucha Linie</a>	1067	1500	Oberleitung		<a href="#">Seibu</a>	1500	0	Oberleitung	systemrein
U-Bahn	Tokio	<a href="#">TRTA</a>	9: <a href="#">Chiyada Linie</a>	1067	1500	Oberleitung		<a href="#">Staatsbahn und Odakyu</a>	1500	0	Oberleitung	systemrein
U-Bahn	Tokio	<a href="#">TBTMG (TOEI)</a>	10: <a href="#">Shjuku Linie</a>	1372	1500	Oberleitung		<a href="#">Keio</a>	1500	0	Oberleitung	systemrein
U-Bahn	Soul	<a href="#">SMS</a>	1	1435	1500	Oberleitung	2,5	<a href="#">Staatsbahn</a>	25000	60	Oberleitung	Zweissystembetrieb
U-Bahn	Athen	<a href="#">AMEL</a>	3	1435	750	Stromschiene	3	<a href="#">Staatsbahn</a>	25000	50	Oberleitung	Zweissystembetrieb
U-Bahn	London	<a href="#">Transport for London</a>	<a href="#">Metropolitan</a>					<a href="#">Vorortebahn</a>	600	0	Stromschiene	Diesel + elektrisch
U-Bahn	London	<a href="#">Transport for London</a>	<a href="#">District line</a>	1435	600	Stromschiene		<a href="#">Vorortebahn</a>	600	0	Stromschiene	Diesel + elektrisch
S-Bahn	Hamburg	<a href="#">Deutsche Bahn AG (DB AG)</a>	<a href="#">S3</a>	1432	1200	Stromschiene		<a href="#">Staatsbahn, DB</a>	15000	16,67	Oberleitung	Zweissystembetrieb
U-Bahn	Wien	<a href="#">Wiener Linien (WL)</a>	<a href="#">U4</a>	1435	750	Stromschiene	3	<a href="#">Staatsbahn, ÖBB</a>	15000	16,67	Oberleitung	Zweissystembetrieb

# Übergangszüge U-Bahn – Vorortbahn Tokio



# Zweisisystem - S-Bahnzug Hamburg



# Zweissystemlinie in Athen



- Zweisystemlinie in Athen
- Pufferdruck: 800KN
- Achsdruck: 130KN



# Zweisystemlinie in Athen

- Parallel zu den Metrozügen fährt die Staatsbahn alle 15min zum Flughafen.
- Auch hier besteht in der Haltestelle Doukissis Plakentias eine Umsteigmöglichkeit zur Metro Linie 3.
- Diese Züge fahren trotz des kürzeren Intervalls fast leer!!!!
- Die Fahrgäste bevorzugen **EINDEUTIG** längere Wartezeiten, damit sie **NICHT** umsteigen müssen!!!!

# Zweisystemlinie in Athen



# Zweisystemlinie in Athen



# Zweissystemlinie in Athen



Wien



Stadtbahn

WIEN

Dampfbetrieb



# Stadtbahn als Vollbahn



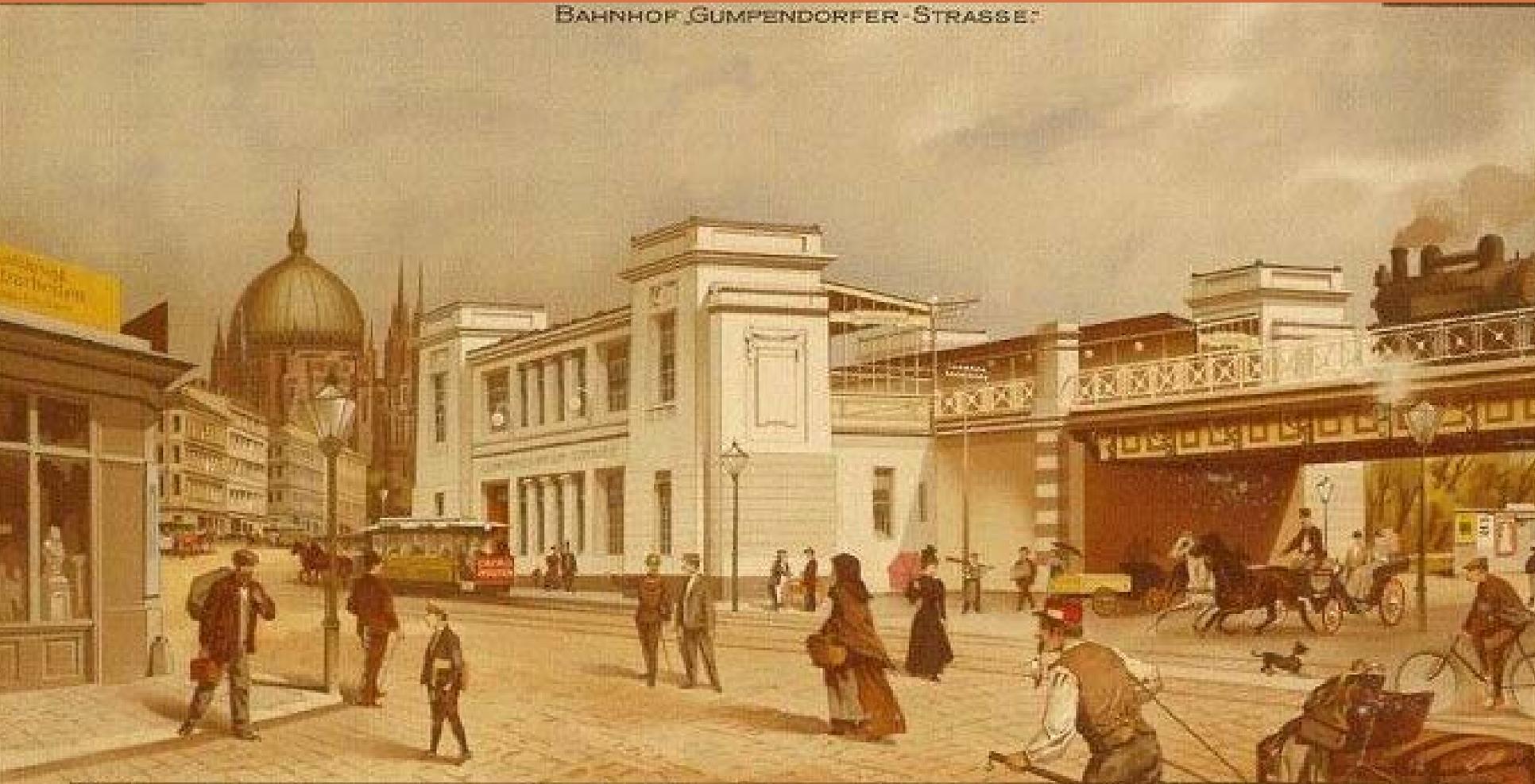
# Stadtbahn als Vollbahn



Wien: Stadtbahn.

# Stadtbahn als Vollbahn

BAHNHOF „GUMPENDORFER-STRASSE“



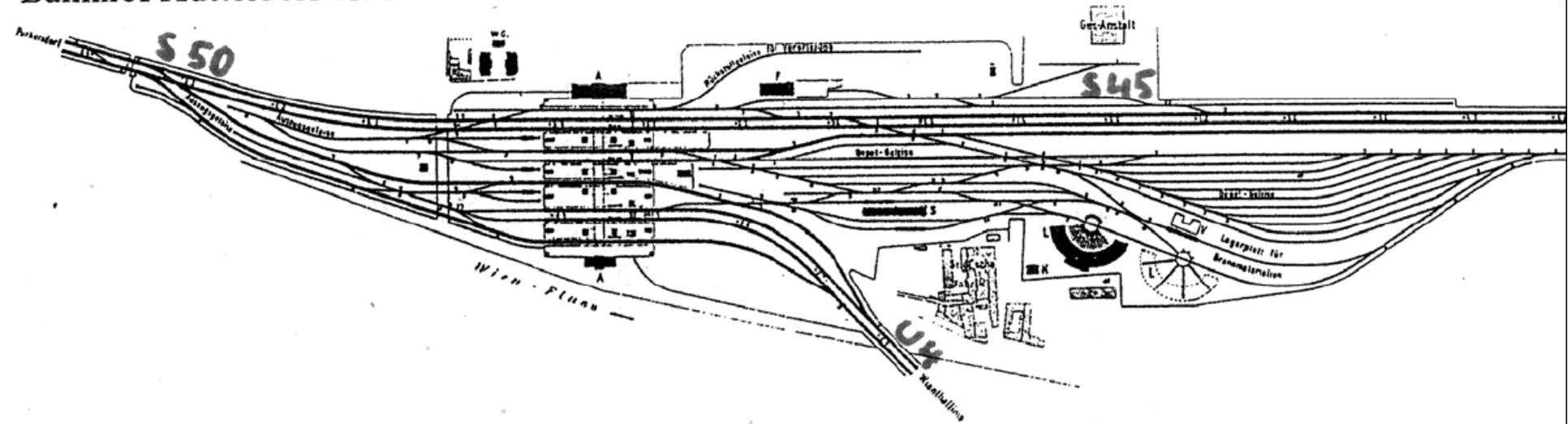
WIENER

• STADTBAHN-BAUTEN •



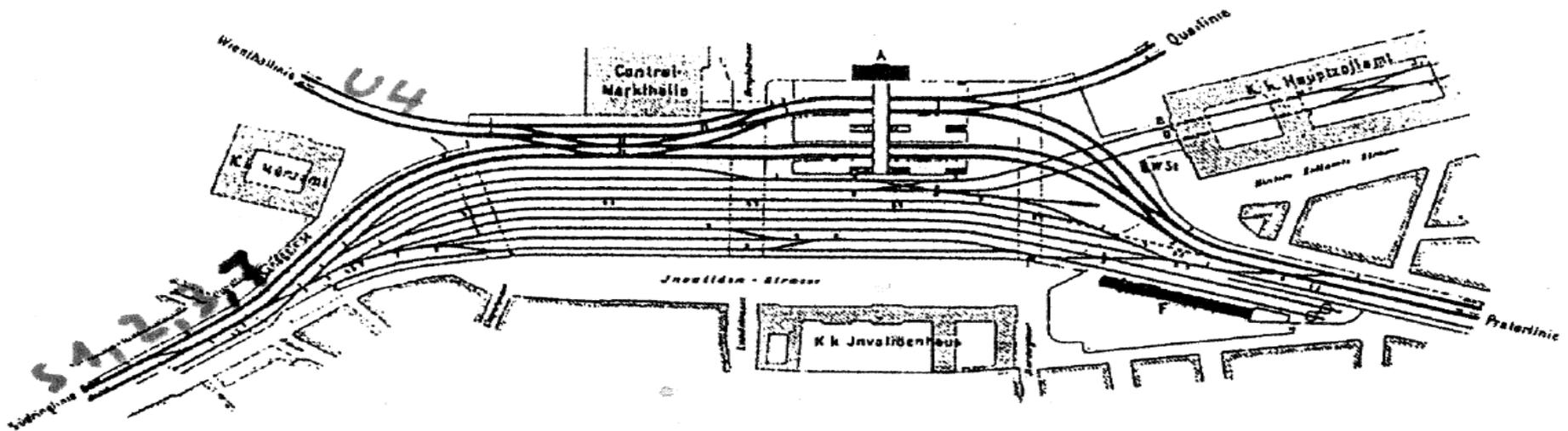
# Stadtbahn als Vollbahn

Bahnhof Hütteldorf 1898



# Stadtbahn als Vollbahn

## Spurplan Hauptzollamt



# Stadtbahn als Kleinbahn

• 1924

- **Ausbau** der Gleisverbindungen in
  - Hütteldorf
  - Hauptzollamt (heute Wien Mitte)
  - Heiligenstadt
- Umbau sämtlicher Weichen mit **30mm Rillenweite** am Radlenker, 1440mm Spurweite
- Einsatz 2,30m schmaler Straßenbahnwagen



# U-Bahn Wien

- Vollbahn wird zur Kleinbahn verbaut, Reduzierung der Tunnelhöhe von 4,80m auf 3,90m, Verkleinerung des Gleisabstandes von 3,80m auf 3,20m
- Forderung des Betriebes: U-Bahnradatz muss die Oberbauformen Xa, S43U, die Stadbahnweichen, die Geleise der Straßenbahnlinie 71 und Hauptwerkstätte befahren können
- Aus diesem Grund wurde ein Sonderradsatz außerhalb jeder Norm konstruiert
- Die Hauptwerkstätte wurde neu gebaut, daher wäre der Einbau von Breittrillenschienen für Vollbahnräder kein Problem gewesen

# U-Bahn Wien

- Die Gleise der Straßenbahnlinie 71 wurden nie von U-Bahnzügen befahren
- Die U-Wagen wurden auf Niederflurwagen aufgeladen, weil die Wiener Linien keine Genehmigung für das Befahren der ÖBB Gleise bekommen haben. Die WLB darf mit den Personenwagen mit  $v_{\max}=10\text{Km/h}$  über ÖBB Weichen fahren, obwohl das Eingriffsbild nicht in Ordnung ist.
- Die WL hätten Weichen für Vollbahnradsätze und Stadtbahnradsätze konstruieren können.

# U-Bahn Wien

- Auch Übergangsradsreifen wie in Karlsruhe, Frankfurt oder Köln wären möglich gewesen.
- So gesehen war die Entscheidung der WL Sonderradsätze einzusetzen nicht die beste Idee!
- Einen Mischbetrieb U Wagen mit N1 Wagen gab es nur zwischen Heiligenstadt und Friedensbrücke
- Die anderen Strecken wurden nur ganz kurze Zeit während der Umbauarbeiten auf Stromschienenbetrieb in den Nachtstunden befahren

# S-Bahn

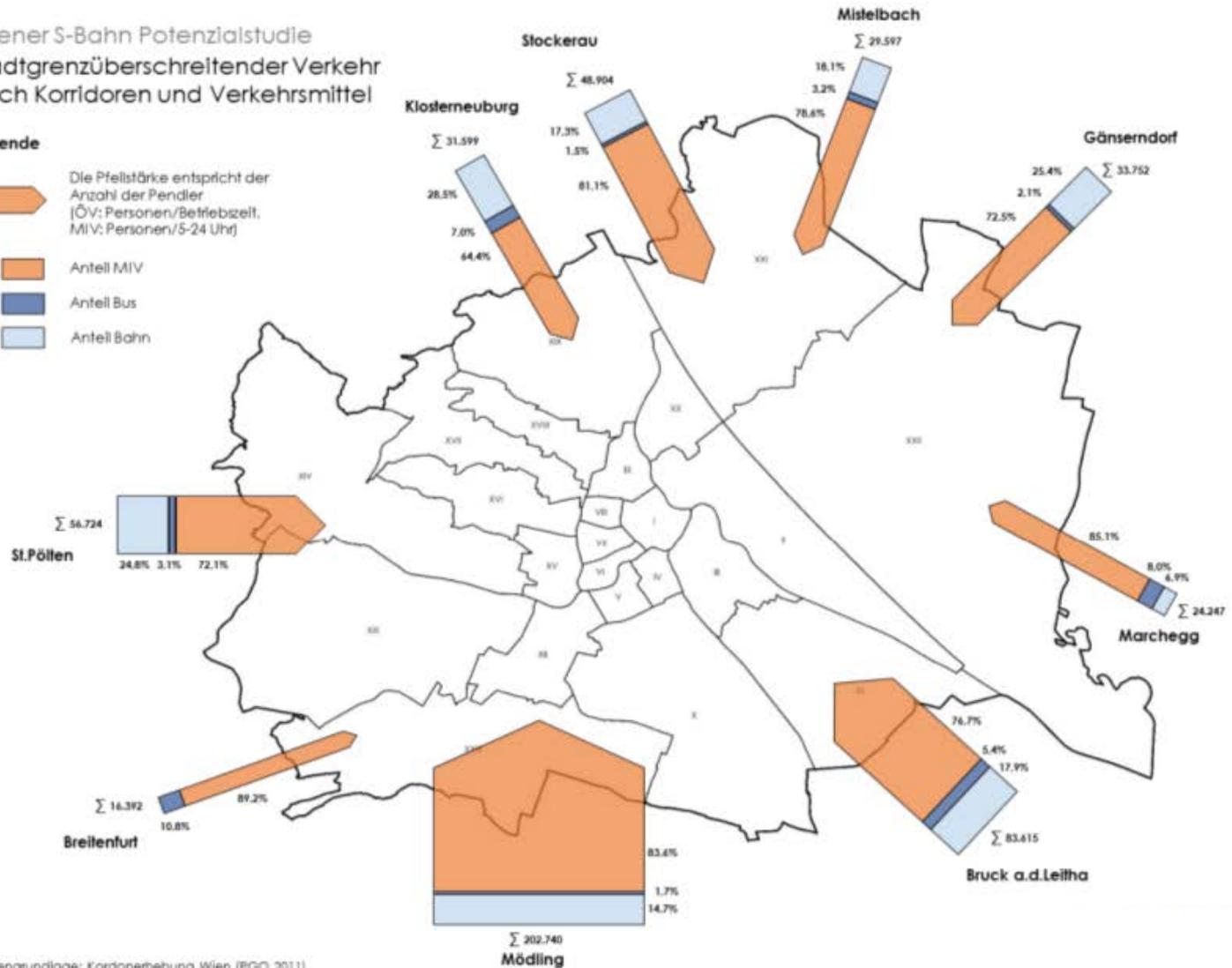
Zweisystembetrieb

U-Bahn - Vollbahn

Wiener S-Bahn Potenzialstudie  
 Stadtgrenzüberschreitender Verkehr  
 nach Korridoren und Verkehrsmittel

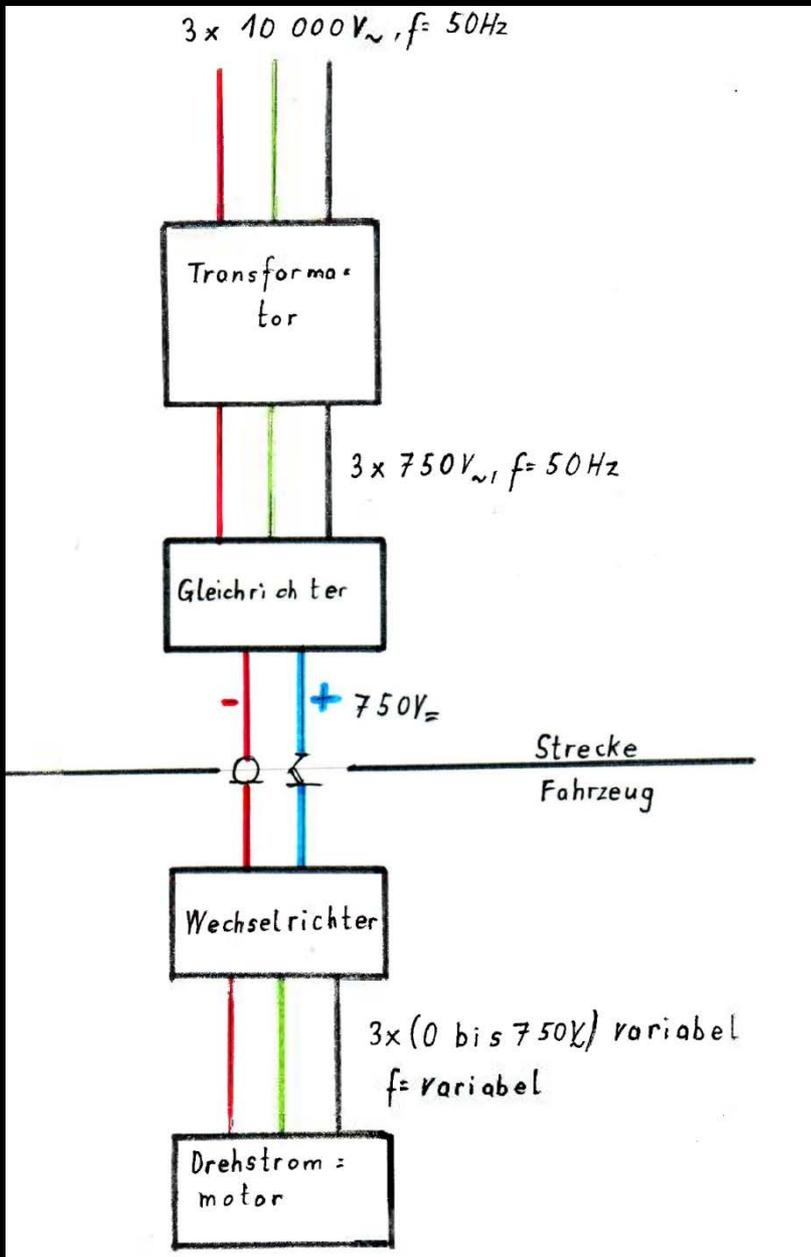
Legende

-  Die Pfeilstärke entspricht der Anzahl der Pendler (ÖV: Personen/Betriebszeit, MIV: Personen/5-24 Uhr)
-  Anteil MIV
-  Anteil Bus
-  Anteil Bahn

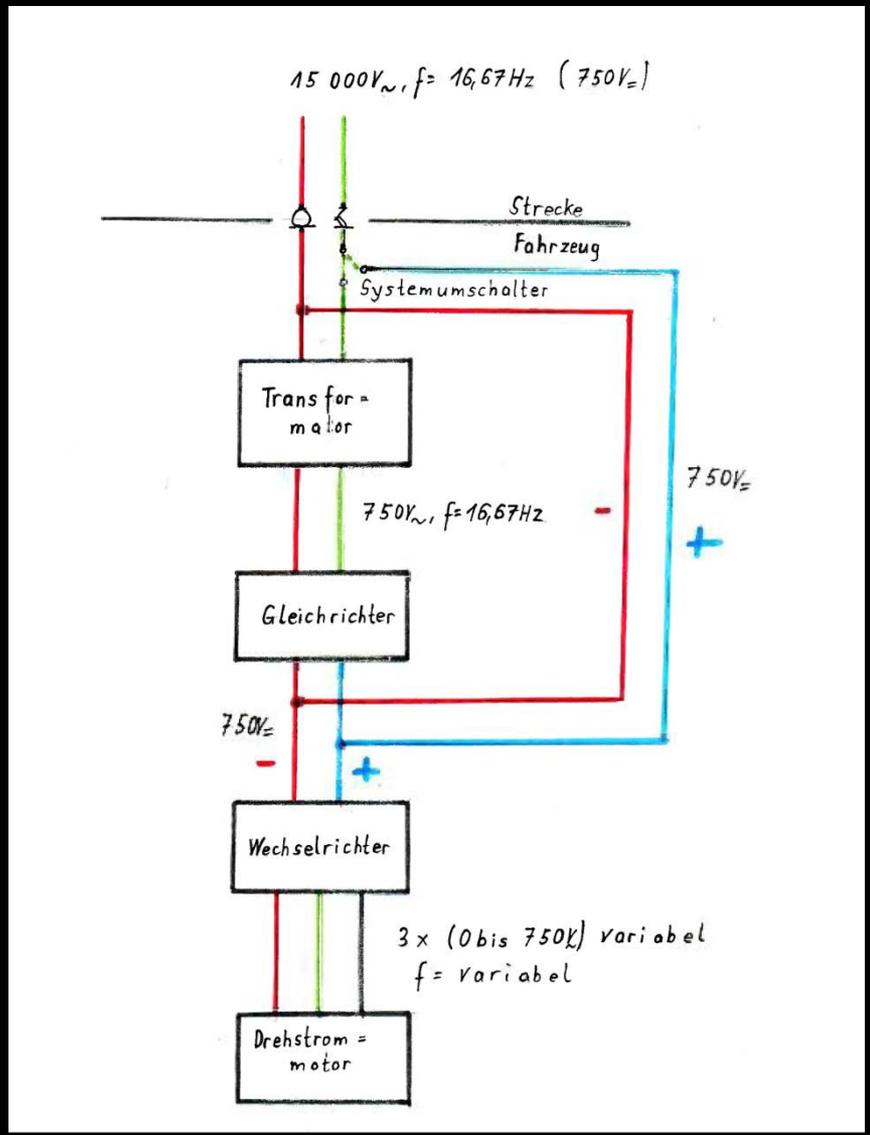


Datengrundlage: Kordonenerhebung Wien (FGO 2011)

- Gleichstrombahn



- Wechselstrombahn
- (Zweissystemwagen)



# Zweisystembetrieb

## Pilotprojekt auf der U4

- Linie S4: NEULENGBACH – Hütteldorf – U4 – Heiligenstadt – TULLN STADT



# Zweisystembetrieb

## U-Bahn - Vollbahn

gleiche Betriebskosten bei

- 30min Takt
- Unter Purkersdorf – Westbahnhof
- 30min Takt
- Franz Josefs Bahnhof – Klosterneuburg Kierling
- 15min Takt
- Unter Purkersdorf – Wien Mitte - Klosterneuburg Kierling

# Zweisystembetrieb

## U-Bahn - Vollbahn

- Lange Umsteigewege am Westbahnhof von der **S50** zur **U6**

- Bahnsteiggleiches Umsteigen Tür an Tür am selben Bahnsteig in der Haltestelle Längenfeldgasse von der **S4** zur **U6**

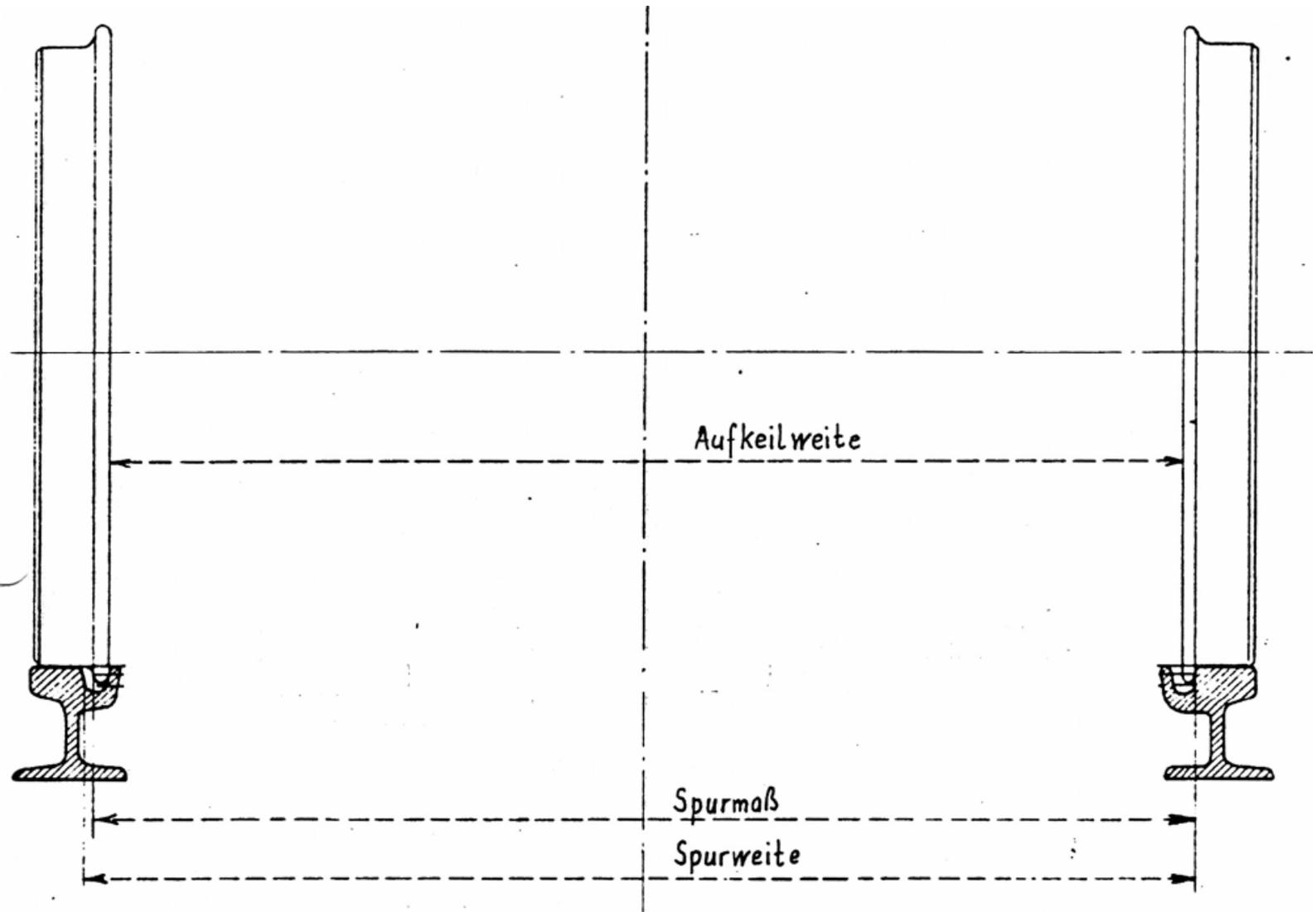
# Zweisystembetrieb

## U-Bahn - Vollbahn

### Anschlussbusse an den 15min Takt

- 15min Takt
- Unter Purkersdorf – Gablitz
- 15min Takt
- Weidlingtal
- 15min Takt
- Hadersdorf – Mauerbach
- 15min Takt
- Kierlingtal

# Radsatz





# Zweisystembetrieb

## U-Bahn - Vollbahn

Eisenbahn	Spurweite	Spurmaß	Aufkeilweite	Rillenweite am Radlenker
Dimension	mm	mm	mm	mm
Vollbahn DB	1432	1425	1360	38
Vollbahn <u>ÖBB</u>	1435	1425	1360	41
Vollbahn China	1435	1417	1353	
U-Bahn Wien	1435	1432	1378	29
Wien U6	1435	1432	1380	29
<u>WLB</u>	1435	1432	1380	41
Straßenbahn Wien	1435	1432	1390	nicht definiert

# Zweisystembetrieb

## • U-Bahn

- Spurweite: 1435mm
- Spurmaß: 1432mm
- Aufkeilweite: 1378mm
- Rillenweite am Radlenker: 29mm
- Bahnsteighöhe: 95cm
- Abstand Bahnstegkante – Gleisachse: 1450mm
- Spannung:  $U=750\text{ V DC}$
- Stromschiene
- Wagenbreite: 2,85m
- Signal: LZB

## • ÖBB

- Spurweite: 1435mm
- Spurmaß: 1425mm
- Aufkeilweite: 1360mm
- Rillenweite am Radlenker: 41mm
- Bahnsteighöhe: 76cm und 95cm
- Abstand Bahnstegkante – Gleisachse: 1650mm und 1700mm
- Spannung:  $U=15\text{KV}$ ,  $f=16,67\text{Hz}$
- Oberleitung
- Wagenbreite: 2,825m
- Signal: INDUSI

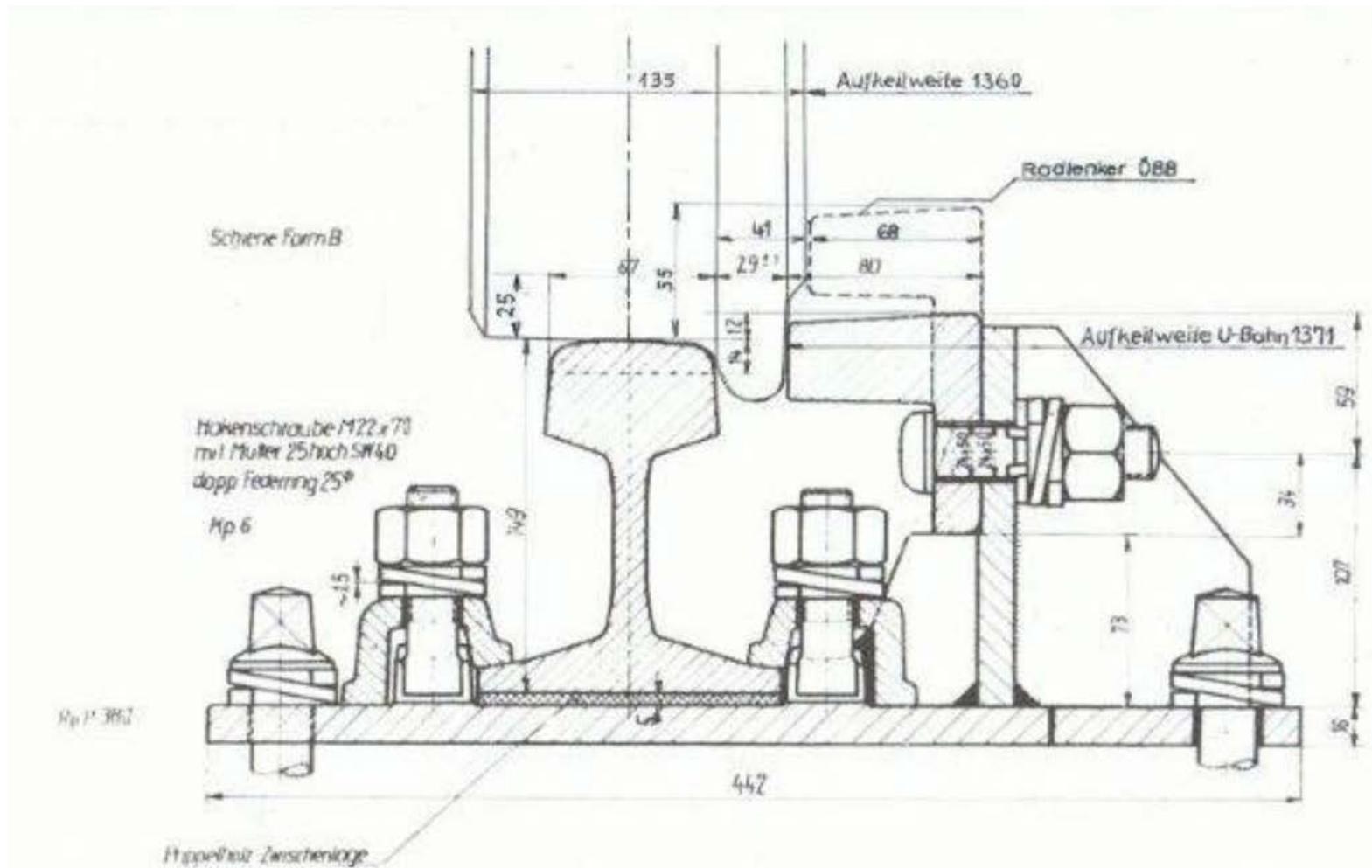
# WLB Weiche mit beweglichen Flügelschienen



# ÖBB Kreuzung ohne Radlenker

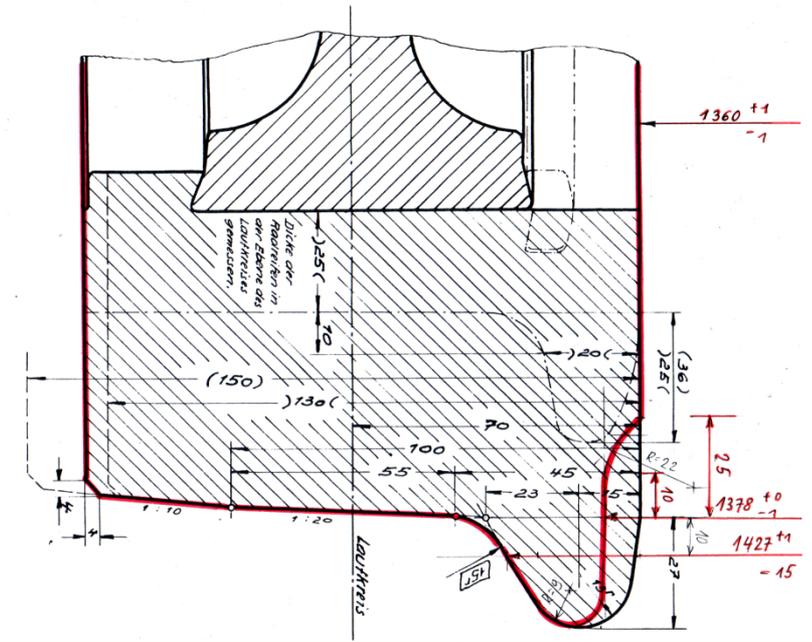
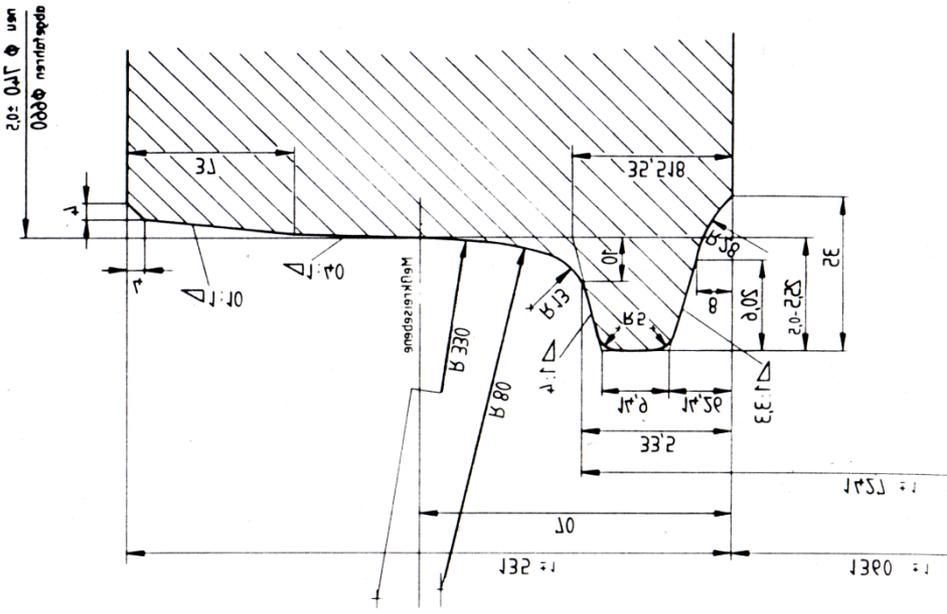


# Übergangsradsreifen



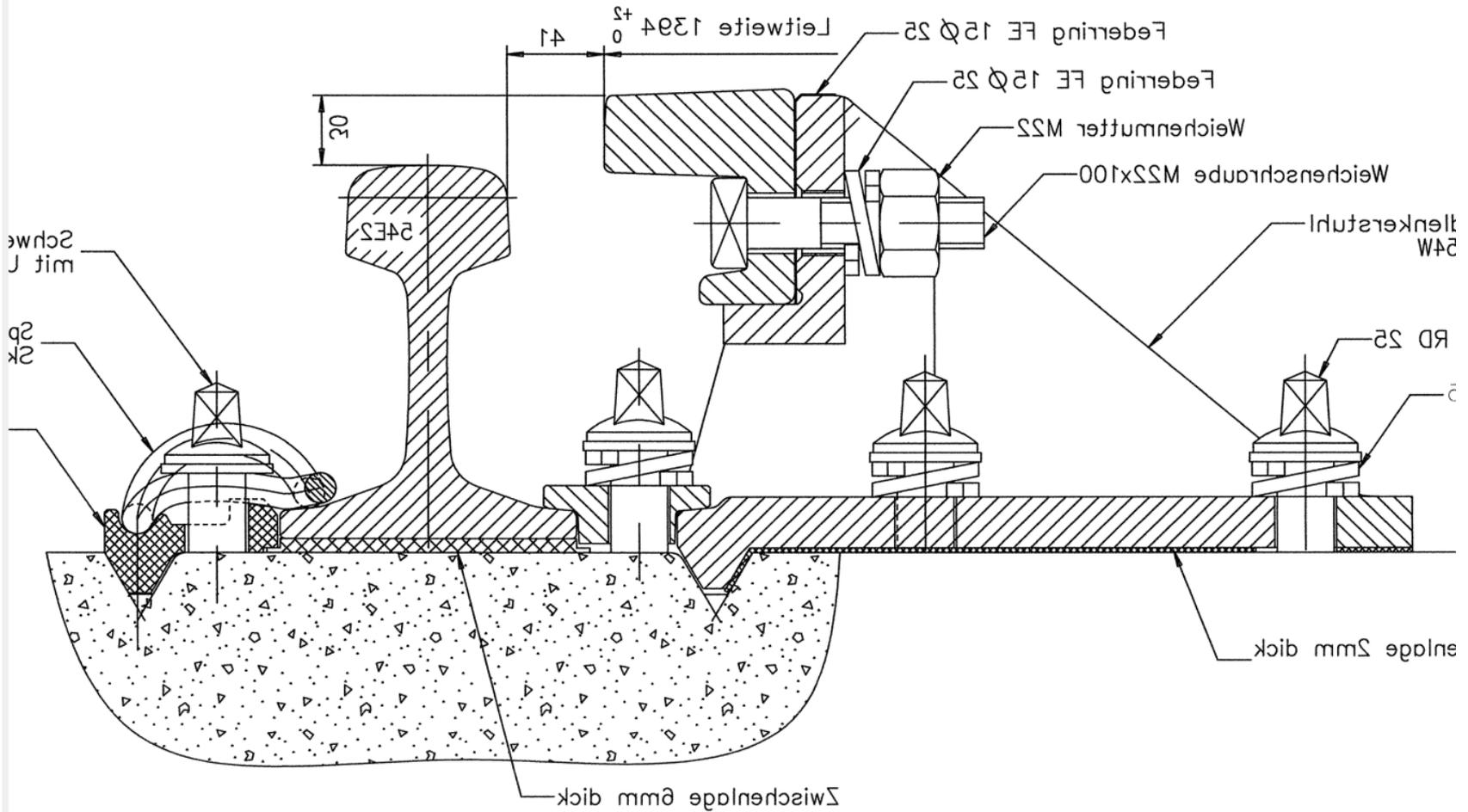
# Vergleich der Radsätze für Karlsruhe und Wien

(---) Höchstmaß  
 (---) Mindestmaß  
 (---) Differenz



# 30mm überhöhter Radlenker der ÖBB im Weichenherz Profil 54E2

Schnitt A-A



# ÖBB Reihe 5022 Schiebetritt



# South Shore Vierschienengleis



# Zweisystembetrieb

## U-Bahn - Vollbahn

### Vollbahn

- Pufferdruck: 1500KN
- Achsdruk: 225KN
- Bremsverzögerung:  
0,8m/s<sup>2</sup>

### Leichter Nahverkehrstriebwagen (LNT)

- Pufferdruck: 800KN
- Achsdruk: 115KN
- Bremsverzögerung: 3m/s<sup>2</sup>

# Zweissystemwagen

Zulassung für 500kN im Jahre 2001



# Zweisystembetrieb

## U-Bahn - Vollbahn

### LNT Fahrzeug auf der Vollbahn

- Strecke  $v_{\max} = 160\text{Km/h}$
- Strecke im Tunnel  $v_{\max} = 120\text{Km/h}$
- LNT Fahrzeug auf Vollbahn  $v_{\max} = 100\text{Km/h}$
- Bremsverzögerung:  $3\text{m/s}^2$
- LNT Fahrzeug mit Zugbeeinflussung und Zugfunkeinrichtungen
- Strecke muss Hauptsignale, signalabhängige Weichen und eine Zugbeeinflussung haben

# Zweisystembetrieb

## U-Bahn - Vollbahn

### Type X auf der Vollbahn

- Drehgestell für  $v_{\max} = 100\text{Km/h}$  bei gleicher Motorleistung geeignet, Übersetzung im Getriebe ändern
- Bei Pufferdruck = 1500KN erhöht sich der Achsdruck auf 120KN, Erhöhung der Fahrzeugmasse um 2t, neue Konstruktion des Wagenkastens notwendig
- Gewicht des Trafos 40KN bis 50KN
- 10 Millionen € kostet die Zulassung
- 30 Monate Lieferzeit nach Bestellung

# Zweisystembetrieb

## U-Bahn - Vollbahn

### LNT Fahrzeuge

- Es werden definierte Knickstellen und gestaffelte Energieverzeheinrichtungen gefordert.
- Eine geringere Festigkeit kann dadurch ausgeglichen werden
- Crashtest mit Kollision der Fahrerkabine im Bahnforschungszentrum bei Breslau.
- Bei steifen Wagen mit 1500KN werden bei einem Aufprall Fahrgäste durch den Wagen geschleudert, wodurch es zu schweren Verletzungen kommt.
- Bei LNT Fahrzeugen wird der Aufprall durch Energieverzeereinrichtungen gedämpft.

# Zweisystembetrieb

## U-Bahn - Vollbahn

### LNT Fahrzeuge

- Es werden definierte Knickstellen und gestaffelte Energieverzeheinrichtungen gefordert.
- Eine geringere Festigkeit kann dadurch ausgeglichen werden
- Crashtest mit Kollision der Fahrerkabine im Bahnforschungszentrum bei Breslau.
- Bei steifen Wagen mit 1500KN werden bei einem Aufprall Fahrgäste durch den Wagen geschleudert, wodurch es zu schweren Verletzungen kommt.
- Bei LNT Fahrzeugen wird der Aufprall durch Energieverzereinrichtungen gedämpft.

# Zweisystembetrieb

## U-Bahn - Vollbahn

Crashnorm 15 227:

- Reduktion des Risikos des Aufkletterns
- Reduktion des Risikos des Entgleisens
- Verhindern des Eindringens von Hindernissen
- Kontrollierte Absorption von Kollisionsenergie
- Erhaltung eines Überlebensraumes für den Triebfahrzeugführer

# Zweisystembetrieb

## U-Bahn - Vollbahn

### Type X auf der Vollbahn

- Fahrzeuge, die über die ÖBB fahren können in Deutschland oder in der Schweiz zugelassen werden
- Wenn ein LNT Fahrzeug in Deutschland auf einer TSI (Technische Spezifikationen für Interoperabilität) Strecke zugelassen ist, muss es auch in Österreich zugelassen werden
- In Österreich gibt es keine Vorschriften oder eine Verordnung, die den Pufferdruck regelt.



# Zweisystembetrieb

## U-Bahn - Vollbahn

Strecke	Linie	Fahrzeit, neu	Linien	Reisezeit, Bestand	$\Delta$
		min		min	min
<u>Neulengbach</u> Stadt – Karlsplatz	S4	52	Rex, U4	51	-1
<u>Rekawinkel</u> – Karlsplatz	S4	39	S50, U4	50	11
<u>Pukersdorf</u> Zentrum – Karlsplatz	S4	28	Rex, U4	27	-1
<u>Tulln</u> Stadt – <u>Schwedenplatz</u>	S4	49	Bus 444, REX, U4	51	2
<u>Klosterneuburg Kierling</u> – <u>Schwedenplatz</u>	S4	20	S40, U4	22	2

Ich danke Ihnen

für Ihre

Aufmerksamkeit