

Elektrische Antriebe als Konzept gegen den Klimawandel

Die der Leipziger Verkehrsbetriebe GmbH prüft den Einsatz von ElektrObussen in Leipzig



Dipl.-Ing. Eberhard Nickel
Geschäftsbereichsleiter Technische Dienste
Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH

Erste Ergebnisse einer Machbarkeitsstudie



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Stadt Leipzig

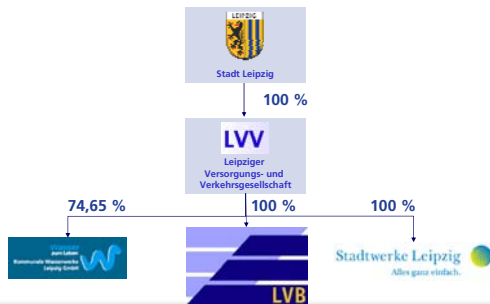
- Einwohner: ca. 515.000
- Arbeitsplätze: ca. 188.000
- Lage: nordwestliches Sachsen
- Fläche: 297 km²
- Höhenlage: 118 m ü. NN
- Motorisierung: 395 Pkw/1000 EW
- Messestandort mit Tradition seit 1165
 - BMW, Porsche, Zulieferer
- Standort für Transportlogistik
 - DHL, Amazon.de, Quelle u.a
- Verkehrsknoten
 - Flughafen Leipzig-Halle,
 - BAB 9, 14 und 38,
 - ICE



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



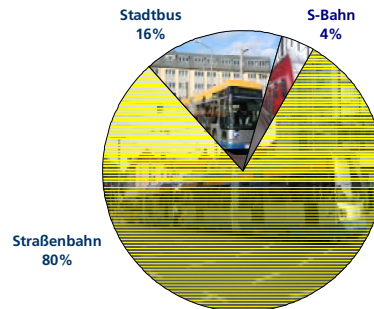
Gesellschafter der Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Anteil der LVB an öffentlichen Verkehrsleistungen in Leipzig



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Verkehrsleistungen der LVB

	Straßenbahn	Bus Stadt und Region
Linien	14	60
max. Kursanzahl	151	130
Linienlänge	211,8 km	1.115,8 km
Wagenkilometer	21.399	10.722
Fahrgäste	100.235.000	23.836.000



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



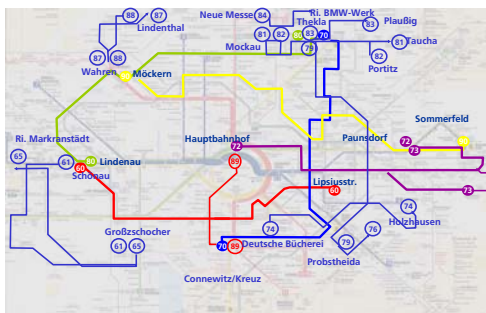
Linienverkehrsnetz der LVB 2008



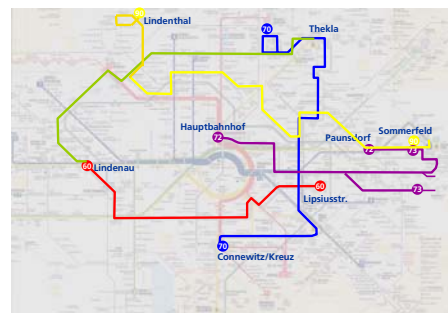
Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



LVB - Linienbusnetz



Das tangentielle Stadtbusnetz



Fahrzeugbestand Omnibusse der LVB 2009

	Typ		Anzahl
	Standardbus	MAN NL 202	11
	Standardbus	Solaris Urbino	48
	Gelenkbus	MB O405 GN	19
	Gelenkbus	MB O530 G	28
	Gelenkbus	Solaris Urbino Hybrid	1
	Midibus Cito	MB O520	3
	Midibus Mercedes Sprinter	TKA 904,6	2
Fahrzeuge Regionalverkehr (LEOBUS)			74
Gesamt			186

Welcher Antriebsart soll die Zukunft gehören?

Die LVB steht vor Entscheidungen zur **Neubeschaffung** von **50 Gelenkominibussen** für den Stadtlinienverkehr in den Jahren **2010 bis 2014**

Mit dieser Neubeschaffung werden für die nächsten 10 bis 12 Jahre die Grundprinzipien der Antriebstechnik manifestiert.

Zur **Verringerung der Umweltbelastung** durch geringeren Schadstoffausstoß in der Flotte sind

zusätzliche Abgasbehandlung, Hybridantriebstechnik und elektrischer Antrieb zu untersuchende Alternativen



Der Obus als verfügbare Technologie mit elektrischem Antrieb

- Der **Obus** ist **eine sofort verfügbare** ausgereifte **Technologie** mit der Steuertechnik moderner Stadtbahnen
- Der **Obus** verkehrt auf seinem Linienweg vollständig **abgasfrei**, er emittiert **kaum Feinstaubpartikel**
- Der **Obus** hat einen deutlich **geringeren Geräuschpegel** und ist **im Stillstand**, z.B. an der Haltestelle **fast geräuschlos**
- Der **Obus** bietet hinsichtlich der Hilfsantriebe den Raum zum **Einsatz zukünftiger Energiespeichertechnik**, kann diesbezüglich auch **Versuchsträger** sein

Mögliche Einsatzgebiete

Übersicht zu nachfragestärksten Stadtbuslinien in Leipzig (2007):

Linie	Linienlänge (in km)	Fahrzeugeinsatz (heute)	Betriebsleistung (in Tausend Nutzwagen-km)	Fahrgäste (in Tausend)	Auslastungskoeffizient Fahrgäste / Betriebsleistung
60	9,3	10 GB	605	3.203	5,3
70	15,5	11 GB	862	3.673	4,3
89	5,4	4 NB	250	907	3,6
90	21,1	3 GB / 9 NB	1.128	3.453	3,1
80	15,3	2 GB / 6 NB	801	2.193	2,7
72/73	13,6/24,8	10 GB	814	2.188	2,7
65	17,6	3 GB / 4 NB	679	1.483	2,2

Untersuchungslinien – Linie 60

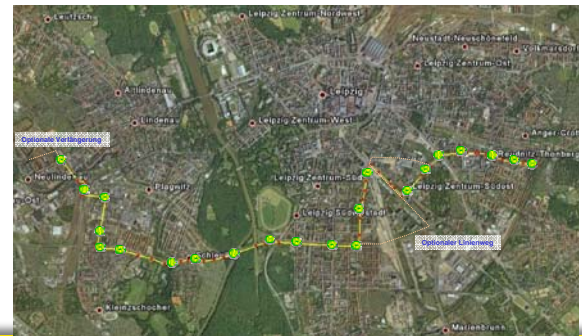
- Die **Linie 60** weist die Vorzüge auf, sehr zentrale Bereiche zu durchfahren und mit 9,3 km Linienlänge relativ kurz für den Aufbau einer ersten Referenzinfrastruktur zu sein. Durch direkte Anbindung an den Busbetriebshof in Lindenuen entfällt zudem das Problem zur Überwindung größerer Aus- und Einrückstrecken. Die Linie 60 war historisch die vorletzte in Leipzig existierende O-Bus-Linie (damals Linie A) und verkehrt im Kernabschnitt Schleußiger Weg auf einer Vorbehaltsstrecke für den Ausbau einer Straßenbahn (laut Nahverkehrsplan).



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Ansicht des Linienweges der Buslinie 60

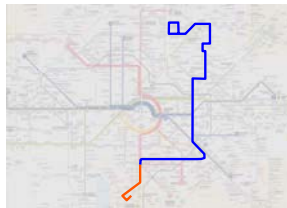


Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Untersuchungslinien – Linie 70

- Innerhalb einer zweiten Ausbaustufe bietet sich als ebenfalls stark frequentierte Linie die **Linie 70** an, die in weiten Teilen bis 2001 noch als Straßenbahnlinie 22 verkehrte.
- Mit Einführung des neuen S-Bahn-Netzes ist vorgesehen, dass die Linie 70 ab Connewitz/Kreuz bis Markkleeberg-West verlängert wird und dort die derzeitige Straßenbahnlinie 9 ersetzt. Hier wäre ein nahtloser Übergang unter Nutzung von Teilen der vorhandenen Stromversorgungsinfrastruktur erstrebenswert.



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Was begünstigt den Einsatz von Obussen in Leipzig?

Die **LVB verfügt** mit rund 320 km Oberleitungen über ein **Bahnenergienetz** für die Straßenbahn **mit Kabeln und Gleichrichter-Unterwerken (GUW)**.

Verschiedene Stadtbushlinien tangieren über ihre Linienführung dieses Netz, deshalb lassen sich **Investitionen** in die Infrastruktur **minimieren**.

Der für die Umstellung der Netzspannung auf **750 V** begonnene und geförderte Umbau der GUW bietet die Möglichkeit erforderliche Erweiterungen vorzubereiten bzw. integriert zu bauen.

Es können Effekte aus der **Rückspeisung** noch wirksamer genutzt werden, weil die **Energie zwischen Straßenbahn und Obus ausgetauscht** und somit die Energiespareffekte zusätzlich verbessert werden kann



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Was begünstigt den Einsatz von Obussen in Leipzig?

Moderne Obusse sind im Fahrzeugbau gleichwertig mit den modernsten Entwicklungen der Kraftomnibusindustrie ausgestattet. Die Antriebssteuersysteme bestehen aus den **gleichen Komponenten** wie sie bei Straßenbahnen eingesetzt werden. Daher sind in der Wartung und Instandhaltung die Synergien der gleichwertigen Behandlung und des **bereits vorhandenen Fachwissens** nutzbar.

Bei dem vorhandenen Know-How in der Unternehmensgruppe LVB ist es vorstellbar, Teile des Endmontageprozesses für die Fahrzeuge in **Kooperation** intern abzuwickeln und somit einen Teil der **Wertschöpfung in Leipzig** zu halten.



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Was begünstigt den Einsatz von Obussen in Leipzig?

Für die Wartung, Instandhaltung und den Betrieb der Infrastruktur sind **keine neuen Kapazitäten** zu schaffen, da diese bereits mit ausreichender Qualifikation in der Unternehmensgruppe LVB vorhanden sind

Der **elektrische Strom** für den Antrieb der Obus-Flotte kann in den bestehenden langfristigen **Liefervertrag** der Stadtwerke Leipzig integriert sein.

Damit kann die Wertschöpfungskette **innerhalb der LVB** abgewickelt werden.



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Was sind die nachteiligen Aspekte des Obusses?

Für die Errichtung eines Obus-Netzes ist eine separate Infrastruktur mit erheblichen Anfangsinvestitionen erforderlich.

Obusse sind gegenwärtig fast doppelt so teuer wie Dieselbusse, wobei im Vergleich zu hybriden Technologien die Differenz deutlich geringer ausfällt.

Gegen Oberleitungen gibt es stadtplanerische Vorbehalte. Sie werden meist als störend empfunden.

Eingeschränkte Flexibilität des Systems



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Betriebskosten für Antriebsenergie

Der **Preisanstieg** für Verbrennungskraftstoffe wie **Diesel** und der **Elektroenergie konvergieren** bei mittelfristiger Betrachtung zunehmend.

Tendenziell ist mit einem weiteren drastischen Anstieg des Preises für fossile Rohstoffe und nervöser Marktpreisreaktion in Bezug auf politische Spannungen oder Krisen zu rechnen.

Elektrisch angetriebene Fahrzeuge können deshalb **langfristig wirtschaftlich kalkulierbar** betrieben werden.



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Energiekosten und CO₂ im Herbst 2008

Vergleich Energieverbrauch und Energiekosten pro 100 km:

O-Bus	Dieselbus	Hybridbus
250 kWh	55-60l	45-50l
35,00 € (bei 0,14 €/kWh) **	82,50 € – 90,00 € (bei 1,50 €/l) **	67,50 € – 75,00 € (bei 1,50 €/l) **
CO ₂ *1: 103 kg	CO ₂ *2: 166,1 kg – 181,2 kg	CO ₂ *2: 135,9 kg – 151 kg

*1 2007 an Energiemix von SWL Ø 412g CO₂/kWh

*2 Ø 3.020 g/l (lt. VDV 07)

** Stand 10/2008



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Energiekosten und CO₂ im Frühjahr 2009

Vergleich Energieverbrauch und Energiekosten pro 100 km:

O-Bus	Dieselbus	Hybridbus
250 kWh	55-60l	45-50l
27,50 € (bei 0,11 €/kWh) **	44,00 € – 48,00 € (bei 0,80 €/l) **	36,00 € – 40,00 € (bei 0,80 €/l) **
CO ₂ *1: 103 kg	CO ₂ *2: 166,1 kg – 181,2 kg	CO ₂ *2: 135,9 kg – 151 kg

*1 2007 an Stromverbrauch von SWL Ø 412g CO₂/kWh

*2 Ø 3.020 g/l (lt. VDV 07)

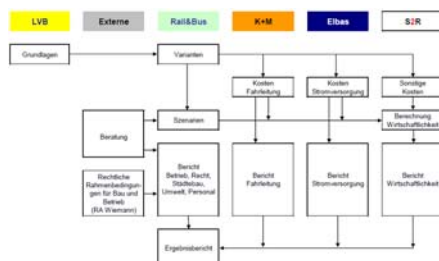
** Stand 05/2009



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Machbarkeitsstudie Beteiligte und Aufgaben



Übersicht Projektorganisation und Partner



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Machbarkeitsstudie – Gestaltung Betriebshof



Neuplanung Betriebshof Lindenau

Integration des O-Busses



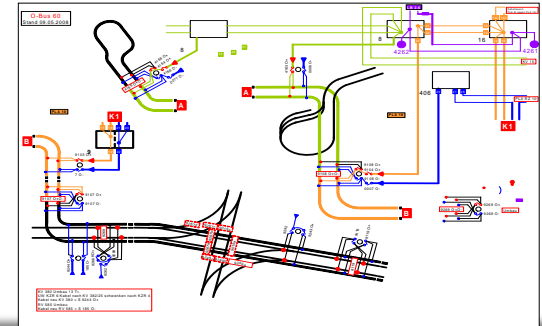
Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



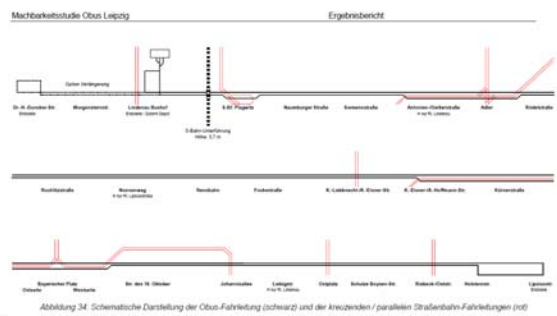
Integration des Obusses in das Bahnstromnetz der LVB



Planungsschema für die Ergänzung des LVB-Bahnstromnetzes für den Obus im Westteil der Linie 60



Oberleitungsschema Linie 60



Oberleitung Gestaltungsanforderungen

- Vermeiden von optischer Dominanz oder Gestaltungsmittel durch besonders geprägte Konstruktionen.
- Vermeidung von Maststandorten oder Entfall von zusätzlichen Masten durch Kombination mit anderen Anwendungsfällen, wie Straßenbeleuchtung, Signalregister u.a..
- Abstimmung der fahrdynamisch erforderlichen Lage der Fahrdrähte mit der optischen Deckung durch Hintergründe

Oberleitungskreuzung Technik Schwerpunkte der Akzeptanz



Abbildung 18. Kreuzung Obus/Straßenbahn ohne Stromunterbrechung

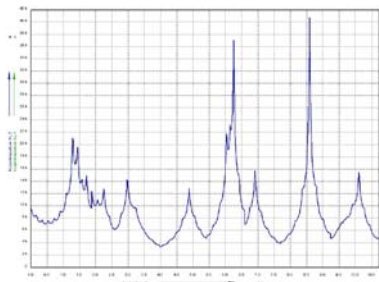


Abbildung 19. Kreuzung Obus/Straßenbahn mit Stromunterbrechung

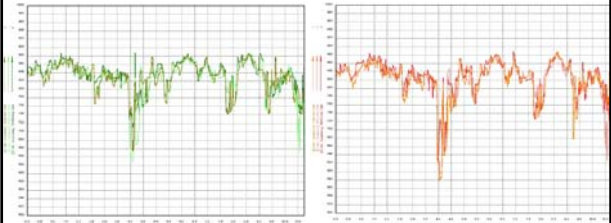
Fahren ohne Oberleitung?

- Derzeit sehr stark in der Diskussion
- Unterirdische Leitungen mit Schleifer oder induktiver Leistungsübertragung
 - Eigener Fahrweg erforderlich sonst störanfällig
 - Sehr hoher Investitionsaufwand
 - Flexibilität zum Ausweichen nicht gegeben
 - Bisher keine ausreichende Betriebserfahrung mit Bussen
- Energiespeicher oder Wechselakku
 - Derzeit keine verfügbaren Technologien für erforderliche Reichweite ohne Nachversorgung

Berechnung des minimalen Kurzschlussstromes Linie 60



Betriebsspannungsverlauf über die Linie 60



ohne Temperaturabsenkung mit Temperaturabsenkung

Machbarkeitsstudie Energiebilanz Linie 60

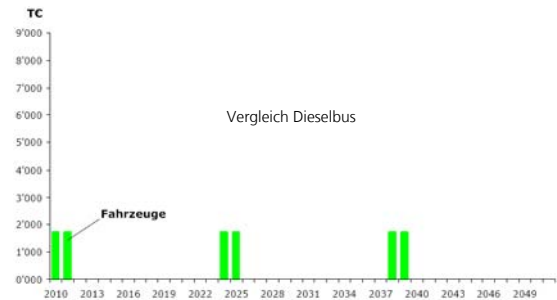
Die folgende Tabelle beinhaltet die Werte des Energiebedarfs je Stunde:

Energiebilanz		Energiebedarf je Stunde kWh
aufgenommen	Normalverkehr	749,5 *902,1
	Spitzenverkehr	956,3 **1.199,0
abgegeben	Normalverkehr	62,5 *68,4
	Spitzenverkehr	110,8 *93,4
Bilanz	Normalverkehr	687,0 *833,8
	Spitzenverkehr	845,5 *1.056,6

* Werte bei Klimatisierung des Fahrgastraums der Obusse

Tabelle 4: Energiebilanz der Obus-Linie

Machbarkeitsstudie Linie 60 Investitionskostenverlauf



Machbarkeitsstudie Linie 60 Investitionskosten

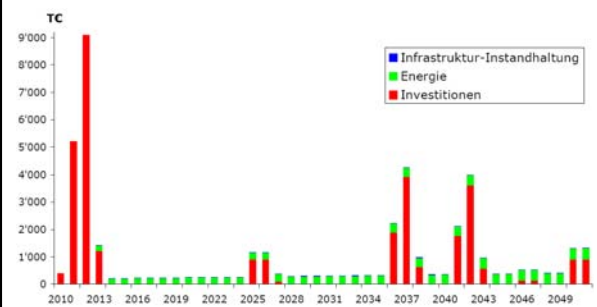
Fazit:

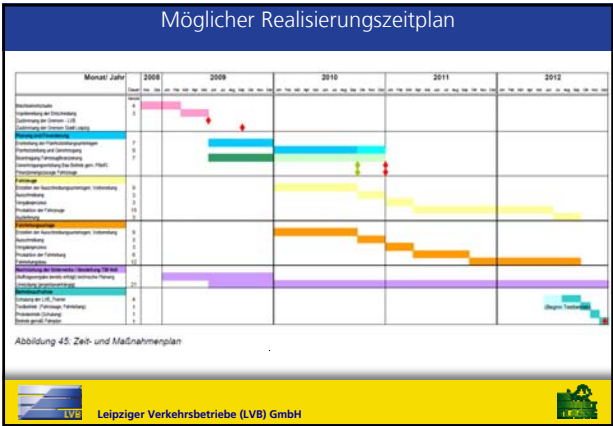
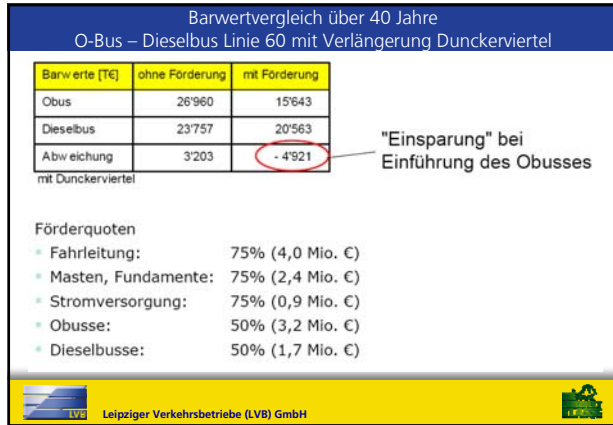
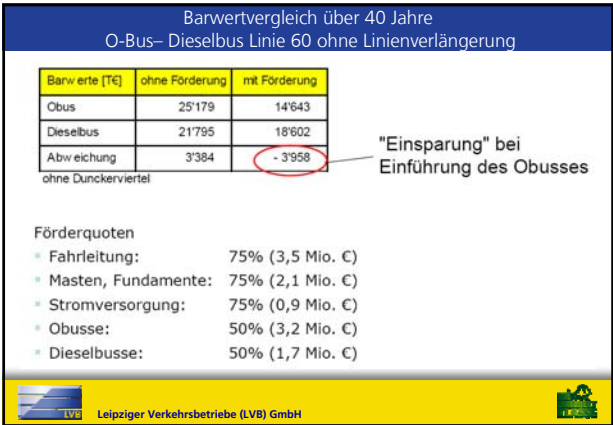
Im Ergebnis der Stromsimulation ist ermittelt, dass im Leipziger Bahnstromnetz ausreichende Kapazitäten zur bedarfsgerechten Versorgung des Obusses auf dem Linienweg der 60 vorhanden sind.

Damit entfallen sonst erforderliche Investitionen in Höhe von rund 1,2 Mio €.

Zusätzlich kann die Höhe der Betriebskosten durch hochwirksame Nutzung der zurück gespeisten Bremsenergie im direkten Austausch zwischen Obus und Straßenbahnen wirksam gesenkt werden.

Machbarkeitsstudie Linie 60 Ausgaben ohne Förderung





LVB zeigt die neue Technik im Stadtbild



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Obus - Netzvision im LVB-Stadtbusnetz

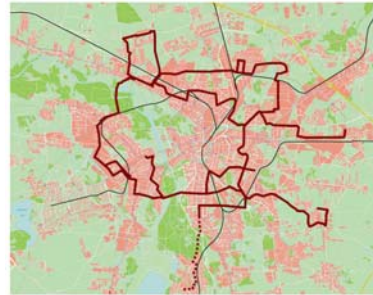


Abbildung 46: Vision für ein zukünftiges Obus-Netz in Leipzig (Quelle: LVB)



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Leipzig
denkt
nach
vorn...



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



...und besinnt sich
seiner Erfahrungen



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH



Fazit

Der erneute Einsatz
von Obussen in Leipzig
ist eine Überlegung wert!

Die bisher vorliegenden Ergebnisse der Machbarkeitsstudie bestätigen
positive Perspektiven für ein Obus-Projekt
Sie werden Basis für weitere Entscheidungen der Zukunft sein.



Vielen Dank für Ihr Interesse!



Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH

