

Verkehrsmittelvergleich und -bewertung:



Kostenkalkulation der qualifizierten Verkehrsträger Straßenbahn & BRT



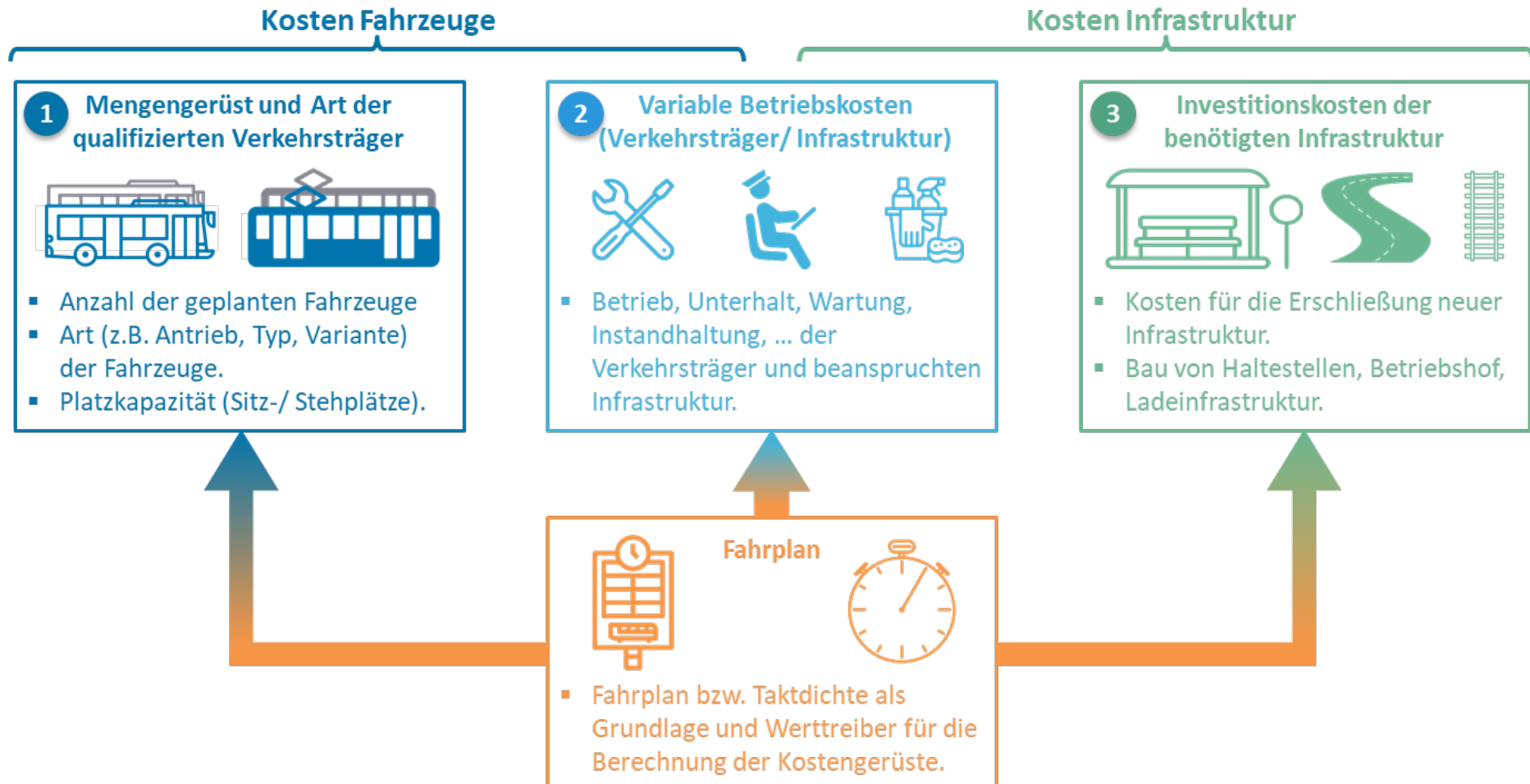
24.02.2020

Technisch-/planerische Dienstleistungen
Mobilitätsleitbild Wiesbaden
dmo / Benz + Walter

Bildquelle: Bosch/SPS

Quelle: „WENIGER VERKEHRSTOTE,
WENIGER STAUS - Vernetzte Autos“,
SPS, Die Welt vom 07.04.2017

Für die Ermittlung der Kosten eines Verkehrsmittels müssen mehrere Dimensionen betrachtet werden



► Die Berechnung der Verkehrsmittelkosten kann vereinfacht auf drei Dimensionen heruntergebrochen werden.

Berechnung der Kosten eines Verkehrsmittel mithilfe der Definition von spezifischen Leistungsgrößen (Auswahl)

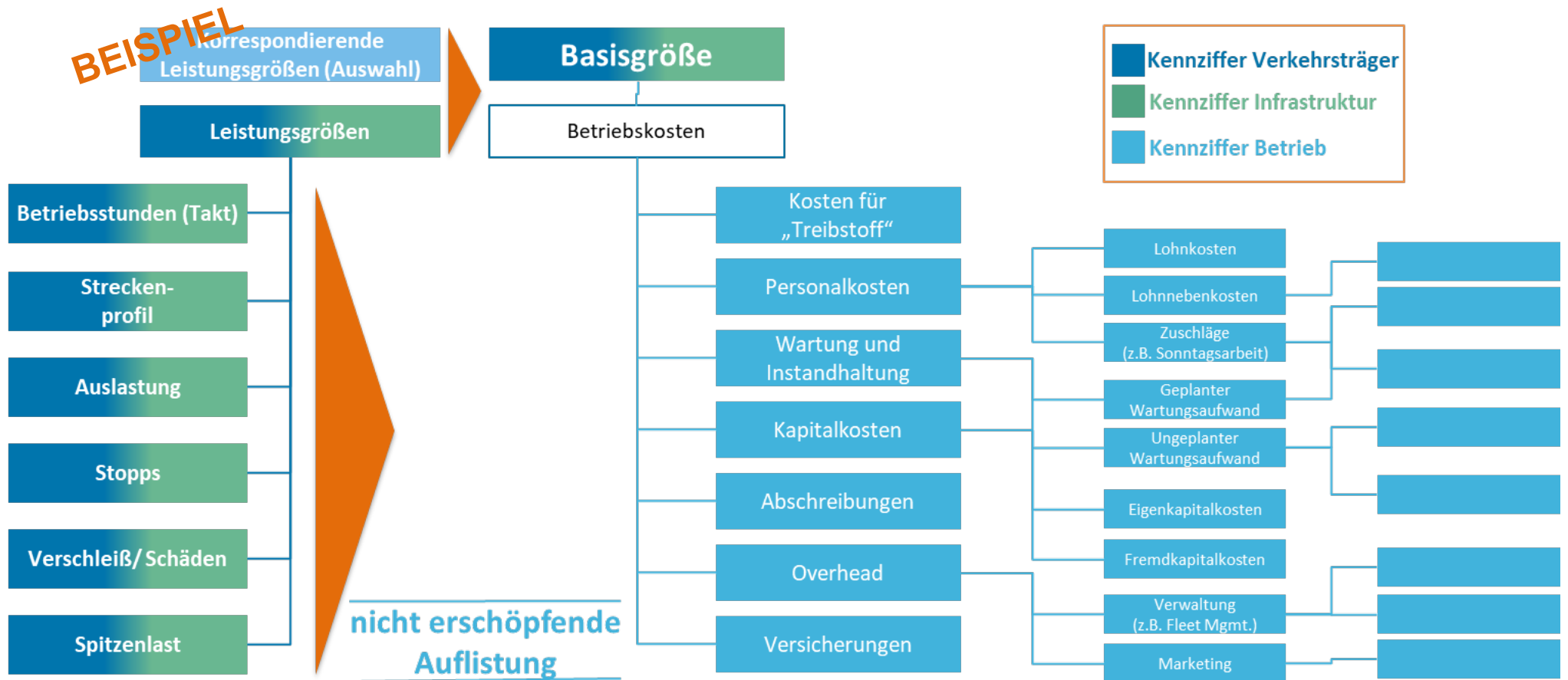


Verkehrsmittel							
Basisgrößen / Kapazitive Größen (Auswahl)		Korrespondierende Leistungsgrößen (Auswahl)					
		Betriebs- stunden (Takt)	Strecken- profil	Auslastung	Stopps	Verschleiß/ Schäden	Spitzenlast
Investitionskosten	Spez. Fahrzeugwerte (AK, etc.)	X	X		X		X
Betriebskosten	Spez. Verbrauch (kWh, etc.)	X	X	X	X		
Wartung	Spez. Verschleiß (Teile, etc.)	X	X	X	X	X	X
Versicherung	Spez. Versicherung pro Fzg.	X				X	
Finanzierung/ Zinsen	Spez. Finanzierung pro Fzg.	X					

Infrastruktur							
Basisgrößen / Kapazitive Größen (Auswahl)		Korrespondierende Leistungsgrößen (Auswahl)					
Verkehrsweg Invest	Wege (Straßen, Schienen, ...)	X	X	X	X		X
Betriebskosten	Betrieb, Wartung, ...	X	X	X	X	X	X
Betriebshof	Bau/ Erweiterung Betriebshof	X				X	X
Ausrüstung	Fahrzeuge (ICTS), Betriebshof	X	X			X	
Sicherheit	Personal, (Kamera-)Systeme	X	X	X			X

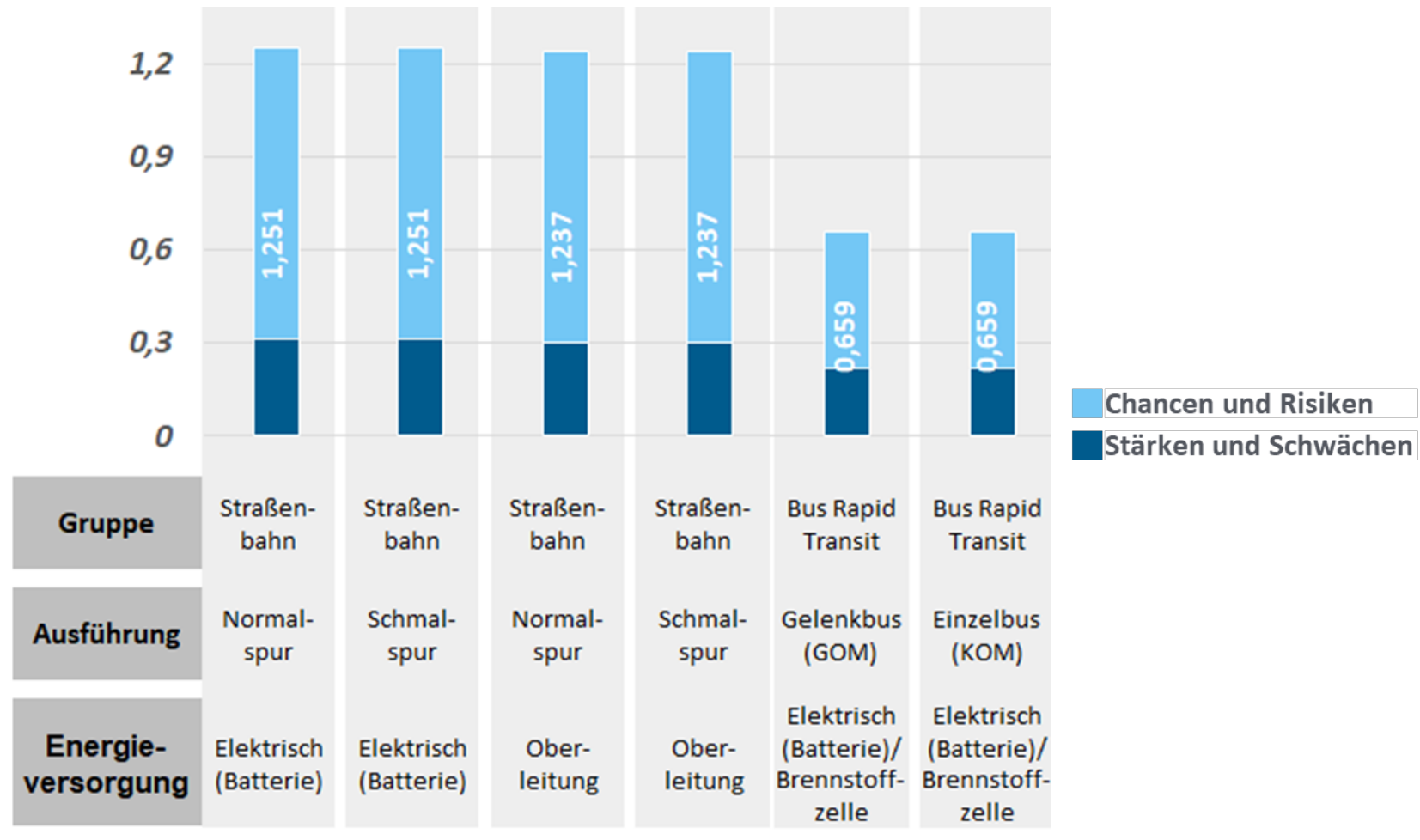
► Die Berechnung der spezifischen Kosten ist im ÖPNV stark von den städteindividuellen Leistungsgrößen abhängig.

Die Leistungsgrößen der Betriebskosten verdeutlichen die Komplexität (beispielhafte Darstellung)



► Durch die akkurate Berechnung und Zuweisung der entstehenden Betriebskosten für einzelne Fahrzeuge wird ein komplexer Berechnungsaufwand benötigt.

Ergebnisse der ÖPNV-Vergleichs-Analyse: Innerstädtische Massenverkehre – Ergebnisse Straßenbahn & BRT



*Gewichtung der „Stärken und Schwächen“ durch die Teilnehmer des 2. Symposiums.

(1) Qualitative Bewertung der qualifizierten Verkehrsträger anhand verschiedener Kennziffern



Eine **akkurate Allokation der Kosten** für die Berechnung der **Verkehrsträger**, der **Infrastruktur** sowie der benötigten **Betriebskosten** (bzw. verschiedene Kombinationen dieser) ist aufgrund der zu Grunde liegenden **Komplexität nicht zielführend**.









Mithilfe einer **Gegenüberstellung** der **Leistungsfähigkeit** verschiedener Systeme (**Verkehrsträger** und **Infrastruktur**) und deren **approximierten Kosten** (**Investition** und **Betrieb**) unter Verwendung von Vergleichswerten und Annahmen ähnlicher Systeme, werden diese im weiteren Verlauf anhand von **fünf Kennzahlen** näher **beschrieben** und **bewertet**.

1	Leistungsfähigkeit	Leistungsfähigkeit des Systems; ermittelt durch die Beförderungskapazitäten/ Zeiteinheit.
2	Fahrzeugeinsatz	Möglicher Fahrzeugeinsatz (Taktichte) des entsprechenden Fahrzeuges.
3	Fahrzeugkosten	Investitionskosten pro Fahrzeug des zu betrachtenden Verkehrsträgers.
4	Infrastrukturkosten	Investitionskosten für die Schaffung der für das Fahrzeug benötigten Infrastruktur (Straßen, Schienen, Betriebshof, Ladeinfrastruktur).
5	Betriebskosten	Betrieb, Fahrplanpersonal, Unterhalt, Wartung, ... der Fahrzeuge und entsprechender Infrastruktur .

► Über die 5 Kriterien werden die qualifizierten Verkehrsträger/ Verkehrsmittel zunächst qualitativ verglichen. Im Anschluss erfolgt ein quantitativer Vergleich der in den Szenarien verwendeten Systemen.









(1) Qualifizierte Bewertung Schiene – Straßenbahn – Schmalspur – Elektrisch

	Wertung	Beschreibung
Leistungsfähigkeit der Systeme	 147 Personen	Je eingesetztes Fahrzeug: 226 Plätze * 65% (max. Auslastung HVZ)
Fahrzeugeinsatz	 Sehr Hoch	Unabhängige Trassen und große Haltestellen können zu sehr hoher Leistungsfähigkeit führen.
Fahrzeugkosten	 3.000.000€	Kosten für die Anschaffung eines Triebfahrzeuges.
Infrastrukturkosten	 Hoch – Sehr Hoch	Ca. 15 Millionen € je Bahnkilometer bei Bau im Straßenraum (inkl. Umgestaltung des Straßenraums). Kosten Betriebshof/ Nutzung Mainz.
Betriebskosten	 Gering	Geringe Betriebskosten durch beständige Infrastruktur sowie langlebiges Fahrzeugmaterial und entsprechenden Energieträger.
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none">▪ Hochwertiges, leistungsfähiges Schienensystem auf Hauptverkehrsachsen.▪ Bedienung durch Straßenbahnen in variable Fahrzeuglänge und der Möglichkeit zur Zugbildung (bis 75 m).▪ Geräumige Fahrzeuge mit mehr Platz für Rollstühle und Kinderwagen.▪ Schon zum Start muss erhebliche Mindestgröße erreicht sein (Strecke, Fahrzeuge, Betriebshof).	

Hinweis: Hier wurde ein schmales Straßenbahnfahrzeug mit einer Breite von max. 2,30 m angesetzt..









(1) Qualifizierte Bewertung Schiene – Straßenbahn – Normalpur – Elektrisch

	Wertung	Beschreibung
Leistungsfähigkeit der Systeme	 180 Personen	Je eingesetztes Fahrzeug: 277 Plätze * 65% (max. Auslastung HVZ)
Fahrzeugeinsatz	 Sehr Hoch	Unabhängige Trassen und große Haltestellen können zu sehr hoher Leistungsfähigkeit führen. S-Bahn Netz kann angebunden werden.
Fahrzeugkosten	 4.000.000€	Höhere Investitionskosten durch größere Fahrzeuge bzw. die Technik zur Anbindung an das S-Bahn System.
Infrastrukturkosten	 Hoch – Sehr Hoch	Ca. 15 Millionen € je Bahnkilometer bei Bau im Straßenraum (inkl. Umgestaltung des Straßenraums). Kosten Betriebshof/ Nutzung Mainz.
Betriebskosten	 Mittel	Erhöhter Wartungsbedarf der Schieneninfrastruktur durch die gemeinsame Nutzung mit S-Bahnen.
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none">▪ Hochwertiges, leistungsfähiges Schienensystem auf Hauptverkehrsachsen▪ Erweiterung der innerstädtischen Straßenbahn/Stadtbahn um regionale Strecken durch Neubau oder Mitnutzung von Eisenbahnstrecken; Bedienung durch Straßenbahnen.▪ Schaffung von Direktverbindungen aus der Region.▪ Zusätzliche Kosten für Ausrüstung der Fahrzeuge (Signalsystem, Radreifen, etc.)	

Hinweis: Hier wurde ein breites Straßenbahnfahrzeug mit einer Breite von bis zu 2,65 m angesetzt..



(1) Qualifizierte Bewertung Gebunden – BRT – Doppelter Gelenkbus – Elektrisch

	<i>Beschreibung</i>	
Leistungsfähigkeit der Systeme	 145 Personen	Je eingesetztes Fahrzeug: 145 Plätze * 65% (max. Auslastung HVZ)
Fahrzeugeinsatz	 Mittel – Hoch	Unabhängige Trassen und groß dimensionierte Haltestellen können zu sehr hoher Leistungsfähigkeit führen
Fahrzeugkosten	 800.000 €	Investitionskosten für Elektrobuse liegen noch über den Kosten der Diesel-Äquivalente. Auswahl an Fahrzeugen sehr gering.
Infrastrukturkosten	 Hoch	Variiert stark (Mitnutzung vorhandener Fahrbahnen Vs. kompletter Bau Sondertrassen). Aufrüstung des Betriebshofes/ Ladeinfrastruktur nötig.
Betriebskosten	 Gering	Unterhaltskosten für elektrische Busse sind entsprechend geringer als der Betrieb von Dieselnissen.
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none">▪ Hochwertiges, leistungsfähiges Bussystem auf Hauptverkehrsachsen.▪ Weitestgehend Eigentrasse, hochwertige Gestaltung und städtebauliche Integration.▪ Benötigt die Erstellung eigener Fahrwege, die entsprechend konstant hohen Belastungen standhalten müssen.	



(2) Quantifizierte Bewertung: Daten-/ Bewertungsgrundlage und Annahmen

Daten- und Berechnungsgrundlage für die Kostennäherung der Qualifizierten Verkehrsträger:

- Projektstudie "Emissionsfreier ÖPNV in der Landeshauptstadt Wiesbaden", ESWE Verkehrsgesellschaft mbH
- Straßenbahnen der HEAG mobilo. Abgerufen 21. Februar 2020, von <https://www.heagmobilo.de/strassenbahnen-der-heag-mobitram>
- Auslastung einzelner Verkehrsträger. Abgerufen am 21. Februar 2020, <https://www.vdv.de/vdv-statistik-2018.pdf>.
- Durchschnittliche Kosten für den Straßenbau des NRW-Finanzministeriums, Abgerufen 21. Februar 2020, von https://rp-online.de/nrw/landespolitik/nrw-was-kostet-eigentlich-ein-meter-strasse_aid-19935783
- Ergebnisse der Nutzen-Kosten-Untersuchung (Einsatz einer Citybahn in der Landeshauptstadt Wiesbaden, Abgerufen am 19. Februar 2020, von https://www.citybahn-verbindet.de/fileadmin/user_upload/CityBahn_Broschuere_NKU.pdf
- "Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von Busspuren. Abgerufen am 19. Februar 2020, von https://www.guetegemeinschaft-beton.de/fileadmin/guetegemeinschaft-beton-de/media/Redaktion/PDF-Dateien/11-Pauli_Busspuren.pdf"

Daten- und Berechnungsgrundlage für die Kostennäherung der Qualifizierten Verkehrsträger:

- Für die "Rückgrat"-Systeme (Bus Rapid Transit sowie Straßenbahn) wird mit exemplarisch mit dem Bau von 1km Verkehrswegen gerechnet.
- Für die "Rückgrat"-Systeme (Bus Rapid Transit sowie Straßenbahn) wird mit exemplarisch Kosten für den Unterhalt der Verkehrswege von 5% der Bausumme p.A. gerechnet.
- Für die vorliegende Kostennäherung wurde mit jeweils zwei Personen im Fahrdienst (16h-Betrieb des Verkehrsträgers) gerechnet.
- Infolge der technischen Mehrausstattung von BRT-Gelenkbussen gegenüber ungebundenen Gelenkbussen bzw. einer Normalspurbahn gegenüber einer Schmalspurbahn wurden die die entsprechenden Kosten teilweise mit einem Faktor multipliziert.
- Die durchschnittliche Auslastung der ÖPNV-Verkehrsträger lag laut VDV-Statistik 2018 bei rund 21,3%.

(2) Quantifizierte Bewertung: Kostenannäherung Straßenbahn – Schmalspur, Elektrisch



26 Anzahl Fahrzeuge		"Rückgrat" Straßenbahn - Schmalspur									
		Afa	Stk.	Stückkosten [€]		Stückkosten [€] pro Jahr		Gesamtkosten [€] pro Jahr		Kosten Pro Platz je km nach Auslastung	
		[Jahre]	Stk.	Stückkosten [€]	Bezug	[€ / Jahr pro Stk.]	Bezug	[€/ Jahr]	Bezug	[€/pkm] p.A. HVZ	[€/pkm] p.A. Ø
1.	Invest Verkehrsträger					500.000 €		13.000.000 €		0,03 €	0,08 €
1.1.	Verkehrsträger	20	26	3.000.000 €	je Triebfahrzeug	500.000 €	Kosten pro Jahr je Fhgz.	13.000.000 €	Invest Verkehrsträger je Jahr	0,03 €	0,08 €
2.	Invest Infrastruktur					1.388.325 €		36.096.461 €		0,03 €	0,08 €
2.1.	Verkehrswege	25	26	600.000.000 €	30 km Strecke (2 Gleise)	923.077 €	Invest Infrastruktur Fahrwege je Jahr und je Fzg.	24.000.000 €	Kosten Verkehrswege bei 30km Strecke je Jahr	0,03 €	0,08 €
2.2.	Betriebshof	30	26	38.462 €	je Triebfahrzeug	1.282 €	Kosten pro Jahr je Fhgz.	33.333 €	Invest Infrastruktur je Jahr	0,00 €	0,00 €
2.3.	Ladeinfrastruktur	19	26	46.132 €	je Triebfahrzeug	2.428 €	Kosten pro Jahr je Fhgz.	63.128 €	Invest Infrastruktur je Jahr	0,00 €	0,00 €
2.4.	Haltestellen	25	26	300.000.000 €	30 Haltestellen	461.538 €	Kosten pro Jahr je Fhgz.	12.000.000 €	Invest Infrastruktur je Jahr und 30 Haltestellen	0,00 €	0,00 €
3.	Betriebskosten (p.A.)					475.385 €		12.360.000 €		0,02 €	0,06 €
3.1.	Fahr-/ Betriebspersonal		52	65.000 €	2x je Triebfahrzeug	130.000 €	Kosten pro Jahr je Fhgz.	3.380.000 €	Betriebskosten je Jahr	0,01 €	0,02 €
3.2.	Betrieb		26	299.231 €	je Triebfahrzeug	299.231 €	Kosten pro Jahr je Fhgz.	7.780.000 €	Betriebskosten je Jahr	0,01 €	0,04 €
3.7.	Unterhalt Infrastruktur		26	46.154 €	je Triebfahrzeug	46.154 €	Kosten pro Jahr je Fhgz.	1.200.000 €	Betriebskosten je Jahr	0,00 €	0,01 €
4.	Gesamtkosten					2.363.710 €		61.456.461 €			
5.	Kosten Platzkilometer									0,07 €	0,22 €

Hinweis: Hier wurde ein breites Straßenbahnfahrzeug mit einer Breite von bis zu 2,65 m angesetzt..

(2) Quantifizierte Bewertung: Kostenannäherung Straßenbahn – Normalspur, Elektrisch



26 Anzahl Fahrzeuge		"Rückgrat" Straßenbahn - Normalspur											
		Afa	Stk.	Stückkosten [€]		Stückkosten [€] pro Jahr		Gesamtkosten [€] pro Jahr		Kosten Pro Platz je km nach Auslastung			
		[Jahre]	Stk.	Stückkosten [€]	Bezug	[€/Jahr pro Stk.]	Bezug	[€/Jahr]	Bezug	[€/pkm] p.A. HVZ	[€/pkm] p.A. Ø		
1.	Invest Verkehrsträger							666.667 €		17.333.333 €		0,03 €	0,08 €
1.1.	Verkehrsträger	20	26	4.000.000 €	je Triebfahrzeug	666.667 €	Kosten pro Jahr je Fhgz.	17.333.333 €	Invest Verkehrsträger je Jahr	0,03 €		0,08 €	
2.	Invest Infrastruktur							1.480.633 €		38.496.461 €		0,03 €	0,09 €
2.1.	Verkehrswege	25	26	660.000.000 €	30 km Strecke (2 Gleise)	1.015.385 €	Invest Infrastruktur Fahrwege je Jahr und je Fzg.	26.400.000 €	Kosten Verkehrswege bei 30km Strecke je Jahr	0,03 €		0,09 €	
2.2.	Betriebshof	30	26	38.462 €	je Triebfahrzeug	1.282 €	Kosten pro Jahr je Fhgz.	33.333 €	Invest Infrastruktur je Jahr	0,00 €		0,00 €	
2.3.	Ladeinfrastruktur	19	26	46.132 €	je Triebfahrzeug	2.428 €	Kosten pro Jahr je Fhgz.	63.128 €	Invest Infrastruktur je Jahr	0,00 €		0,00 €	
2.4.	Haltestellen	25	26	300.000.000 €	30 Haltestellen	461.538 €	Kosten pro Jahr je Fhgz.	12.000.000 €	Invest Infrastruktur je Jahr und 30 Haltestellen	0,00 €		0,00 €	
3.	Betriebskosten (p.A.)							509.923 €		13.258.000 €		0,02 €	0,06 €
3.1.	Fahr-/ Betriebspersonal		52	65.000 €	2x je Triebfahrzeug	130.000 €	Kosten pro Jahr je Fhgz.	3.380.000 €	Betriebskosten je Jahr	0,01 €		0,02 €	
3.2.	Betrieb und Instandhaltung		26	329.154 €	je Triebfahrzeug	329.154 €	Kosten pro Jahr je Fhgz.	8.558.000 €	Betriebskosten je Jahr	0,01 €		0,04 €	
3.7.	Unterhalt Infrastruktur		26	50.769 €	je Triebfahrzeug	50.769 €	Kosten pro Jahr je Fhgz.	1.320.000 €	Betriebskosten je Jahr	0,00 €		0,01 €	
4.	Gesamtkosten							2.657.223 €		69.087.795 €			
5.	Kosten Platzkilometer											0,08 €	0,24 €

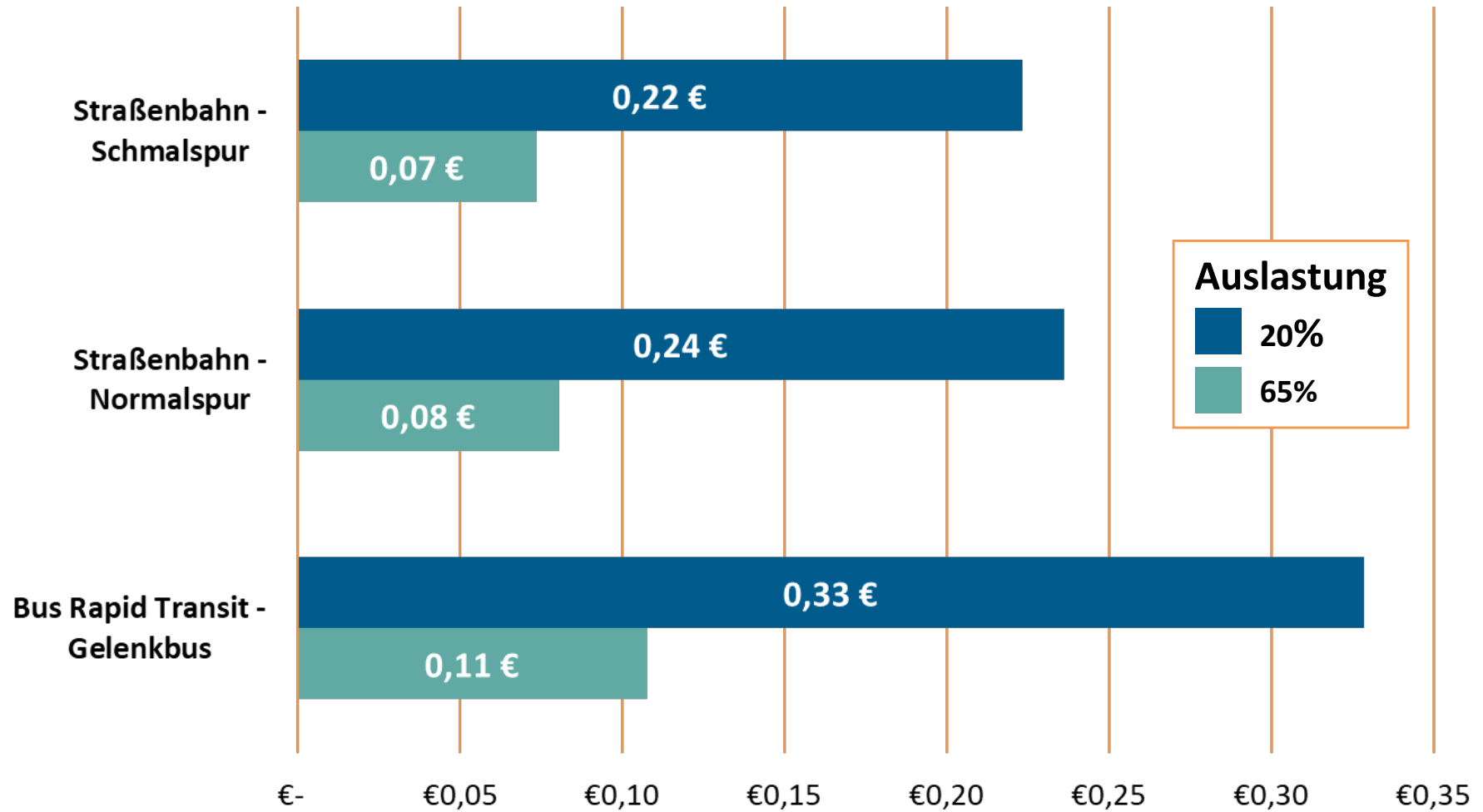
Hinweis: Hier wurde ein breites Straßenbahnfahrzeug mit einer Breite von bis zu 2,65 m angesetzt..

(2) Quantifizierte Bewertung: Kostenannäherung Bus Rapid Transit – Gelenkbus, Elektrisch



38 Anzahl Fahrzeuge		"Rückgrat" Bus Rapid Transit - Gelenkbus, Elektrisch												
		Afa	Stk.	Stückkosten [€]		Stückkosten [€] pro Jahr und Fzg.		Gesamtkosten [€] pro Jahr alle Fzge.		Kosten Pro Platz je km nach Auslastung				
		[Jahre]	Stk.	Stückkosten [€]	Bezug	[€ / Jahr pro Stk.]	Bezug	[€ / Jahr]	Bezug	[€ /pkm] p.A. HVZ	[€ /pkm] p.A. Ø			
1.	Invest Verkehrsträger							135.600 €		5.152.800 €			0,01 €	0,04 €
1.1.	Verkehrsträger	6	38	813.600 €	pro Bus	135.600 €	Kosten pro Jahr je Bus	5.152.800 €	Invest Verkehrsträger je Jahr	0,01 €			0,01 €	0,04 €
2.	Invest Infrastruktur							697.225 €		26.494.537 €			0,07 €	0,22 €
2.1.	Verkehrswege	20	38	508.500.000 €	30 km Strecke (2 Fahrspuren)	669.079 €	Invest Infrastruktur Fahrwege je Jahr und je Fzg.	25.425.000 €	Kosten Verkehrswege bei 30km Strecke je Jahr	0,07 €			0,07 €	0,21 €
2.2.	Betriebshof	30	38	13.637 €	pro Bus	455 €	Kosten pro Jahr je Bus	17.273 €	Invest Infrastruktur je Jahr	0,00 €			0,00 €	0,00 €
2.3.	Ladeinfrastruktur	19	38	46.132 €	pro Bus	2.428 €	Kosten pro Jahr je Bus	92.264 €	Invest Infrastruktur je Jahr	0,00 €			0,00 €	0,00 €
2.4.	Haltestellen	25	38	24.000.000 €	30 Haltestellen	25.263 €	Kosten pro Jahr je Bus	960.000 €	Invest Infrastruktur je Jahr und 30 Haltestellen	0,00 €			0,00 €	0,01 €
3.	Betriebskosten (p.A.)							217.159,55 €		8.252.062,80 €			0,02 €	0,07 €
3.1.	Fahr-/ Betriebspersonal		76	62.500 €	2x je Bus	125.000 €	Kosten pro Jahr je Bus	4.750.000 €	Betriebskosten je Jahr	0,01 €			0,01 €	0,04 €
3.2.	Betrieb		38	26.645 €	je Bus	26.645 €	Kosten pro Jahr je Bus	1.012.491 €	Betriebskosten je Jahr	0,00 €			0,00 €	0,01 €
3.3.	Instandhaltung		38	23.021 €	je Bus	23.021 €	Kosten pro Jahr je Bus	874.802 €	Betriebskosten je Jahr	0,00 €			0,00 €	0,01 €
3.4.	Fahrfertig machen		38	4.140 €	je Bus	4.140 €	Kosten pro Jahr je Bus	157.320 €	Betriebskosten je Jahr	0,00 €			0,00 €	0,00 €
3.5.	Reinigung Fahrzeug		38	1.500 €	je Bus	1.500 €	Kosten pro Jahr je Bus	57.000 €	Betriebskosten je Jahr	0,00 €			0,00 €	0,00 €
3.6.	Versicherung Fahrzeug		38	3.400 €	je Bus	3.400 €	Kosten pro Jahr je Bus	129.200 €	Betriebskosten je Jahr	0,00 €			0,00 €	0,00 €
3.7.	Unterhalt Infrastruktur		38	33.454 €	je Bus	33.454 €	Kosten pro Jahr je Bus	1.271.250 €	Betriebskosten je Jahr	0,00 €			0,00 €	0,01 €
4.	Gesamtkosten					1.049.984 €		39.899.400 €						
5.	Kosten Platzkilometer												0,11 €	0,33 €

(2) Quantifizierte Bewertung: Kostenannäherung Kosten Personenkilometer nach Grad der Auslastung



Hinweis: Es wurden Straßenbahnfahrzeuge mit einer Breite von bis zu 2,65 m angesetzt..

Verkehrsmittelvergleich und –bewertung:



Kostenkalkulation der qualifizierten Verkehrsträger Straßenbahn & BRT



24.02.2020

Technisch-/planerische Dienstleistungen
Mobilitätsleitbild Wiesbaden
dmo / Benz + Walter

Bildquelle: Bosch/SPS

Quelle: „WENIGER VERKEHRSTOTE,
WENIGER STAUS - Vernetzte Autos“,
SPS, Die Welt vom 07.04.2017