VERKEHRSBETRIEBE SCHAFFHAUSEN VBSH

ZUKUNFT DES TROLLEYBUSBETRIEBS

Schlussbericht

Zürich, 27. März 2007

Matthias Lebküchner

1471D1-7(SCHLUSSBERICHT-DEF).DOC

INFRAS

GERECHTIGKEITSGASSE 20
POSTFACH
CH-8027 ZÜRICH
t **+41 44 205 95 95**
f **+41 44 205 95 99**
ZUERICH@INFRAS.CH

MÜHLEMATTSTRASSE 45
CH-3007 BERN

WWW.INFRAS.CH

INHALT

1. AUSGANGSLAGE UND ZIEL DER STUDIE 3
2. SYSTEMABGRENZUNG UND VARIANTEN 4
3. FINANZIELLE AUSWIRKUNGEN 6
3.1. METHODIK 6
3.2. ANNAHMEN ZU DEN KOSTENELEMENTEN 8
3.2.1. Fahrzeugkosten 8
3.2.2. Garage/Werkstätte 12
3.2.3. Tankanlage 13
3.2.4. Oberleitung 14
3.2.5. Mehraufwendungen bei 2-Spartenbetrieb 15
3.2.6. Weitere Kostenelemente 15
3.3. ERGEBNISSE BASISRECHNUNG 16
3.4. SENSITIVITÄTEN 20
4. ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN 21
4.1. METHODIK 21
4.2. SCHADSTOFFEMISSIONEN: NO_X UND PM 22
4.3. TREIBHAUSGASE (KLIMA) 23
4.4. LÄRM 25
4.5. FOLGERUNGEN ZUR ÖKOLOGIE 26
5. WEITERE ASPEKTE 27
5.1. AUSWIRKUNGEN AUF DIE NETZENTWICKLUNG 27
5.2. FINANZIELLE AUSWIRKUNGEN FÜR GEMEINDEN UND KANTON 27
5.3. MÖGLICHE BEITRÄGE AN GASBUS 32
6. FOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN 33

ANNEX 1: ENERGIEKOSTEN 36
ANNEX 2: KOSTENGROBSCHÄTZUNG GASTANKSTELLE 37
ANNEX 3: DETAILS JAHRESKOSTEN 38
ANNEX 4: DETAILS NETTOBARWERT-BERECHNUNGEN 39
ANNEX 5: DETAILS ZU DEN KOSTEN 2008 – 2011 43

1. AUSGANGSLAGE UND ZIEL DER STUDIE

Auf der VBSH-Linie 1 Waldfriedhof–Herbstäcker verkehren heute Trolleybusse. Die im Einsatz stehenden acht Gelenktrolleybusse sind 14- bis 15 jährig. Die erwartete Lebensdauer dieser Fahrzeuge beträgt gut 20 Jahre. Auch buchhalterisch werden die Trolleybusse auf 20 Jahre abgeschrieben, das heisst bis Ende 2010. Im Hinblick auf den Ersatz dieser Fahrzeuge hat sich die Verwaltungskommission VBSH eingehend mit der Zukunft des Trolleybusbetriebes befasst. Neben der Fahrzeug-Ersatzbeschaffung spielen zudem weitere Aspekte eine wesentliche Rolle. Zum einen stellen sich aktuell Fragen im Zusammenhang mit der Netzentwicklung (Studie VBSH 2006/07). Zum anderen verursachen in Neuhausen am Rheinfall die neue Unterführung Zollstrasse, der Kreisel Ochsenplatz sowie die im Hinblick auf die Attraktivierung des Zentrums notwendigen Anpassungen in der Zentralstrasse beträchtliche Zusatzkosten für die Umhängung der Fahrleitung.

Aufgrund der anstehenden Fahrzeugersatzbeschaffung sowie den in Neuhausen erforderlichen Investitionen in die Infrastruktur will die Verwaltungskommission bis Frühjahr 2007 zuhanden der Exekutiven der Stadt Schaffhausen und der Gemeinde Neuhausen am Rheinfall eine Empfehlung abgeben, ob die VBSH zukünftig weiterhin Trolleybusse einsetzen sollen. Diese Empfehlung soll dem Stadtrat und dem Gemeinderat ermöglichen, bis Ende April 2007 einen Grundsatzentscheid zu fällen.

Der vorliegende Studie liefert die notwendigen Grundlagen für den politischen Entscheidungsprozess.

2. SYSTEMABGRENZUNG UND VARIANTEN

Systemabgrenzung und Mengengerüst

Der Traktionsvergleich Trolley/Diesel/Gas erfolgt für die VBSH-Linie 1 anhand des folgenden Mengengerüsts:

› Streckenlänge: 8.8 km

› Heutiges Angebotsniveau: 10-Minutentakt, in Randzeiten 20-Minutentakt

› Jahreskilometer: 525'000 km (Tacho-Kilometer)

› Fahrzeugbedarf: Regelbetrieb 10'-Takt mit 6 Fzg., Reserve 1 Fahrzeug --> Total 7 Fzg.[1]

Nicht untersucht werden Szenarien mit einer Ausweitung des Trolleybussystems auf weitere Linien. Hingegen sollen im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse mögliche Verlängerungen der Linie 1 (z.B. als Ergebnis der Liniennetzentwicklungsstudie) hinsichtlich wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen beurteilt werden.

Vier Varianten

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht müsste ein Traktionswechsel grundsätzlich auf das Abschreibungsende der heute eingesetzten Trolleybusse per Ende 2010 (bzw. anfangs 2011) terminiert werden. Weil jedoch der Bau der Unterführung Zollstrasse in Neuhausen einen Dieselbusersatzbetrieb zwischen Juli 2007 und September 2008 erfordert und die Umhängung der Oberleitung Zusatzkosten von 400'000 CHF auslöst, ist ebenfalls eine Umstellungsvariante auf Dieselbusbetrieb unmittelbar nach Fertigstellung der Unterführung Zollstrasse in Betracht zu ziehen („Dieselbus ab 2009"). In diesem Fall ist die Umhängung der Oberleitung in der Unterführung Zollstrasse sowie im Zentrum von Neuhausen nicht erforderlich und die entsprechenden Investitionsbeiträge entfallen.

Ein vorgezogener Traktionswechsel auf Gas unmittelbar nach Fertigstellung der Unterführung Zollstrasse per Ende 2008 wäre nur möglich, wenn die erforderlichen Investitionen für die Gas-Tankanlage nicht über eine Volksabstimmung führen. Gemäss ersten Aussagen der Städtischen Werke Schaffhausen und Neuhausen a. Rhf. (StWSN) wäre es denkbar, dass die Gastankanlage zu Lasten der StWSN bzw. der Erdgas Ostschweiz AG (EGO) erstellt wird. In diesem Fall wäre keine Volksabstimmung erforderlich. Vom Verfahren her wäre dann ein früherer Realisierungszeitpunkt möglich. Doch auch in diesem Fall wäre aufgrund der Bewilligungsverfah-

1 Eine ausreichende betriebliche Reserve für einen zuverlässigen Betrieb erfordert 2 Reservefahrzeuge. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass auch bei einem Trolleybusbetrieb als zweites Reservefahrzeug ein Dieselbus vorgehalten wird. Das zweite Reservefahrzeug ist somit variantenneutral und wird nicht berücksichtigt.

ren und Bauzeit die Aufnahme eines Gasbusbetriebs per Ende 2008 äusserst ambitiös (gemäss Erfahrungen BERNMOBIL). Deshalb wird die Variante „Gasbus ab 2009“nicht näher untersucht.

TRAKTIONSVERGLEICH: UNTERSUCHTE VARIANTEN				
	„Trolleybus“	**„Dieselbus ab 2009“**	**„Dieselbus ab 2011“**	**„Gasbus ab 2011“**
2009 - 2010	Trolley	Diesel	Trolley	Trolley
ab 2011			Diesel	Gas
Bemerkungen	Investitionen für Umhängung Oberleitung in Neuhausen (Zollstr. und Ochsenplatz/Zentralstr.) Zudem allg. Erneuerungsinvestitionen in die Oberleitung.	Keine Investitionen in Oberleitung, jedoch Restbuchwerte, weil Trolleybusse im 2009 noch nicht abgeschrieben; Desinvestitionskosten Oberleitung.	Investitionen für Umhängung Oberleitung in Neuhausen (Zollstr. und Ochsenplatz/Zentralstr.); Desinvestitionskosten Oberleitung im 2011.	Investitionen für Umhängung Oberleitung in Neuhausen (Zollstr. und Ochsenplatz/Zentralstr.); Desinvestitionskosten Oberleitung im 2011.

Tabelle 1

3. FINANZIELLE AUSWIRKUNGEN

3.1. METHODIK

› Vergleich der **drei Traktionsarten Trolleybus-Dieselbus-Gasbus** auf der heutigen Linie 1 (Mengengerüst vgl. Kap. 2).

› **Unterschiedliche Varianten bezüglich Zeitpunkt Traktionswechsel** (wegen Abhängigkeiten zur Bahnunterführung Zollstrasse sowie Realisierung Kreisel Ochsenplatz und bauliche Umgestaltung Zentralstrasse in Neuhausen a. Rhf.).

› Zwei verschiedene Kostenrechnungen:

  › **Genereller Traktionsvergleich** Trolley/Diesel/Gas **auf Basis von Jahreskosten**, ohne Berücksichtigung der Schaffhausen spezifischen Spezialaspekte (Abhängigkeiten zu den Strassenbauvorhaben in Neuhausen bei der Trolleybusvariante bzw. Desinvestitionskosten Oberleitungen bei Varianten Diesel und Gas, Restbuchwerte und Erlös aus Verkauf Trolleybusse).

  › **Dynamische Betrachtung nach der Nettobarwert-Methode** zur Berücksichtigung der zeitlich unterschiedlichen Zahlungsströme (z.B. frühere Kapitalbindung für Fahrzeugneubeschaffung bei der Variante „Dieselbus ab 2009“); hier werden sämtliche finanziellen Aspekte mitberücksichtigt.

› Keine Vollkostenbetrachtung; es werden im Variantenvergleich lediglich diejenigen Kostenkomponenten berücksichtigt, für die sich zwischen den drei Traktionsarten Trolley/Diesel/Gas Unterschiede ergeben. Die Übersicht in Tabelle 2 zeigt die betrachteten Kostenelemente (die Annahmen sind im Einzelnen in Kap. 3.2 dargelegt). Ziel ist es, die **Differenzkosten zwischen den Traktionsvarianten** auszuweisen (und nicht die Vollkosten je Variante).

› Beim Gasbus wird in der Basisrechnung die Variante Erdgas (CNG) betrachtet. In Form einer Sensitivitätsrechnung werden die Auswirkungen von 100% Bio-Gas aufgezeigt.
Allfällige Investitionsbeiträge für Gasfahrzeuge und Gastankanlage von Seiten Gasindustrie werden in der Basisrechnung nicht berücksichtigt. Deren Auswirkungen werden jedoch in einem separaten Kapitel dargestellt.

› Die Nutzenseite (=Verkehrserträge) wird als variantenneutral betrachtet (Nachfrage traktionsunabhängig) und somit nicht berücksichtigt.

TRAKTIONSVERGLEICH: BERÜCKSICHTIGTE KOSTENELEMENTE	
Fahrzeugkosten	› Anschaffungskosten › Erlös aus Verkauf der alten Trolleybusse › Energiekosten › Wartungs- und Unterhaltskosten
Garage/Werkstätte: Zusatz-/Minderkosten ggü. Variante „Trolley“	› Investitionskosten › Betriebs- und Unterhaltskosten
Tankanlage:	Bei Variante „Gasbus ab 2011“: › Investitionskosten › Betriebs- und Unterhaltskosten
Oberleitung[2]	› Erneuerungs- bzw. Desinvestitionskosten › Betriebs- und Unterhaltskosten
Synergieeffekte bei Einheitsflotte Diesel	› Ersatzteillager (Material, Werkzeuge, Räumlichkeiten) › Personalkosten (Ausbildung-, Weiterbildungskosten)
Weitere Kostenelemente	Bei Varianten „Trolley“, „Dieselbus ab 2011“ und „Gasbus ab 2011“: › Investitionskosten für Umhängung Oberleitung in Neuhausen (Unterführung Zollstrasse, Ochsenplatz/Zentralstrasse) Bei Variante „Dieselbus ab 2009“: › Restbuchwerte Trolleybusse per 31.12.2008 Bei Varianten „Trolley“: › Folgekosten bei Strassennetzanpassungen (Umhängungen Oberleitung, Ersatzbetrieb bei Baustellen)

Tabelle 2

Grundlagen für die Kostenannahmen

Die Annahmen zu den jeweiligen Kostensätzen basieren einerseits auf den heutigen Kostenstrukturen der VBSH, andererseits auf der aktuellen, für die Stadt Basel durchgeführten Studie „Diesel-, Gas- oder Trolleybus“.[3] Für den Gasbus werden – soweit verfügbar – aktuelle Erfahrungen von BERNMOBIL herangezogen.

2 Die bestehende Fahrleitungsinfrastruktur ist auf Null abgeschrieben. Somit ergeben sich keine Restbuchwerte, die bei einem Traktionswechsel auf Diesel bzw. Gas berücksichtigt werden müssen.

3 Wirtschafts- und Sozialdepartement des Kantons Basel-Stadt: Diesel-, Gas- oder Trolleybus?; Schlussbericht vom 20. Februar 2006, INFRAS

3.2. ANNAHMEN ZU DEN KOSTENELEMENTEN
3.2.1. FAHRZEUGKOSTEN

Anschaffungskosten

Die folgende Tabelle zeigt die unterstellten Annahmen zu den Anschaffungskosten der Gelenkbusse je Traktionstyp:

ANSCHAFFUNGSKOSTEN UND NUTZUNGSDAUER FÜR GELENKBUSSE			
	Trolley	**Diesel** (Euro-5)[4]	**Gas**
Kaufpreis	1'100'000 CHF	600'000 CHF	685'000 CHF
Nutzungsdauer	20 Jahre	15 Jahre	15 Jahre
Anzahl Fahrzeuge	7	7	7
Total Anschaffungskosten	7.7 Mio. CHF	4.2 Mio. CHF	4.8 Mio. CHF

Tabelle 3

Bemerkung zu den Trolleybus-Beschaffungskosten:
Der in der Tabelle 3 unterstellte Kaufpreis für einen Trolley-Gelenkbus neuerer Generation basiert auf dem Swiss-Trolley, wie er z.B. bei BERNMOBIL eingesetzt wird. Diese Fahrzeuge sind auf eine Lebensdauer von ca. 20 Jahren ausgelegt. Heute sind auf dem Markt auch günstigere Trolleybusse erhältlich (z.B. Solaris) für ca. 850'000 CHF. Diese sind jedoch lediglich für eine Nutzungsdauer ca. 15 Jahren konzipiert. In beiden Fällen 1.1 Mio./20 Jahre und 0.85 Mio./15 Jahre resultieren ähnliche Jahreskosten von rund 70'000 bis 75'000 CHF.[5]

Bemerkung zu den Gasbus-Beschaffungskosten:
Die Kostendifferenz zu einem heute verfügbaren neuen Gelenkdieselbus liegt in der Grössenordnung von +60'000 bis +90'000 CHF. Der Fahrzeughersteller Volvo, Lieferant der VBSH-Busse 2007, nennt auf Anfrage einen Mehrpreis eines Gelenk-Gasbusses gegenüber einem Euro-5-Dieselgelenkbus von 88'000 CHF. In der Rechnung für den Variantenvergleich wird eine Differenz von 85'000 CHF berücksichtigt.

Bemerkung zum Dieselbus:
Zur Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte ist bei Euro-5 kein Partikelfilter erforderlich. Weil

4 Die Grenzwerte gemäss Euro-5 sind ab 2009 für Neufahrzeuge verbindlich.
5 Anschaffungskosten: 850'000 CHF, Zinssatz 4%, Nutzungsdauer 15 Jahre --> Kapitalkosten: 76'450 CHF/a
Anschaffungskosten: 1'100'000 CHF, Zinssatz 4%, Nutzungsdauer 20 Jahre --> Kapitalkosten: 80'940 CHF/a

bereits heute praktisch alle VBSH-Busse mit solchen ausgerüstet sind und ein Verzicht auf Partikelfilter aus politischen Gründen als no go betrachtet wird, unterstellen wir für die Euro-5-Dieselbusse Partikelfilter.

Erlös aus Verkauf der alten Trolleybusse

Die VBSH gehen davon aus, dass die acht alten Trolleybusse bei einer Umstellung auf Diesel- oder Gasbusbetrieb verkauft werden können. Der Verkaufspreis wird jedoch aufgrund der aktuellen Marktsituation nicht hoch sein und schätzungsweise in folgender Grössenordnung liegen:

› Verkauf per Ende 2008 (bei Var. „Diesel ab 2009“): 20'000 CHF/Bus --> total 160'000 CHF.

› Verkauf per Ende 2010 (übrige Varianten): 10'000 CHF/Bus --> total 80'000 CHF.

Energiekosten

ENERGIEVERBRAUCH UND ENERGIEKOSTEN FÜR GELENKBUSSE			
	Trolley (Strom)	**Diesel**	**Gas (CNG)**
Energieverbrauch *Quelle:*	3.2 kWh/km	62 l/100km	62 kg/100km
Energiekosten exkl. MWSt. *Quelle:*	0.189 CHF/kWh *VBSH und EWS*	0.908 CHF/l *VBSH-Diesel-Flotte*	0.719 CHF/kg *Basler-Studie 2006*

Tabelle 4 Details siehe Annex 1

Bemerkungen zum Trolleybus:

› Energieverbrauch: Die angenommen 3.2 kWh/km entsprechen dem heutigen durchschnittlichen Stromverbrauch der heute auf der Linie 1 eingesetzten, unklimatisierten Trolleybusse. Es ist davon auszugehen, dass Trolleybusse neuster Generation etwas energieeffizientere Elektromotoren haben. Eine Klimatisierung, wie sie heute aus Kundensicht gefordert wird und bei Neubeschaffungen zum Standard wird, kompensiert diesen Effekt jedoch wieder.

› Stromkosten: Der Preis für gleichgerichteten Strom des EWS (Schaffhausen) liegt heute bei 18.9 Rappen/kWh.[6] Die VBSH beziehen heute auch einen Teil des Stroms vom EKS (Neuhausen a. Rhf.). Hier liegt der Preis tiefer bei 11.2 Rappen/kWh. In diesem Preis nicht inbegriffen sind jedoch die Kosten des erforderlichen Gleichrichters, der im Jahre 2009 ersetzt werden muss.[7]

6 20.1 Rappen/kWh abzüglich 6% Rabatt für VBSH. exkl. MWSt.

7 Ca. 600'000 CHF Ersatzinvestition zuzüglich 10'000 CHF/Jahr Betrieb- und Unterhaltskosten.

Für den Variantenvergleich wird der heutige Preis für gleichgerichteten Strom des EWS von 18.9 Rappen/kWh unterstellt.

Bemerkungen zum Dieselbus:

› Energieverbrauch: Die heutigen Diesel-Gelenkbusse der VBSH (Euro3) weisen einen durchschnittlichen Verbrauch von 62 Liter/100 km auf. Bei den im Variantenvergleich unterstellten Euro5-Fahrzeugen ist davon auszugehen, dass der Dieselverbrauch gegenüber Euro3 tendenziell abnimmt. Wie beim Trolleybus kompensiert jedoch die Klimatisierung diesen Effekt.

› Dieselpreis: Die angenommenen Kosten pro Liter entsprechen dem durchschnittlichen Bezugspreis der VBSH 2006 abzüglich Mineralölsteuer-Rückerstattung für KTU.[8] Im Rahmen einer Schwellenwertanalyse wird gezeigt, wie hoch der Dieselpreis sein müsste, damit der Dieselbusbetrieb gleich teuer zu stehen kommt wie der Trolley- bzw. Gasbusbetrieb.

Bemerkungen zum Gasbus:

› Die Annahmen zum Energieverbrauch basieren auf Erfahrungswerten, wie sie auch für die Basler-Studie 2006 verwendet wurden. Die Annahmen bedeuten implizit, dass der Energieverbrauch eines Gasbusses rund 30% höher ist verglichen mit einem Dieselbus. Trotzdem ist der Erdgas-Busbetrieb bezüglich CO_2-Ausstoss nicht schlechter, sondern in etwa gleich wie ein Dieselbus, dies aufgrund des geringeren C-Gehalts des Treibstoffs (vgl. Annex 1 sowie Kap. 4.3).

› Die Energiekosten basieren auf dem aktuellen Gaspreis abzüglich Mineralölsteuer-Rückerstattung für KTU (vgl. Annex 1).

› Die Auswirkungen von 100% Bio-Gas werden in Form einer Sensitivitätsrechnung ermittelt.

Wartungs- und Unterhaltskosten

Die heute bei den VBSH eingesetzten Diesel-Gelenkautobusse, die ausschliesslich mit Partikelfiltern ausgerüstet sind, weisen heute Fahrzeugunterhaltskosten von durchschnittlich 0.73 CHF/km auf.[9] Der entsprechende Wert für die heute eingesetzten Trolleybusse liegt bei knapp 0.94 CHF/km und damit gut 20 Rappen höher. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den Trolley-Fahrzeugen um ältere Fahrzeuge mit zunehmender Störungsanfälligkeit und somit höhe-

8 Durchschnittlicher VBSH-Bezugspreis 2006: 1.60 CHF/Liter inkl. MWSt bzw. 1.49 CHF/Liter exkl. MWSt., Rückerstattung Mineralölsteuer für KTU: 0.58 CHF/Liter. Bei Abschluss des Berichts liegt der aktuelle Dieselpreis bei ca. 1.50 CHF/Liter inkl. MWSt.

9 Quelle: VBSH-LER 2005

rem Wartungsaufwand handelt, verglichen mit neueren Fahrzeugen. Die 20 Rappen Differenz gegenüber dem Dieselbus stellen daher einen oberen Wert dar. Im Rahmen der Basler-Studie konnte anhand eines Vergleichs der Wartungskostendifferenz zwischen Diesel- und Trolleybussen für verschiedene Verkehrsunternehmen in der Schweiz eine realistische Grössenordnung von 15-20 Rappen/km abgeleitet werden. Die Mehrkosten beim Trolleybus lassen sich durch den höheren Anteil an wartungsintensiverer Elektronik begründen (v.a. Fehlerdiagnose ist bei Elektromotoren deutlich aufwändiger als bei Dieselmotoren). Im Rahmen dieser Studie gehen wir **für den Trolleybus pro km von 15 Rappen höheren Wartungs- und Unterhaltskosten gegenüber dem Dieselbus** aus.

Beim Gasbus unterstellen wir – anlehnend an die Basler-Studie bzw. den aktuellen Kenntnisstand – eine **Wartungskostendifferenz zum Dieselbus von +15 Rappen/km.** Begründet werden die höheren Kosten beim Gasbus vor allem mit höheren Wartungsintervallen, höherem Material- und Arbeitsaufwand sowie teureren Ersatzkomponenten (vgl. auch Bemerkungen im Anschluss an die Tabelle 5).

WARTUNGSKOSTEN FÜR GELENKBUSSE			
	Trolley (Strom)	**Diesel**	**Gas (CNG)**
Wartungskosten	0.88 CHF/km	0.73 CHF/km	0.88 CHF/km
Quelle:	*VBSH-LER 2005, Vergleich mit anderen TU*	*VBSH-LER 2005*	*Basler-Studie 2006*

Tabelle 5

Bemerkungen zu den Wartungskosten Gasbus:

Empirische Erfahrungen im Realbetrieb von Gasbussen im Vergleich zu Dieselbussen variieren stark: Schweizerische TU nennen Werte in der Grössenordnung von +40 Rp./km. Erfahrungen aus Deutschland veranschlagen die Mehrkosten auf 14 bis 15ct (ca. 20 bis 25 Rp.), von einzelnen TU werden auch relative Werte von +20-25% genannt (bei Diesel-Referenzkosten von etwa 70 Rp. entspräche das Mehrkosten von ca. 14-18 Rp.). Diese Vergleiche basieren oft auf Fahrzeugen, die schon einige Jahre alt sind, was der neuesten Technologieentwicklung bei den Gasbussen nicht unbedingt Rechnung trägt. Hinweise aus dem Kontext von Ausschreibungen lassen etwa halb so hohe Werte erwarten (etwa zwischen 12 und 18 Rp./km). Zudem ist offen, wie sich die Unterhalts-/Wartungs-Kosten beim Dieselbus (z.B. SCR-Technologie mit Partikelfilter) entwickeln werden, wozu noch praktisch keine Erfahrungswerte vorliegen, weil Busse mit diesen Technologien jetzt erst auf den Markt kommen.

3.2.2. GARAGE/WERKSTÄTTE

Für die Trolley- bzw. Dieselbusvarianten ergibt sich kein traktionsspezifischer Anpassungsbedarf.

Bei der Gasbusvariante gilt es folgendes zu berücksichtigen: Werden die Gasbusse nicht in der Garage betankt (also keine Innenbetankung z.B. über eine Langsambetankungsanlage), werden erdgasbetriebene Fahrzeuge aus Sicht der Feuerpolizei wie benzin- oder dieselbetriebene Fahrzeuge eingestuft.

Problematisch erweist sich jedoch eine Langsambetankungsanlage innerhalb des Abstellgebäudes. Hierbei handelt es sich noch um wenig etablierte Prozesse und entsprechende Erfahrungswerte bzgl. feuerpolizeilichen Vorgaben und den daraus resultierenden speziellen Sicherheitsvorkehrungen in den Abstellanlagen für Gasfahrzeuge fehlen zurzeit noch, auch bei BERNMOBIL, wo 2006 der Erdgasbusbetrieb mit einer Langsambetankungsanlage aufgenommen wurde.

Eine weitere Schwierigkeit bzw. ein erhöhtes Risiko besteht, wenn Gasfahrzeuge in einem kombinierten Werkstatt-/Garagengebäude abgestellt und betankt werden, in welchem beispielsweise auch Schweissvorgänge stattfinden. Deshalb ist anzustreben, dass bei einem Langsambetankungskonzept die Gasfahrzeuge in einem vom Werkstattbetrieb abgetrennten Gebäude abgestellt und betankt werden.

Eine Langsambetankungsanlage macht vor allem bei grösseren Fahrzeugflotten aus Effizienzüberlegungen Sinn. Aus betrieblicher Sicht muss auch bei einer Langsambetankungsanlage eine Schnellbetankung über eine Säule vorgesehen werden (nötige Flexibilität für punktuelle Sondereinsätze). Entsprechend fallen die Fixkosten für eine Langsambetankungsanlage für die 7 Fahrzeuge der VBSH-Linie 1 unverhältnismässig hoch aus. **Deshalb unterstellen wir für den Kostenvergleich bei der Variante Gasbus eine Schnellbetankungsanlage** (Investitionskosten siehe Kap. 3.2.3). Abgestellt werden sollen die Gasfahrzeuge in der nördlichen, vom Werkstattbetrieb abgetrennten Abstellhalle. Die Abklärungen zum möglichen Standort einer Gastankstelle auf dem VBSH-Areal im Ebnat sind noch offen. Ebenfalls nicht untersucht sind allfällige betriebliche Mehraufwendungen eines Gasbusbetriebs im Ablauf Waschen–Betanken–Innenreinigung/Kleinunterhalt.

Die Versorgungssicherheit (z.B: bei Ausfall der Gastankstelle auf dem VBSH-Areal) kann über die bestehende Gastankstelle bei der AGROLA-Tankstelle in Herblingen (Majorenacker) gewährleistet werden.

Zusatzbemerkung:

Im vorliegenden Variantenvergleich werden die drei Traktionsarten für die Linie 1 miteinander verglichen. Beim Gasbus wäre auch eine Erweiterung auf weitere Linien denkbar. Bei einer grösseren Gasbusflotte ist jedoch aus betrieblichen Überlegungen eine Langsambetankungsanlage (vgl. Ausführungen weiter oben) zweckmässig. Die kurzfristige Investition in eine Schnellbetankungsanlage bei Umstellung der Linie 1 auf Gasbus bedeutet jedoch diesbezüglich keine Fehlinvestition, weil für eine ausreichende betriebliche Flexibilität auch bei einem Langsambetankungskonzept eine Zapfsäule für Schnellbetankung sinnvoll ist.

3.2.3. TANKANLAGE

Investitionsbedarf

Anpassungsbedarf im Bereich Tankanlage ergibt sich nur bei der Variante Gasbus. Hier unterstellen wir für eine Schnellbetankungsanlage Investitionskosten von grob geschätzt 1.5 Mio. CHF (ohne allfälligen Landerwerb, Nutzungsdauer 20 Jahre, Details vgl. Annex 2).

Bei der Dieselbusvariante entstehen keine zusätzlichen Kosten für die Anpassung der Betankungsanlage für Euro5-Fahrzeuge (AdBlue), denn auch bei einem Trolley- oder Gasbusbetrieb auf der Linie 1 ist eine AdBlue-Betankung für die restlichen Dieselbusse bereitzustellen.

Betriebskosten

Die Betriebskosten (Strom + Wartung/Unterhalt) für die Gastankanlage werden mit 50'000 CHF pro Jahr angenommen. Nicht geklärt ist, ob durch die Betankung der gasbetriebenen Fahrzeuge ein zusätzlicher Zeitaufwand entsteht.

3.2.4. OBERLEITUNG

Investitionsbedarf

Damit die Oberleitung für den Trolleybusbetrieb in den nächsten 20 Jahren zuverlässig betrieben werden kann, sind folgende Investitionen erforderlich:

› Diverse **Oberleitungserneuerungs-Investitionen** (Weichen, Kreuzungen, Streckentrenner, Masten, Fahrdraht): Total 500'000 CHF in den nächsten 20 Jahren oder durchschnittlich 25'000 CHF/Jahr.

› Neuer **Turmwagen** für Fahrleitungsunterhalt (vorhandener Turmwagen hat Lebensdauer erreicht und muss im Jahr 2010 ersetzt werden. Beschaffungskosten 1 bis 1.2 Mio. CHF; weil der Turmwagen nicht nur Trolleybus-spezifisch eingesetzt wird, sondern auch noch weitere Zwecke erfüllt (u.a. Schleppfahrzeug, Schneeräumung), werden dem Trolleybus lediglich 70-80% der Investitionskosten angelastet, nämlich 800'000 CHF (Lebensdauer 20 Jahre).

› Neue **Arbeitsbühne** für Fahrleitungsunterhalt: Beschaffungskosten 110'000 CHF, (Lebensdauer 20 Jahre).

Wartung und Unterhalt

Die Unterhaltskosten für die Oberleitung werden bei der Variante Trolley mit 115'000 CHF/Jahr[10] angenommen. Bei den Varianten Diesel und Gas entfallen diese Kosten.

Desinvestitionskosten bei Varianten Diesel und Gas

Bei den Varianten Diesel und Gas fallen einmalige Kosten für den Abbruch der bestehenden Oberleitung entlang der Linie 1 sowie innerhalb der VBSH-Garage an. Diese veranschlagen wir aus heutiger Sicht auf 0.5 Mio. CHF, auch wenn sich zum gegebenen Zeitpunkt allenfalls ein Interessent finden liesse, welcher den Abbau kostenlos oder sehr kostengünstig vornehmen würde. Ein Drittinteresse dürfte primär abhängig sein vom dannzumaligen Kupferpreis.

10 Quelle: Fahrleitungsunterhalt VBSH LER 2005 inkl. Pikett

3.2.5. MEHRAUFWENDUNGEN BEI 2-SPARTENBETRIEB

Ersatzteillager/Spezialwerkzeuge

Bei einer gemischten Fahrzeugflotte Diesel/Trolley bzw. Diesel/Gas ergeben sich höhere Fixkosten bzgl. Ersatzteilgrundbedarf und Lagerraum, serienspezifische Spezialwerkzeuge und Diagnosegeräte, bauliche und Software-Anpassungen etc. In Anlehnung an die Basler-Studie wird bei einem Zweisparten-Betrieb eine Erhöhung dieser Fixkosten von 20'000 CHF/Jahr angenommen.

Gegenüber dem Dieselbusbetrieb sind zudem für den Trolleybusbetrieb eine grössere Anzahl an teuren Ersatzteilen an Lager zunehmen, weil für diese lange Lieferzeiten auf dem Markt gelten. Diese Mehraufwendungen sind bereits in den unterstellten Anschaffungskosten und Wartungskosten berücksichtigt (vgl. Kap. 3.2.1).

Fahrpersonalkosten

Die Zusatzausbildung für Trolleybus-Fahrpersonal gegenüber Dieselbus-Fahrpersonal bedeutet zusätzliche Ausbildungszeit von ca. 20 Stunden à ca. 120 CHF (inkl. Fahrlehrer). Bei etwa 30 FahrerInnen mit durchschnittlich etwa 15 Dienstjahren ergeben sich vergleichsweise geringe Jahreskosten von 5'000 CHF. Im Rahmen des Kostenvergleichs werden diese Zusatzkosten beim Trolleybus vernachlässigt.

3.2.6. WEITERE KOSTENELEMENTE

Umhängung Oberleitung in Neuhausen

Im Zusammenhang mit der neuen Bahnunterführung Zollstrasse entstehen im Jahre 2008 bei einem Weiterbetrieb der Trolleybuslinie Investitionskosten für die Umhängung der Fahrleitung von 0.4 Mio. CHF. Und auch im Zentrum von Neuhausen entstehen aufgrund geplanter Strassenprojekte Fahrleitungs-Umhängungskosten im 2008:

- Infolge Realisierung Kreisel Ochsenplatz: 60'000 CHF.
- Infolge Anpassungen im Bereich Industriestrasse/Wildenstrasse/Zentralstrasse zur Attraktivierung des Zentrums: 300'000 CHF (gemäss Angabe der Gemeinde Neuhausen a. Rhf.).

Diese Investitionskosten von total 760'000 CHF sind sowohl bei der Variante „Trolleybus“ als auch bei den Varianten „Dieselbus ab 2011“ und „Gasbus ab 2011“ zu berücksichtigen.

Restbuchwerte Trolleybusse bei Variante „Dieselbus ab 2009“

Weil die heute eingesetzten Trolleybusse erst per Ende 2010 auf Null abgeschrieben sein werden, fallen bei einer Umstellung auf Dieselbusbetrieb bereits ab 2009 einmalige Abschreibungen der Fahrzeug-Restbuchwerte an. Diese der Variante „Dieselbus ab 2009“ anzulastenden Restbuchwerte per Ende 2008 betragen 850'000 CHF.

Folgekosten bei Strassennetzanpassungen

Bei Strassennetzanpassungen/-optimierungen entstehen jeweils auch Folgekosten für den Trolleybus in Form von Umhängungen der Oberleitungen. Insbesondere im Zusammenhang mit der Realisierung des Galgenbucktunnels ist davon auszugehen, dass für das Anschlussbauwerk im Bereich Mühlenstrasse auch Fahrleitungskosten für den Trolleybus entstehen, die schätzungsweise in der Grössenordnung von 500'000 CHF liegen dürften. Weil diese Grössenordnung zurzeit noch unsicher ist, werden diese Kosten im direkten Variantenvergleich nicht angerechnet, wodurch die Investitionskosten in das Trolleybussystem in den nächsten Jahren tendenziell unterschätzt werden.

3.3. ERGEBNISSE BASISRECHNUNG

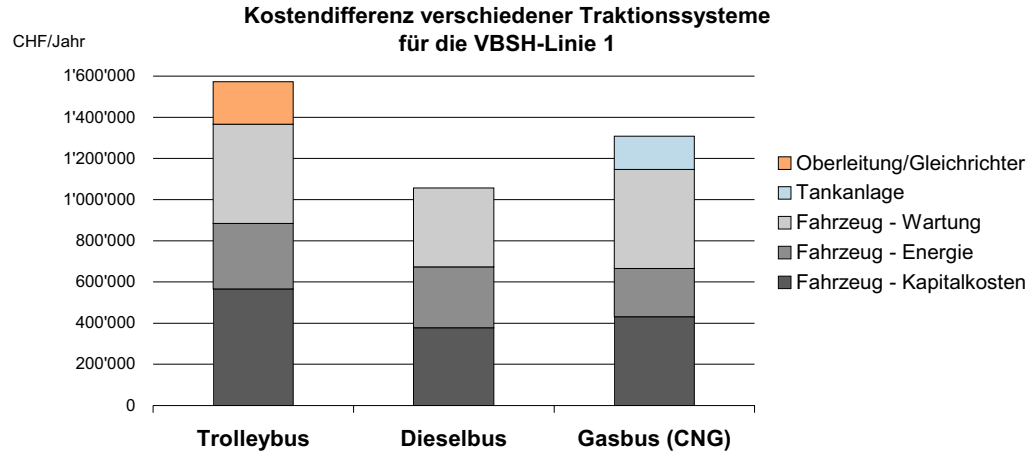
Zur Beurteilung der wirtschaftlichen Auswirkungen der verschiedenen Traktionsvarianten werden zwei verschiedene Kostenrechnungen durchgeführt. Zum einen wird ein genereller Traktionsvergleich auf Basis von Jahreskosten durchgeführt. Hier werden die Investitionskosten als jährliche Folgekosten (Kapitalkosten) eingesetzt. Die berücksichtigten Kostenkomponenten sind weiter unten beschreiben. Zum andern wird eine dynamische Betrachtung nach der Nettobarwert-Methode gemacht, die den Einfluss der zeitlich unterschiedlichen Zahlungsströme aufzeigt.

Genereller Traktionsvergleich Trolley-/Diesel-/Gasbus auf Basis Jahreskosten

Die Figur 1 zeigt die Jahreskosten der Linie 1 für die drei Traktionssysteme Trolley, Diesel und Gas (CNG). Die Kostendifferenzen beziehen sich auf einen generellen Traktionsvergleich ohne Berücksichtigung der Abhängigkeiten zu den Strassenbauvorhaben in Neuhausen bei der Trolleybusvariante. Deshalb sind die Investitionen für die Umhängung der Oberleitungen (Unterführung Zollstrasse und Ochsenplatz/Zentralstrasse) beim Trolleybus nicht berücksichtigt. Auch der Erlös aus dem Verkauf der alten Trolleybusse sowie die Desinvestitionskosten für die Oberleitung bei den Varianten Diesel bzw. Gas sind beim Jahreskostenvergleich nicht eingerechnet. Im Folgenden sind die Ergebnisse differenziert nach den einzelnen Kostenkomponenten dargestellt.

TRAKTIONSVERGLEICH FÜR DIE VBSH-LINIE 1 AUF BASIS JAHRESKOSTEN

(ohne Fahrleitungsumhängungskosten beim Trolley und Desinvestitionskosten bei Diesel und Gas)



©INFRAS

Figur 1 Bei den ausgewiesenen Kosten handelt es sich nicht um Vollkosten; dargestellt sind lediglich diejenigen Kostenkomponenten, für die sich massgebende Unterschiede zwischen den drei Traktionsarten ergeben (ohne Fahrerkosten, Kapitalkosten Werkstatt-/Garagengebäude, Verwaltungs- und übrige Overheadkosten); beim Trolleybus nicht berücksichtigt sind allfällige Kosten von Fahrleitungs-Umhängungen infolge von Strassenbauten. Detail siehe Tabelle 6 bzw. Annex 3.

TRAKTIONSVERGLEICH FÜR DIE VBSH-LINIE 1 AUF BASIS JAHRESKOSTEN

(ohne Fahrleitungsumhängungskosten beim Trolley und Desinvestitionskosten bei Diesel und Gas)

	Trolleybus [CHF/a]	**Dieselbus** [CHF/a]	**Gasbus (CNG)** [CHF/a]
Fahrzeug - Kapitalkosten	566'579	377'753	431'268
Fahrzeug - Energie	317'520	295'554	234'035
Fahrzeug - Wartung	482'000	383'250	482'000
Tankanlage	0	0	160'373
Oberleitung/Gleichrichter	206'959	0	0
Total	**1'573'059**	**1'056'557**	**1'307'675**
Kontrolle	0	0	0
Differenz ggü. Trolleybus		-516'502 -33%	-265'384 -17%
Differenz ggü. Dieselbus	+516'502 +49%		+251'118 +24%

Tabelle 6 Bei den ausgewiesenen Kosten handelt es sich nicht um Vollkosten; dargestellt sind lediglich diejenigen Kostenkomponenten, für die sich massgebende Unterschiede zwischen den drei Traktionsarten ergeben (ohne Fahrerkosten, Kapitalkosten Werkstatt-/Garagengebäude, Verwaltungs- und übrige Overheadkosten); beim Trolleybus nicht berücksichtigt sind allfällige Kosten von Fahrleitungs-Umhängungen infolge von Strassenbauten. Detail siehe Annex 3.

Grundsätzlich lässt sich aus diesem generellen Jahres-Kostenvergleich für die Betriebskosten der VBSH-Linie 1 folgern, dass:

› der Dieselbusbetrieb auf der VBSH-Linie 1 pro Jahr gut 500'000 CHF (-33%) günstiger als der Trolleybusbetrieb ausfällt, bei den derzeitigen Dieselölpreisen sogar knapp 550’000 Franken.

› der Gasbusbetrieb jährlich rund 250'000 CHF (-17%) günstiger als der Trolleybus und 250’000 CHF (+24%) teurer als der Dieselbusbetrieb ist.

Spezifischer Vergleich für die vier definierten Varianten

Der nachfolgende Variantenvergleich zeigt die Kostendifferenzen der verschiedenen Traktionsvarianten unter Berücksichtigung der zeitlich unterschiedlichen Zahlungsströme. Dabei werden auch die Oberleitungsinvestitionen infolge Strassenanpassungen in Neuhausen, die Fahrzeug-Restbuchwerte bzw. Erlöse aus dem Verkauf der alte Fahrzeuge bei einem Trolleybusbetrieb sowie die Desinvestitionen der Oberleitung bei den Diesel- und Gasbusvarianten eingerechnet.

Zur Berücksichtigung der spezifischen Auswirkungen der unterschiedlichen Umstellungszeitpunkte wird eine dynamische Kostenrechnung nach der **Nettobarwert-Methode** durchgeführt, welche die über die gesamte Nutzungsdauer zeitlich unterschiedlich anfallenden Kostenströme auf den Entscheidungszeitpunkt abdiskontiert. Folgende Annahmen sind dabei unterstellt:

› Betrachtungszeitraum 20 Jahre (= Investitionszyklus bzw. Abschreibungszeitraum Trolleybusse), d.h. 2008–2027

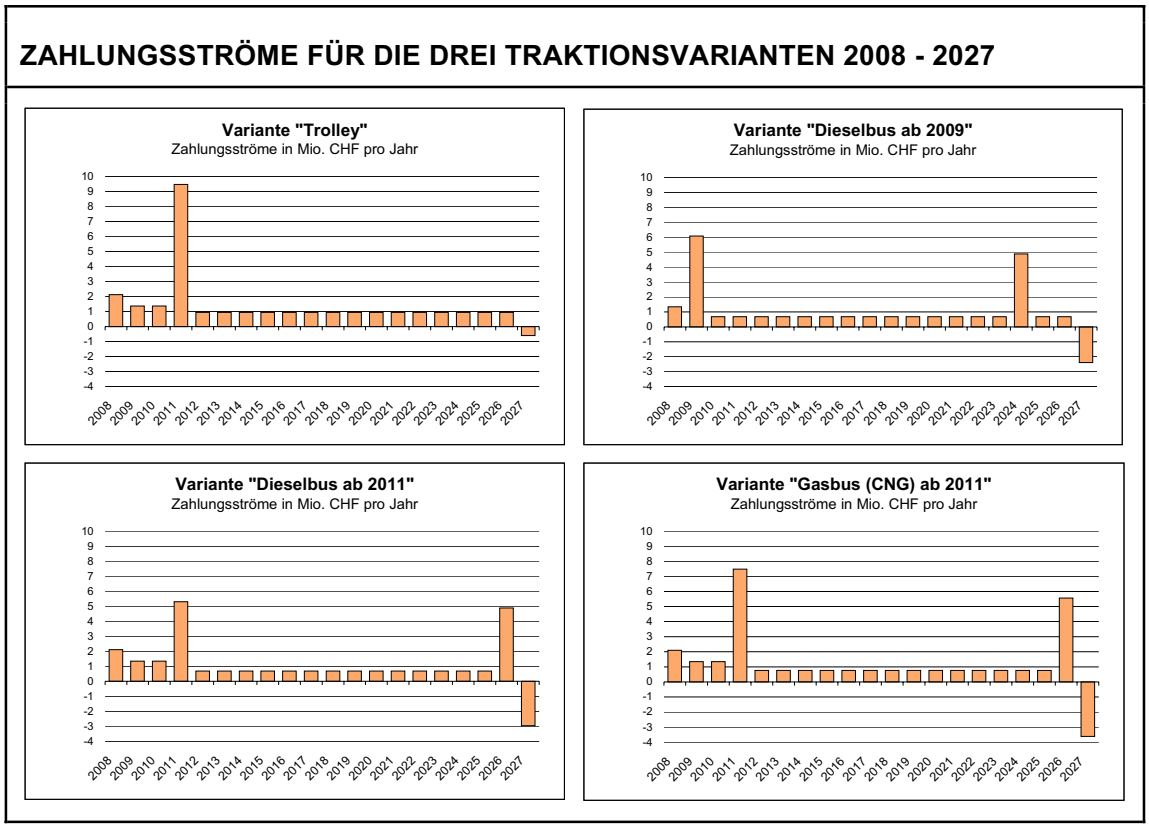
› Reale Betrachtung zu Preisen von heute, keine Teuerung

› Realer Zinssatz zur Abdiskontierung: 2.5%

› Am Ende des Betrachtungszeitraums werden die Restwerte der Investitionen mitberücksichtigt.

› Bei den Diesel- und Gasbusvarianten wird nach 15 Jahren eine Fahrzeug-Neubeschaffung und am Ende des Betrachtungszeitpunkts die entsprechenden Restwerte berücksichtigt.

Die folgende Grafik zeigt die Zahlungsströme für die drei Traktionsvarianten über die nächsten 20 Jahre (2008 bis 2027) unter Berücksichtigung sämtlicher ausgelösten Kosten.



Figur 2 Der negative Wert am Ende der Betrachtungsperiode im 2027 bedeutet, dass die Restwerte der noch nicht abgeschriebenen Investitionen in die Infrastruktur und Fahrzeuge die Energie- und Fahrzeugunterhaltskosten in diesem Jahr überwiegen; und Detail siehe Annex 4.

In der Tabelle 7 sind die sog. Nettobarwerte der drei Traktionsvarianten zusammengestellt. Der Nettobarwert zeigt die auflaufenden Kosten (= Investitions- und Betriebskosten) über den Betrachtungszeitraum 2008-2027 zu Preisen von heute (bei einem realen Diskontierungszinssatz von 2.5%).

Am besten schneidet die Variante „Dieselbus ab 2009“ ab, bei der der Trolleybusbetrieb per Ende 2008 eingestellt wird. Der vergleichsweise geringe Unterschied zur Variante „Dieselbus ab 2011“ mit nur 600'000 CHF erstaunt auf den erste Blick, wenn man bedenkt, dass in Neuhausen Investitionen von 760'000 CHF eingespart werden können und zudem die Unterhaltskosten für die Oberleitungen während zwei Jahren entfallen. Begründet ist dies mit der um zwei Jahre früheren Kapitalbindung für die Fahrzeugneubeschaffung, der schnelleren Abschreibung der alten Trolleybusse sowie mit den Desinvestitionskosten für die Oberleitung.

Der Nettobarwert über die nächsten 20 Jahren liegt für die Dieselbusvariante rund 6 Mio. CHF tiefer gegenüber einer Weiterführung eines Trolleybusbetriebs. Der Gasbusbetrieb (CNG) weist einen um knapp 3 Mio. CHF tieferen Nettobarwert auf als die Variante „Trolleybus“.

Traktionsvergleich: Nettobarwert in Mio. CHF der Investitions- und Betriebskosten 2008 - 2027			
"Trolley"	"Dieselbus ab 2009"	"Dieselbus ab 2011"	"Gasbus (CNG) ab 2011"
23.4	**17.2**	**17.8**	**20.7**

Tabelle 7 Der Nettobarwert zeigt die total während des Betrachtungszeitraums (in diesem Falle 2008 – 2027) anfallenden Investitions- und Betriebskosten, abdiskontiert auf den Entscheidungszeitpunkt (in diesem Fall 2008) mit einem realen Diskontierungszinssatz von 2.5%; Detail siehe Annex 4

3.4. SENSITIVITÄTEN

Variante Biogas statt Erdgas (CNG)[11]

Der Biogas-Preis ist aufgrund der höheren Produktionskosten teurer als CNG, dafür wird die Mineralölsteuer zu 100% rückerstattet. Damit resultiert ein Biogas-Preis von 1.04 CHF/kg (exkl. MWSt.) gegenüber 0.72 CHF/kg (exkl. MWSt.) beim CNG. Damit steigen die Betriebskosten der Gasbusvariante bei Verwendung von 100% Biogas um ca. 100'000 CHF pro Jahr an.

Höherer Dieselpreis

Die Schwellenwertanalyse hat gezeigt, dass sich der Dieselpreis bei gleich bleibendem Strompreis mehr als verdoppeln und vom heutigen Säulenpreis von 1.60 CHF auf ca. 3.40 CHF pro Liter ansteigen müsste, damit die Betriebskosten der Dieselbusvariante gleich gross wie diejenigen des Trolleybusses auf der Linie 1 sind.

11 Biogas entsteht bei der anaeroben (sauerstofffreien) Vergärung von organischem Material. Als Ausgangsstoffe für die technische Produktion von Biogas eignen sich vergärbare, biomassehaltige Reststoffe wie Klärschlamm, Bioabfall oder Speisereste, Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist) oder gezielt angebaute Energiepflanzen (nachwachsende Rohstoffe). Dabei stellt die Landwirtschaft mit den beiden letztgenannten Möglichkeiten das größte Potenzial für die Produktion von Biogas.

4. ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN

4.1. METHODIK

Ansatz

› Die ökologischen Effekte werden anhand der Emissionen der verschiedenen Varianten verglichen, und zwar für die Schadstoffe NO_x, PM und klimarelevante Gase mit Konzentration auf CO_2.[12]

› Der Fokus wird auf die Betriebsemissionen gelegt. Die sog. Vorprozess-Emissionen, d.h. jene Emissionen, die bei der Produktion und Distribution der Treibstoffe bzw. des Stroms anfallen, bedingen eine Grosszahl von zusätzlichen Annahmen. Auf eine quantitative Berücksichtigung der Vorprozess-Emissionen wird verzichtet. Es wird jedoch eine qualitative Beurteilung vorgenommen.

› Die Annahmen betreffend Emissionsfaktoren basieren auf dem Handbuch E-Faktoren Strassenverkehr (BAFU 2004) bzw. im Fall Gasbus auf zusätzlichen Grundlagen (konkret werden die gleichen Zahlen verwendet wie in einer kürzlich durchgeführten Studie für Basel).

Bemerkungen zur unterstellten Emissionsstufe

Die unterstellten Emissionsfaktoren beziehen sich auf das Handbuch Emissionsfaktoren Strassenverkehr (BAFU 2004) und basieren auf den folgenden Emissionsstufen:

› Beim Dieselbus: Euro-5, ergänzt mit Partikelfiltern.

› Beim Gasbus: gegenüber Euro-5 ambitiösere EEV-Stufe (Enhanced Environmentally-friendly Vehicle).[13]

12 Zwar sind nebst CO_2 auch Methan (CH_4), Kohlenmonoxid (CO) und Lachgas (N_2O) weitere klimarelevante Gase, aber umgerechnet in CO_2-Äquivalente zeigt sich, dass der Anteil an CH_4 in den CO_2-Äquivalenten vernachlässigbar klein ist (im Promille-Bereich). Ebenso vernachlässigbar klein (bzw. nahe der Messnachweisgrenze) sind die Einflüsse von CO und N_2O.

13 Die von den VBSH bestellten neuen Euro-5 Gelenkdieselbusse werden voraussichtlich bereits EEV-Stufe Enhanced Environmentally-friendly Vehicle) erreichen.

4.2. SCHADSTOFFEMISSIONEN: NO_x UND PM

Betrieb (quantitativ)

Der Trolleybusbetrieb emittiert im Betrieb lokal keine Emissionen. Beim Dieselbus werden mit Euro-5 die NO_x-Emissionen gegenüber Euro-4 deutlich reduziert. Sie liegen jedoch immer noch höher als beim Gasbus.

Bei den PM ist der Ausstoss beim Dieselbus ebenfalls höher als beim Gasbus, allerdings auf sehr geringem Niveau, so dass kaum massgebende Unterschiede bzgl. PM zwischen Diesel- und Gasbus bestehen.

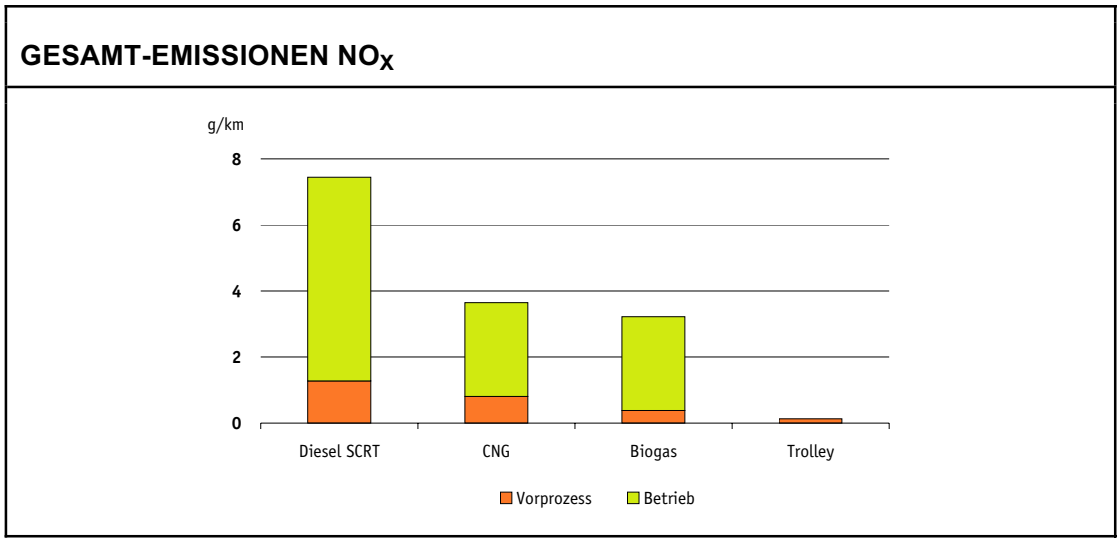
Schadstoffemissionen								
	Emissionsfaktor [g/km]				Emissionen pro Variante [Tonnen/Jahr]			
	Trolley	Diesel Euro-5	Gas-CNG	Gas-Bio	Trolley	Diesel Euro-5	Gas-CNG	Gas-Bio
NO_x	0	6.2	2.8	2.8	0	3.3	1.5	1.5
PM	0	0.011	0.008	0.008	0	0.006	0.004	0.004

Tabelle 8 Quelle Emissionsfaktoren: Handbuch E-Faktoren Strassenverkehr (BAFU 2004)

Vorprozesse (qualitativ)

Insgesamt betrachtet überwiegen bei den NO_x die Betriebs-Emissionen deutlich gegenüber den Vorprozess-Emissionen (vgl. Figur 3).

Bei der Herstellung der Treibstoffe bzw. des Stroms bestehen folgende Unterschiede: Bei der Dieselherstellung werden gegenüber CNG und Biogas mehr NO_x-Emissionen emittiert. Erdgas bringt gegenüber Diesel eine Einsparung von gut 40%. Die Emissionen der Biogas-Vorprozesse liegen noch tiefer. Praktisch vernachlässigbar sind die NO_x-Vorprozess-Emissionen für Strom aus schweizerischer Produktion wie in Figur 3 unterstellt (vorwiegend aus Wasser- und Atomkraftwerken). Mit zunehmendem Anteil an Strom aus thermischen Kraftwerken steigen die NO_x-Emissionen bei der Stromproduktion an. Unterstellt man beispielsweise den deutschen Strommix mit einem hohen Anteil aus Kohlekraftwerken fallen beim NO_x etwa gleich viele Vorprozess-Emissionen an wie bei der Herstellung von Diesel.



Figur 3 NO_X-Gesamt-Emissionen eines Dieselbusses, Gasbusses (CNG, Biogas) und eines Trolleybusses (Gelenkbus). Die Gesamt-Emissionen setzen sich zusammen aus Vorprozess-Emissionen, welche bei der Her- und Bereitstellung der Treibstoffe (bzw. Elektrizität) anfallen plus Betriebs-Emissionen. Quelle: ecoinvent Centre 2004, ecoinvent data v1.1, CD-ROM, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2004.

Die Differenz in den NOx-Emissionen ist insofern zu relativieren, als der Ausstoss der Dieselbusse auf der Linie 1 nur etwa 1% aller durch den Verkehr produzierten NOx-Emissionen in der Stadt Schaffhausen ausmacht. Zudem kann man davon ausgehen, dass bei künftigen Dieselbussen (Euro-5 ff) die NOx-Emissionen weiter reduziert werden und eine Annäherung zwischen Diesel- und Gasbus auf einem sehr tiefen Niveau stattfinden wird. Dies gilt bereits für die für 2007 bestellten VBSH-Euro-5-Dieselbusse.

Auch bei den stark gesundheitsgefährdenden Partikel (PM) überwiegen die Betriebs-Emissionen diejenigen der Vorprozesse. Die negativen Umweltauswirkungen durch Vorprozess-PM sind verhältnismässig gering.

4.3. TREIBHAUSGASE (KLIMA)

Betrieb (quantitativ)

Auch beim klimarelevanten CO_2 ist der Trolleybus im Betrieb „sauber“. Beim Vergleich Dieselbus/Gasbus schneidet der Gasbus nur bei 100%-Biogas besser ab. Beim CNG-Gasbus ergeben sich praktisch keine Unterschiede zum Dieselbus. Der Biogas-Betrieb ist demgegenüber CO_2-neutral, weil die Verbrennung im Gas-Motor nicht mehr vom Treibhausgas CO_2 freisetzt als die

für die Biogas-Herstellung verarbeiteten Pflanzen während ihres Wachstums zuvor gebunden hatten.

CO_2-Emissionen								
	Emissionsfaktor [g/km]				Emissionen pro Variante [Tonnen/Jahr]			
	Trolley	Diesel Euro-5	Gas-CNG	Gas-Bio	Trolley	Diesel Euro-5	Gas-CNG	Gas-Bio
CO_2	0	1'573	1'536	0	0	826	806	0

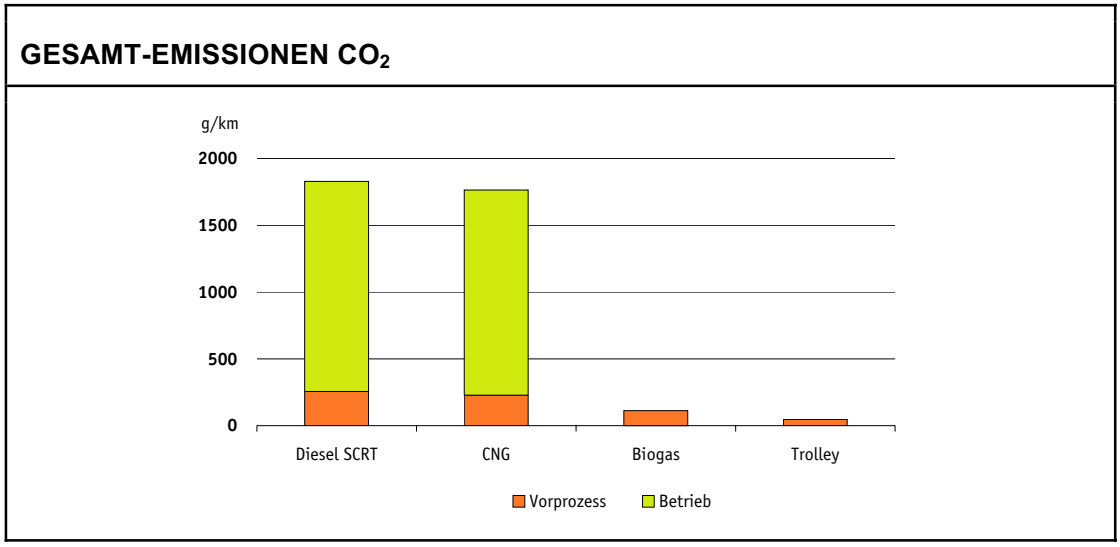
Tabelle 9 Quelle Emissionsfaktoren: Handbuch E-Faktoren Strassenverkehr (BAFU 2004)

Vorprozesse (qualitativ)

Insgesamt betrachtet überwiegen auch beim CO_2 die Betriebs-Emissionen deutlich gegenüber den Vorprozess-Emissionen (vgl. Figur 4).

Bei den CO_2-Emissionen aus den Vorprozessen zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den NO_x. Die Dieselproduktion erzeugt am meisten CO_2. Erdgas bringt gegenüber Diesel eine Reduktion von rund 20% und Biogas sogar rund 60%. Auch hier schneidet der Trolleybus am besten ab, sofern man den schweizerischen Strommix unterstellt. In diesem Fall lassen sich bei den CO_2-Emissionen gegenüber dem Dieselbusbetrieb rund 80% einsparen.

Analog zu den NO_x würden auch die CO_2-Emissionen aus den Vorprozessen beim Trolleybus stark ansteigen, wenn man beispielsweise den deutschen Strommix mit einem hohen Anteil aus Kohlekraftwerken unterstellt.



Figur 4 CO_2-Gesamt-Emissionen eines Dieselbusses, Gasbusses (CNG, Biogas) und eines Trolleybusses (Gelenkbus). Die Gesamt-Emissionen setzen sich zusammen aus Vorprozess-Emissionen, welche bei der Her- und Bereitstellung der Treibstoffe (bzw. Elektrizität) anfallen plus Betriebs-Emissionen. Quelle: ecoinvent Centre 2004, ecoinvent data v1.1, CD-ROM, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2004.

4.4. LÄRM

Aussenlärm

Aufgrund von Erfahrungswerten kann man ableiten, dass Lärm ein Argument ist, welches für den Trolleybus spricht.[14] Beim Vergleich Gas-/Dieselbusse sind die technischen Messergebnisse teilweise widersprüchlich, das Gros der Hinweise spricht moderat für Gasbusse. Eine finanzielle Einsparung, z.B. im Sinne dass alternative Lärmschutzmassnahmen dadurch eingespart werden könnten, kann aber daraus nicht abgeleitet werden. Der positive Effekt spielt mehr auf der subjektiven Wahrnehmungsebene, was aber aus Unternehmenssicht durchaus als positives Argument gelten kann. Das wird beispielsweise auch durch Umfragen in Basel bestätigt, wonach der Gasbus ein überaus positives Image hat. Und auch in Bern fallen erste Umfragen diesbezüglich positiv aus.

Innenlärm

Im Innern des Gasbusses wurden von BFE (3. Jahresbericht EnergieSchweiz 2003/04) leicht höhere Lärmimmissionen gemessen als in einem Dieselbus. VTT (2004)[15] fanden jedoch nur Unterschiede in vernachlässigbarem Mass. Zum Trolleybus wurden keine entsprechenden Angaben gefunden, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Lärmimmissionen eines Trolleybusses auch im Innern gering ausfallen. Durch die Laufruhe des Trolleybusses entsteht ein für die Fahrgäste sehr angenehmes Fahrklima. Die Laufruhe zeigt ausserdem positiven Effekt in der Unfallstatistik: Gesamtschweizerisch gibt es je Personen-Km weniger (und weniger schwer) Verletzte im Verkehr mit Trolleybussen als im Verkehr mit Dieselbussen.

14 In der Stadt Esslingen am Neckar wurden für Trolleybusse 9 dB tiefere Lärmwerte gemessen als für Dieselbusse.

15 Transit Bus Emission Study: Comparison of Emissions from Diesel and Natural Gas Buses, Research Report PRO3/P5150/04, VTT Processes, Espoo 2004

4.5. FOLGERUNGEN ZUR ÖKOLOGIE

Die ökologischen Auswirkungen der drei Traktionsarten Diesel-, Gas und Trolleybus werden zusammenfassend wie folgt beurteilt:

- Der Trolleybus ist bezüglich Lufthygiene und Klimaaspekten klar im Vorteil und mit Stromversorgung aus schweizerischer Produktion unschlagbar, denn er produziert keine lokalen Schadstoff- und CO_2-Emissionen.
- Der Gasbusbetrieb (CNG und Biogas) unterscheidet sich bezüglich Partikel (PM) nicht signifikant von einem Euro-5-Dieselbus mit Partikelfilter. Bei den NO_x sind die Emissionen des Dieselbusses gemäss heutigem Kenntnisstand immer noch etwas höher als beim Gasbus. Die Weiterentwicklung der Dieselmotorentechnologie wird jedoch die NO_x-Emissionen bei den künftigen Dieselbusen (Euro-5 ff) weiter reduzieren. Somit wird eine Annäherung zwischen Diesel- und Gasbus auf einem sehr tiefen Niveau stattfinden.
- Bezüglich CO_2-Emissionen sind der Dieselbus und der Erdgasbus gleichwertig. Erst wenn der Gasbus mit 100% Biogas betrieben wird, ergeben sich gegenüber dem Dieselbus Vorteile.
- Lärmseitig ist dem Trolleybus ein klares, dem Gasbus ein moderates Plus gegenüber dem Dieselbus zu attestieren.

Die ökologischen Vor- und Nachteile der verschiedenen Traktionsarten auf der VBSH-Linie 1 sind insofern zu relativieren, als die CO_2- und NO_x-Emissionen bei Diesel- oder Gasbetrieb nur etwa 1% der Gesamtemissionen aus dem Verkehr in der Stadt Schaffhausen ausmachen. Bei den Partikeln sind es sogar nur 0.1%. Zudem entfallen auf die Linie 1 nur knapp 20% der VBSH-Gesamtleistung.

5. WEITERE ASPEKTE

5.1. AUSWIRKUNGEN AUF DIE NETZENTWICKLUNG

Der fahrleitungsgebundene Trolleybus als Einzellinie ist generell weniger flexibel in Bezug auf Netzentwicklungen verglichen mit dem Diesel- bzw. Gasbusbetrieb, weil Linienführungsanpassungen vergleichsweise teure Investitionen (bzw. Desinvestitionen) nach sich ziehen.

Die vorgesehenen Netzoptimierungen im Rahmen der VBSH-Netzentwicklungsstudie würden beim Weiterbetrieb des Trolleybusses Erweiterungen des Oberleitungsnetzes bedingen: Im Minimum ca. 0.5 km in Neuhausen für die Verlängerung Richtung Birch/Langriet (Investitionskosten von ca. 0.7 Mio. CHF).

In zusätzliche Netzerweiterungen ist zu investieren, wenn zum Neuhauser Ast der Linie 1 ein neuer Linienast ausgewählt würde. In der Netzentwicklungsstudie wird eine neue Durchmesserlinie Neuhausen–Gruben/Buchthalen vorgeschlagen, was ca. 2 km an zusätzlichen Oberleitungen zu Folge hat (Investitionskosten von ca. 3 Mio. CHF).

5.2. FINANZIELLE AUSWIRKUNGEN FÜR GEMEINDEN UND KANTON

Finanzierungsschlüssel Betriebskosten

Die Kosten der VBSH-Linie 1 werden den beiden Gemeinden Schaffhausen und Neuhausen a. Rhf. im Ausmass der Fahrleistungen, die Erträge im Ausmass der Beförderungsleistungen (Personenkilometer) zugeordnet. Bei Fahrleistungen von 46% (Neuhausen a. Rhf.) und 54% (Stadt Schaffhausen) ergibt sich unter Berücksichtigung des Kantonsanteils von 15% folgende Kostenaufteilung: Stadt Schaffhausen 46%, Gemeinde Neuhausen a. Rhf. 39% und Kanton Schaffhausen 15%. Entsprechend profitieren auch alle drei Partner von den Einsparungen aus den günstigeren Betriebskosten der Diesel- bzw. Gasbusvarianten.

Derselbe Finanzierungsschlüssel wie für die Betriebskosten wird auch für die Desinvestitionskosten der Oberleitung und für den Erlös aus dem Verkauf der alten Trolleybusse unterstellt.

Finanzierungsschlüssel Oberleitungsinvestitionen Unterführung Zollstrasse

Das Bauwerk der neuen Unterführung Zollstrasse in Neuhausen wird durch den Kanton, die Gemeinde Neuhausen und die DB AG finanziert. Dabei ist der Anteil der Gemeinde Neuhausen

fix und unabhängig von den effektiven Baukosten bei der Ausführung des Bauwerks. Von den Einsparungen der 400'000 CHF beim Verzicht auf die Oberleitungen (Variante „Dieselbus ab 2009“) profitieren somit nur der Kanton und die DB AG. Für die Abschätzung der Auswirkungen auf die einzelnen Partner gehen wir davon aus, dass sich die Einsparungen proportional zu den Anteilen an den Gesamtkosten auf Kanton und DB AG verteilen (65% Kanton, 35% DB AG).

Finanzierungsschlüssel Oberleitungsinvestitionen Ochsenplatz/Zentralstrasse

Die Oberleitungs-Umhängungskosten für den Kreisel Ochsenplatz (60'000 CHF) sowie den Umbau im Bereich Wilden-/Industrie-/Zentralstrasse (300'000 CHF) werden zu 100% durch die Gemeinde Neuhausen a. Rhf. finanziert bzw. eingespart, wenn die Linie 1 bereits auf 2009 auf Dieselbus umgestellt wird.

Übersicht über die angenommenen Finanzierungsschlüssel

Die folgende Tabelle zeigt die angenommen Finanzierungsschlüssel zur Abschätzung der Auswirkungen auf die einzelnen Partner:

Kostenteiler für die Finanzierung der Betriebskosten und Investitionskosten für die Oberleitungsumhängungen					
	Schaffhausen	Neuhausen	Kanton	DB AG	
Investitionen Oberleitung Ochsenplatz u. Zentralstrasse	0%	100%	0%	0%	100%
Investitionen Oberleitung Unterführung Zollstrasse	0%	0%	65%	35%	100%
Betriebskosten Fahrzeuge, Oberleitungen u. Tankanlage	46%	39%	15%	0%	100%
Desinvestitionen Trolleynetz	46%	39%	15%	0%	100%
Erlös aus Verkauf alte Trolleybusse	46%	39%	15%	0%	100%

Tabelle 10

Einsparungen für einzelne Partner bei Diesel- und Gasbusvarianten ggü. Trolley

Die finanziellen Auswirkungen für die einzelnen Partner werden für die folgenden zwei Zeitperioden aufgezeigt:

› **Zeitraum 2008 – 2011**: Daraus ergeben sich die kurzfristigen Differenzen für die einzelnen Partner infolge unterschiedlicher Umstellungszeitpunkte vom Trolley- auf Diesel- bzw. Gasbusbetrieb (vgl. Tabelle 11 auf Seite 29 und Figur 5 auf Seite 30):

  › Die Variante „Dieselbus ab 2009“ bringt kurzfristig insgesamt die grössten Einsparungen für die Gemeinde Neuhausen a. Rhf. Gegenüber einer Umstellung auf Dieselbus erst im Jahre 2011 betragen die Einsparungen knapp 300'000 CHF. Hauptgrund sind die wegfallenden Investitionen für die Oberleitungsumhängungskosten im Zentrum von Neuhausen (Ochsenkreisel und Zentral-/Wildenstrasse).

  Auch der Kanton (ca. 250'000 CHF) und die DB AG (140'000 CHF) sparen bei einer Um-

stellung auf Dieselbus unmittelbar nach Fertigstellung der Unterführung Zollstrasse, weil die Oberleitungsinvestitionen für dieses Bauwerk entfallen.[16]

Demgegenüber sind die Kosten für die Stadt Schaffhausen bei der Variante „Dieselbus ab 2009“ rund 100'000 höher gegenüber der Variante „Dieselbus ab 2011“. Die Stadt profitiert nicht von den eingesparten Oberleitungsinvestitionen in Neuhausen, muss sich aber anteilsmässig an den höheren Fahrzeugkosten (Summe Kapitalkosten neue Dieselfahrzeuge ab 2009 und Abschreibung Restbuchwerte alte Trolleybusse) beteiligen.

› Bei der Variante „Gasbus ab 2011“ entstehen sowohl für Schaffhausen und Neuhausen als auch für den Kanton geringe Mehrkosten gegenüber der Variante „Trolley“.

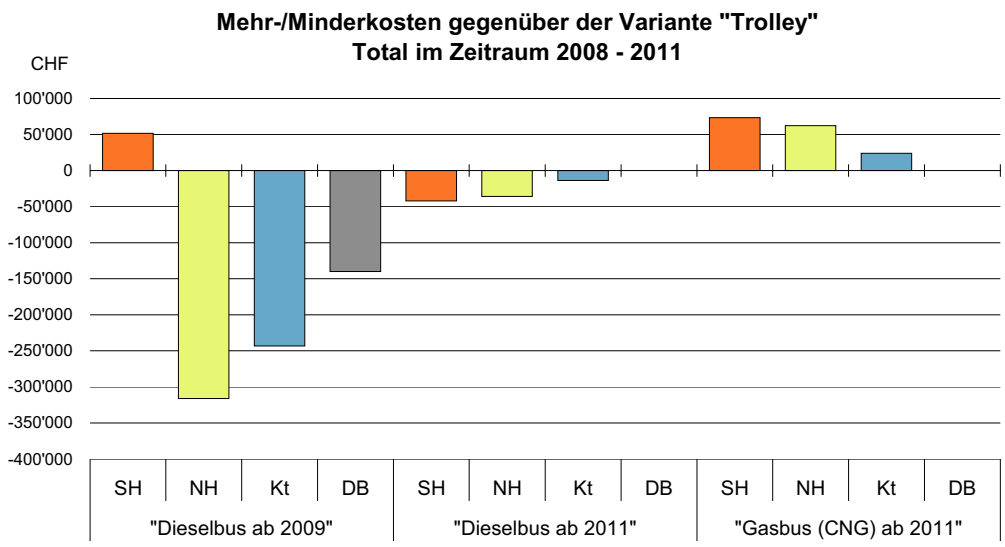
Auswirkungen für die einzelnen Partner im Zeitraum 2008 – 2011 gegenüber der Variante "Trolleybus"

		Fahrzeuge			Oberleitung		Gastankanlage	Oberleitungsinvestitionen		**Total**
		Kapital kosten	Energie/ Unterhalt	Erlös alte Trolleybuss	allg. Invest. + Unterhalt	Des-investitione	Kapitalkosten Betrieb/U'halt	Ochsenpl. + Zentralstr.	Zollstrasse	
Partner	Variante	*[CHF/a]*	*[CHF/a]*	*[CHF/a]*	*[CHF/a]*	*[CHF/a]*	*[CHF/a]*	*[CHF/a]*	*[CHF/a]*	*[CHF/a]*
Schaffhausen	"Dieselbus ab 2009	260'105	-166'226	-36'720	-234'989	229'500	0	0	0	51'670
	"Dieselbus ab 2011	-86'672	-55'409	0	-129'419	229'500	0	0	0	-42'000
	"Gasbus ab 2011"	-62'108	-38'320	0	-129'419	229'500	73'611	0	0	73'264
Neuhausen a. Rhf.	"Dieselbus ab 2009	221'571	-141'600	-31'280	-200'176	195'500	0	-360'000	0	-315'985
	"Dieselbus ab 2011	-73'831	-47'200	0	-110'246	195'500	0	0	0	-35'777
	"Gasbus ab 2011"	-52'907	-32'643	0	-110'246	195'500	62'706	0	0	62'410
Kanton	"Dieselbus ab 2009	85'002	-54'322	-12'000	-76'794	75'000	0	0	-260'000	-243'114
	"Dieselbus ab 2011	-28'324	-18'107	0	-42'294	75'000	0	0	0	-13'725
	"Gasbus ab 2011"	-20'297	-12'523	0	-42'294	75'000	24'056	0	0	23'942
DB AG	"Dieselbus ab 2009	0	0	0	0	0	0	0	-140'000	-140'000
	"Dieselbus ab 2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	"Gasbus ab 2011"	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total alle Partner	"Dieselbus ab 2009	566'678	-362'148	-80'000	-511'959	500'000	0	-360'000	-400'000	-647'429
	"Dieselbus ab 2011	-188'827	-120'716	0	-281'959	500'000	0	0	0	-91'502
	"Gasbus ab 2011"	-135'312	-83'486	0	-281'959	500'000	160'373	0	0	159'616

Tabelle 11 Die ausgewiesenen Kostendifferenzen gegenüber der Variante „Trolley“ beziehen sich auf die **Summe über die vier Jahre** zwischen 2008 und 2011; negativer Wert = Einsparungen, positiver Wert =Mehrkosten. Details siehe Annex 5

16 Unter der Annahme, dass sich die Einsparungen von 400'000 CHF proportional zu den Anteilen an den Gesamtkosten des Bauwerks auf Kanton und DB AG verteilen: 65% Kanton, 35% DB AG.

AUSWIRKUNGEN FÜR DIE EINZELNEN PARTNER IM ZEITRAUM 2008 – 2011



Figur 5 Die ausgewiesenen Kostendifferenzen gegenüber der Variante „Trolley“ beziehen sich auf die **Summe über die vier Jahre** zwischen 2008 und 2011. negativer Wert = Einsparungen, positiver Wert =Mehrkosten.

› **Zeitraum ab 2012**:

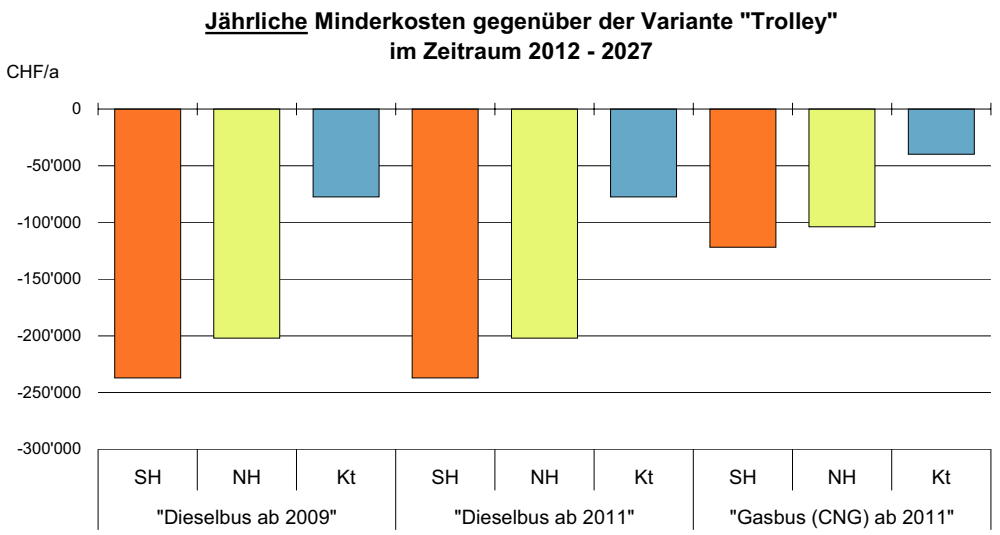
Daraus ergeben sich die Unterschiede für die einzelnen Partner bezüglich der längerfristigen Betriebskosten. Diese werden als durchschnittliche Jahreskosten ausgewiesen (vgl. Figur 6).

› Ab 2012 verhalten sich die Einsparungen proportional zum Finanzierungsschlüssel der Betriebskosten. Am meisten profitiert jeweils die Stadt Schaffhausen.

› Die Kosten der Dieselbus-Varianten unterscheiden sich längerfristig nicht mehr. Die Einsparungen für die Stadt betragen jährlich knapp 250'000 CHF, für Neuhausen 200'000 CHF und für den Kanton 80'000 CHF.

› Die Einsparungen gegenüber dem Trolley sind mit dem Gasbus (CNG) für die einzelnen Partner halb so gross im Vergleich zum Dieselbus.

AUSWIRKUNGEN FÜR DIE EINZELNEN PARTNER IM ZEITRAUM 2012 – 2027



Figur 6 Die ausgewiesenen Kostendifferenzen gegenüber der Variante „Trolley“ beziehen sich auf die **jährlichen Einsparungen** zwischen 2012 und 2027.

5.3. MÖGLICHE BEITRÄGE AN GASBUS

Gemäss ersten Aussagen der städtischen Werke Schaffhausen und Neuhausen am Rheinfall (StWSN) wäre eine Kostenbeteiligung an einer Gasbusvariante denkbar mit folgenden Beiträgen:

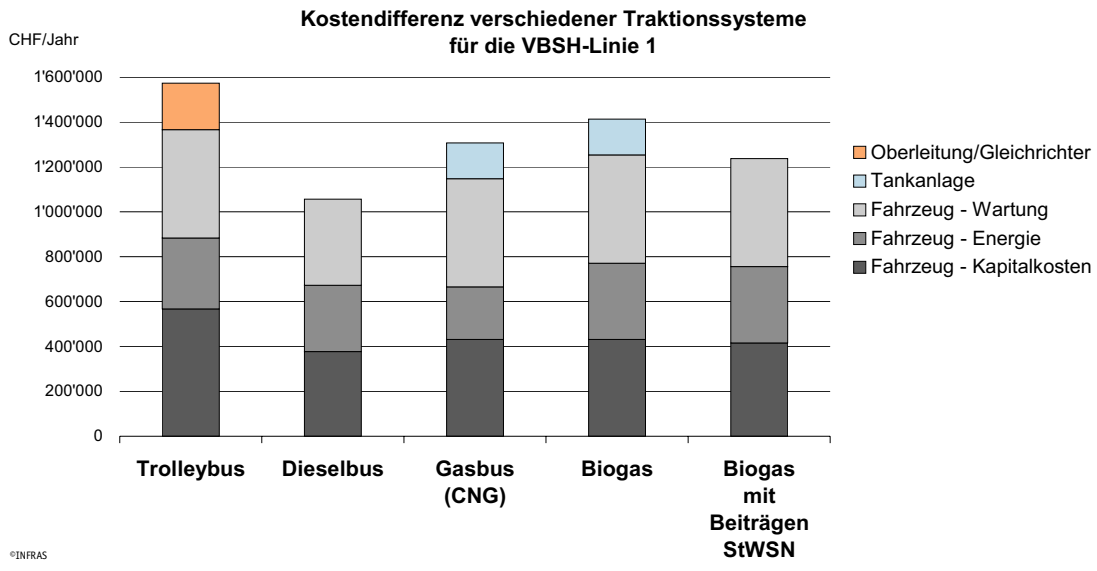
› 25'000 CHF pro Gasbus an die Beschaffungskosten

› Investition Gastankstelle 100% zu Lasten StWSN erstellen.

Mit diesen Annahmen verringert sich der Kostenunterschied gegenüber dem Dieselbus, wenn man die Systemgrenzen bei VBSH zieht (vgl. Figur 7, die rechte Säule stellt die Variante Biogas mit Beiträgen StWSN dar). Aus einer Gesamtsicht bleiben jedoch die Kosten in Form von „weniger Gewinn bei den städtischen Werken bzw. bei der EGO“ bestehen.[17]

TRAKTIONSVERGLEICH FÜR DIE VBSH-LINIE 1 AUF BASIS JAHRESKOSTEN

(ohne Fahrleitungsumhängungskosten beim Trolley und Desinvestitionskosten bei Diesel und Gas)



Figur 7

17 In Bern besteht ein Vertrag, in welchem sich die Gaswerke verpflichten, sämtliche Mehrkosten des Biogas-Betriebs gegenüber dem Dieselbusbetrieb zu übernehmen.

6. FOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

Welche Traktionsart steht im Vordergrund: Kosten-Nutzen-Überlegungen

Aus rein betriebswirtschaftlichen Überlegungen steht aus Gesamtsicht eine Umstellung auf Dieselbus unmittelbar nach Fertigstellung der Unterführung Zollstrasse in Neuhausen a. Rhf. im Vordergrund (Variante „Dieselbus ab 2009“). Die jährlichen Minderkosten gegenüber dem Trolleybusbetrieb liegen bei gut einer halben Million Franken, was über die nächsten 20 Jahre Einsparungen von mehr als 10 Millionen Franken (ohne Teuerung) bedeutet. Nicht berücksichtigt dabei sind allfällige Fahrleitungsumhängungen infolge von Strassenbauten (z.B. Galgenbucktunnel).

Umweltseitig schneidet der Weiterbetrieb des Trolleybusses am besten ab, der lokal keine Schadstoffe produziert und auch bezüglich Lärm Vorteile gegenüber dem Diesel- oder Gasbus aufweist. Allerdings muss man sich diese Umweltvorteile zu einem vergleichsweise hohen Preis erkaufen. Stark ins Gewicht fallen beim kleinen VBSH-Trolleybusnetz vor allem die Vorhaltekosten für den Unterhalt der Fahrleitung. Aber auch die Fahrzeugkosten sind aufgrund der teureren Beschaffungs- und Unterhaltskosten bis zu 50% höher als beim Dieselbus. Zudem ist zu berücksichtigen, dass in der Dieselmotorentechnologie in den letzten Jahren grosse Fortschritte erzielt und die Schadstoffemissionen der Dieselbusse mit der aktuellen Grenzwertnorm Euro-5 massiv gesenkt wurden. Es kann davon ausgegangen werden, dass künftig (Euro-5 ff) weitere Absenkungen stattfinden und somit die Unterschiede zum „sauberen“ Trolley weiter verringert werden.

Angesichts der Klimaveränderungen problematisch ist beim Dieselbus vor allem der CO_2-Ausstoss im Vergleich zum CO_2-freien Trolleybusbetrieb, allerdings nur solange dieser mit Strom aus schweizerischer Produktion gefahren wird. Hier könnte grundsätzlich die Gasbus-Variante einen Kompromiss zwischen Umwelt und Kosten darstellen, aber nur bei Verwendung von Biogas, denn Erdgas bringt bezüglich CO_2 keine Vorteile gegenüber Diesel. Zudem bringt der Gasbus bzgl. der NO_x-Emissionen leichte Vorteile gegenüber dem Dieselbus, allerdings auf vergleichsweise tiefem Niveau. Zudem werden sich mit den weiteren technologischen Fortschritten die NO_x-Werte der Diesel- und Gasbusse annähern, so dass kaum mehr massgebende Differenzen bestehen werden.

Der Biogas-Busbetrieb hat aber ebenfalls seinen Preis, der zwar unter dem Trolleybus liegt, aber selbst mit Beiträgen durch die städtischen Werke Schaffhausen und Neuhausen am Rheinfall (StWSN) an die Gasfahrzeuge und die Tankanlagen noch rund 200'000 CHF pro Jahr höher

liegt als der Dieselbus. Ohne Beiträge der StWSN beträgt die jährliche Kostendifferenz zwischen dem Biogasbus und dem Dieselbus knapp 400'000 CHF.

Statt dass die Besteller in einen teuren Biogas-Busbetrieb investieren, könnten sie Biogas kaufen und ins allgemeine Gasnetz einspeisen und damit den Anteil am bezüglich CO_2 ebenfalls problematischen Erdgas, das beispielsweise in Heizungen verbrennt wird, reduzieren. Grundsätzlich bestehen hierzu zwei Ansätze:

› CO_2-Neutralität: In diesem Fall kaufen die Besteller Biogas im Umfang des Verbrauchs auf der Linie 1. Die reduzierte CO_2-Menge durch den Ersatz von Erdgas entspricht dem produzierten CO_2 aus dem Dieselbetrieb. Gegenüber dem Biogas-Busbetrieb ergeben sich auf Seite der Besteller – mit den aktuellen Diesel- und Erdgas bzw. Biogaspreisen – Kosteneinsparungen in der Grössenordnung von 100'000 bis 200'000 CHF pro Jahr.

› Kostenneutralität für die Besteller: In diesem Fall kaufen die Besteller Biogas im Umfang der Mehrkosten, die der Biogas- gegenüber dem Dieselbusbetrieb auf der Linie 1 auslöst. Mit den aktuellen Energiepreisen kann durch den Ersatz von Erdgas im allgemeinen Netz eine grössere Menge CO_2 reduziert werden als mit dem Biogasbusbetrieb.

Die Umstellung auf einen Dieselbusbetrieb ergänzt mit der Einspeisung von Biogas ins allgemeine Gasnetz zur Reduktion des Ergasverbrauchs stellt somit eine effiziente CO_2-Massnahme dar.

Zweckmässiger Zeitpunkt für Traktionswechsel

Kostenseitig steht aus einer Gesamtsicht eine Umstellung auf Dieselbusbetrieb unmittelbar nach Fertigstellung der Unterführung Zollstrasse in Neuhausen a. Rhf. im Vordergrund. Gleiches gilt auch aus Sicht der Gemeinde Neuhausen a. Rhf. und des Kantons, die damit auf die Investitionen in die Oberleitungen verzichten können. Bei einer Umstellung auf Dieselbusbetrieb unmittelbar nach Fertigstellung der Unterführung Zollstrasse könnte die Linie 1 ohne wesentliche Mehrkosten bereits auf das Fahrplanjahr 2009 von der Herbstäcker bis Langriet/Birch verlängert werden.

Aus Sicht der Stadt Schaffhausen ist ein Traktionswechsel erst ab 2011 kostengünstiger.

Zusammenarbeitsvertrag Schaffhausen/Neuhausen a. Rhf.

Die Vereinbarung der beiden Partnergemeinden wurde letztmals 1999 überarbeitet. Sie regelt insbesondere die Kosten- und Ertragsaufteilung der beiden gemeinsam betriebenen Linien 1 (Trolleybusbetrieb) und 6 (Autobusbetrieb), die Zuordnung von Investitionen und deren Finanzierung. Grundsätzlich werden Investitionen in Strassenanpassungen, Haltestellenbau usw. von

derjenigen Gemeinde getragen, auf deren Gebiet sie anfallen. Sämtliche übrige Investitionen (Fahrzeugpark, Fahrleitung, Betriebs- und Verwaltungsgebäude) werden zulasten der Rechnung der Verkehrsbetriebe getätigt; die darauf notwendigen Abschreibungen und Zinsen werden in der Erfolgsrechnung und den Linien-Erfolgsrechnungen berücksichtigt und den beiden Gemeinden zugeordnet (siehe Finanzierungsschlüssel Betriebskosten, Seite 27).

Der Vertrag macht bezüglich Traktionsart folgende Aussage (Ziff. 2.1): „Gemeinsame Linien der beiden Gemeinden sind:

› Die Trolleybuslinie Waldfriedhof – Bahnhof Schaffhausen – Neuhausen Zentrum – Herbstäcker
› Die Autobuslinie Neuhausen SBB – Rosenbergstrasse - Schützenhaus – Kantonsspital – Falkeneck/Ebnat“

Der Vertrag wurde durch den Grossen Stadtrat Schaffhausen und den Einwohnerrat Neuhausen am Rheinfall genehmigt. Entsprechend müsste eine Änderung der Traktionsart den beiden Parlamenten unterbreitet werden.

Empfehlung:

Aus einer Gesamtsicht soll die VBSH-Linie 1 auf Dieselbusbetrieb umgestellt werden.
Zur Kompensation der umweltseitigen Nachteile im Bereich des CO_2-Ausstosses sollen sich die Besteller **längerfristig** verpflichten, mindestens im Umfang des Energieverbrauchs eines Gasbusbetriebs auf der Linie 1 Biogas zu kaufen und zur Reduktion des Erdgasverbrauchs ins allgemeine Gasnetz einzuspeisen. In einer Maximalvariante könnten sämtliche Einsparungen aus der Umstellung auf Dieselbus zur Substitution von CNG durch Biogas verwendet werden, womit der höchstmögliche ökologische Nutzen erzielt würde.

Die Umstellung auf Dieselbus erfolgt sinnvollerweise Ende 2008, das heisst unmittelbar nach Fertigstellung der Unterführung Zollstrasse in Neuhausen a. Rhf. Damit entfallen die Investitionen in die Oberleitung in Neuhausen a. Rhf., welche nur zwei Jahre genutzt würden. Die Besteller profitieren frühzeitig von den günstigeren Betriebskosten, was insgesamt die schnellere Abschreibung der alten Trolleybusse mehr als kompensiert. Gleichzeitig kann die Linie 1 bereits auf das Fahrplanjahr 2009 von der Herbstäcker nach Birch/Langriet verlängert werden.

Im Sinne eines partnerschaftlichen Verhaltens seitens der finanziell profitierenden Gemeinde Neuhausen a. Rhf. und des ebenfalls profitierenden Kantons sind der Stadt die ihr entstehenden Mehrkosten aus der vorzeitigen Umstellung abzugelten.

ANNEX 1: ENERGIEKOSTEN

Annahmen zu den Energiepreisen

	Diesel CHF/l	Gas - CNG CHF/kg	Biogas CHF/kg
Energie ohne MWST., ohne fisk. Abgabe	**0.710**	**0.670**	**1.044**
Fisk. Abgabe: Minöst	0.759	0.810	0.810
Fisk. Abgabe: Carbura	0.004	0.000	0.000
Fisk. Abgabe: KlimaRappen	0.015	0.000	0.000
Fisk. Abgabe: Total	**0.778**	**0.810**	**0.810**
Total Energie + fisk. Abgaben, ohne MWSt.	**1.488**	**1.480**	**1.854**
Rückerstattung Minöst. für KTU	**0.580**	**0.761**	**0.810**
Fisk. Abgabe: Minöst nach Rückerstattung	0.179	0.049	0.000
Total Energiekosten für KTU (inkl. fisk. Abgaben, ohne MWSt.	**0.908**	**0.719**	**1.044**

Vergleich Dieselbus/Gasbus bzgl. Energieverbrauch und CO_2-Emissionen

Gasbus		
Energieverbrauch	62	kg/100km
Heizwert	46.5	MJ/kg
CO2 Emission	2.56	kg CO2/ kg CNG
Energieverbrauch	2'883	MJ/100 km
CO2-Emission	1'587	g CO2/ km

Dieselbus		
Treibstoffverbrauch	62	l/100km
Dichte	0.832	kg/l
Treibstoffverbrauch	51.584	kg/100 km
Heizwert	42.8	MJ/kg
CO2 Emission	3.1501	kg CO2 / kg Treibstoff
Energieverbrauch	2'208	MJ/100 km
CO2 Emission	1'625	g CO2/ km

Verhältnis Gas/Diesel		
Energieverbrauch	130.6%	bzgl MJ/100 km
CO2 Emission	97.7%	bzgl g CO2/ km

ANNEX 2: KOSTENGROBSCHÄTZUNG GASTANKSTELLE

Annahme: Schnellbetankungsanlage mit einer Zapfsäule für 7 Gelenkfahrzeuge

	Bemerkungen	CHF
Kompressoranlage	1 Komp. mit 110 kWh	400'000
Gasspeicher	6'400 Liter Speichervolumen (80 Flachser	250'000
Gebäudecontainer	inkl. Lüftung	150'000
Schnellbetankung	1 Zapfsäule inkl. Verrohrung	100'000
Elektroanschluss		50'000
Gaszuleitung	Anschluss ans 5 bar-Netz	300'000
Projektleitung, Baubewilligung, Abnahme u.ä.		100'000
Total Ergas-Tankstelle (ohne MWSt)	ohne evtl. Landerwerb	**1'350'000**

ANNEX 3: DETAILS JAHRESKOSTEN

Vergleich Jahreskosten je System Trolley/Diesel/Gas für die VBSH-Linie 1						
		Varianten				
		"Trolleybus"	"Dieselbus"	"Gasbus"	"Biogasbus"	"Biogasbus"
Mengengerüst						gesponsert
Anzahl Fahrzeuge	Stück	7	7	7	7	7
Jahres-km (Linie 1)	km/a	525'000	525'000	525'000	525'000	525'000
Kostenkomponenten	Einheit					
Fahrzeugkosten						
Anschaffungskosten	CHF/Fzg.	1'100'000	600'000	685'000	685'000	660'000
Total Investition	CHF	7'700'000	4'200'000	4'795'000	4'795'000	4'620'000
Nutzungsdauer	Jahre	20	15	15	15	15
Zinssatz	%	4%	4%	4%	4%	4%
Jahreskosten = Kapitalkosten	**CHF/a**	**566'579**	**377'753**	**431'268**	**431'268**	**415'528**
Energiekosten						
spez. Stromverbrauch	kWh/km	3.2				
spez. Dieselverbrauch	l/100km		62			
spez. Gasverbrauch	kg/100km			62	62	62
Total Energieverbrauch pro Jahr	kWh/a, l/a. kg/a	1'680'000	325'500	325'500	325'500	325'500
spez. Strompreis	CHF/kWh	0.189				
spez. Dieselpreis	CHF/l		0.908			
spez. Gaspreis	CHF/kg			0.719	1.044	1.044
Total Energiekosten pro Jahr	**CHF/a**	**317'520**	**295'554**	**234'035**	**339'822**	**339'822**
Wartungskosten						
spez. Kosten	CHF/km	0.88	0.73	0.88	0.88	0.88
Wartungskosten pro Jahr	CHF/a	462'000	383'250	462'000	462'000	462'000
Fixkostenblock 2-Spartenbetrieb	CHF/a	20'000	0	20'000	20'000	20'000
Total Wartungskosten pro Jahr	**CHF/a**	**482'000**	**383'250**	**482'000**	**482'000**	**482'000**
Total Fahrzeugkosten	**CHF/a**	**1'366'099**	**1'056'557**	**1'147'302**	**1'253'090**	**1'237'350**
Tankanlage						
Betankungsanlage	CHF	0	0	1'500'000	1'500'000	0
Nutzungsdauer	Jahre	20	20	20	20	20
Zinssatz	%	4%	4%	4%	4%	4%
Jahreskosten = Kapitalkosten	**CHF/a**	**0**	**0**	**110'373**	**110'373**	**0**
Betriebskosten pro Jahr	**CHF/a**	**0**	**0**	**50'000**	**50'000**	**0**
Total Jahreskosten Tankanlage	**CHF/a**	**0**	**0**	**160'373**	**160'373**	**0**
Oberleitung						
Fahrleitungserneuerung	**CHF/a**	**25'000**	**0**	**0**	**0**	**0**
Turmwagen + Arbeitsbühne	**CHF/a**	910'000				
Nutzungsdauer	Jahre	20				
Zinssatz	%	4%				
Jahreskosten = Kapitalkosten	**CHF/a**	**66'959**				
Unterhaltskosten Oberleitung	**CHF/a**	**115'000**				
Total Jahreskosten Oberleitung	**CHF/a**	**206'959**	**0**	**0**	**0**	**0**
Total Jahreskosten	**CHF/a**	**1'573'059**	**1'056'557**	**1'307'675**	**1'413'462**	**1'237'350**

ANNEX 4: DETAILS NETTOBARWERT-BERECHNUNGEN

Variante "Trolley"

	Fahrzeuge				Tankanlage		Oberleitung	
	Energie [CHF/a]	Wartung/ Unterhalt [CHF/a]	Investitionen [CHF/a]	Abschreibung alte Trolley-Fzg. [CHF/a]	Investitionen [CHF/a]	Wartung/ Unterhalt [CHF/a]	Investitionen [CHF/a]	Wartung/ Unterhalt [CHF/a]
2008	-317'520	-482'000		-425'000			-785'000	-115'000
2009	-317'520	-482'000		-425'000			-25'000	-115'000
2010	-317'520	-482'000		-425'000			-25'000	-115'000
2011	-317'520	-482'000	-7'620'000				-935'000	-115'000
2012	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2013	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2014	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2015	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2016	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2017	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2018	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2019	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2020	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2021	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2022	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2023	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2024	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2025	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2026	-317'520	-482'000					-25'000	-115'000
2027	-317'520	-482'000	1'143'000				374'000	-115'000

Restwert (Abschreibungsrate 5%)

Restwert (Abschreibungsrate 5%)

Summe der Zahlungsströme pro Jahr	[CHF/a]
2008	-2'124'520
2009	-1'364'520
2010	-1'364'520
2011	-9'469'520
2012	-939'520
2013	-939'520
2014	-939'520
2015	-939'520
2016	-939'520
2017	-939'520
2018	-939'520
2019	-939'520
2020	-939'520
2021	-939'520
2022	-939'520
2023	-939'520
2024	-939'520
2025	-939'520
2026	-939'520
2027	602'480
total	-27'813'400

Realer Zinssatz
2.5%

Nettobarwert (NBW): Mio. CHF/a
-23'388'324

$$NBW = \sum_{i=1}^{n} \frac{Wert_i}{(1 + Zinssatz)^i}$$

Variante "Dieselbus ab 2009"

	Fahrzeuge				Tankanlage		Oberleitung	
	Energie [CHF/a]	Wartung/ Unterhalt [CHF/a]	Investitionen [CHF/a]	Restbuchwert Trolley-Fzg. [CHF/a]	Investitionen [CHF/a]	Wartung/ Unterhalt [CHF/a]	Investitionen [CHF/a]	Wartung/ Unterhalt [CHF/a]
2008	-317'520	-482'000		-425'000				-115'000
2009	-295'554	-383'250	-4'040'000	-850'000			-500'000	
2010	-295'554	-383'250						
2011	-295'554	-383'250						
2012	-295'554	-383'250						
2013	-295'554	-383'250						
2014	-295'554	-383'250						
2015	-295'554	-383'250						
2016	-295'554	-383'250						
2017	-295'554	-383'250						
2018	-295'554	-383'250						
2019	-295'554	-383'250						
2020	-295'554	-383'250						
2021	-295'554	-383'250						
2022	-295'554	-383'250						
2023	-295'554	-383'250						
2024	-295'554	-383'250	-4'200'000					
2025	-295'554	-383'250						
2026	-295'554	-383'250						
2027	-295'554	-383'250	3'080'000					

Restwert 2. Fzg- Beschaffung
Abschreibungsrate 6.67%

Summe der Zahlungsströme pro Jahr	[CHF/a]
2008	-1'339'520
2009	-6'068'804
2010	-678'804
2011	-678'804
2012	-678'804
2013	-678'804
2014	-678'804
2015	-678'804
2016	-678'804
2017	-678'804
2018	-678'804
2019	-678'804
2020	-678'804
2021	-678'804
2022	-678'804
2023	-678'804
2024	-4'878'804
2025	-678'804
2026	-678'804
2027	2'401'196
total	-20'746'796

Realer Zinssatz
2.5%

Nettobarwert (NBW): Mio. CHF/a
-17'237'451

$$NBW = \sum_{i=1}^{n} \frac{Wert_i}{(1 + Zinssatz)^i}$$

Variante "Dieselbus ab 2011"

	Fahrzeuge				Tankanlage		Oberleitung	
	Energie [CHF/a]	Wartung/ Unterhalt [CHF/a]	Investitionen [CHF/a]	Abschreibung alte Trolley-Fzg. [CHF/a]	Investitionen [CHF/a]	Wartung/ Unterhalt [CHF/a]	Investitionen [CHF/a]	Wartung/ Unterhalt [CHF/a]
2008	-317'520	-482'000		-425'000			-760'000	-115'000
2009	-317'520	-482'000		-425'000				-115'000
2010	-317'520	-482'000		-425'000				-115'000
2011	-295'554	-383'250	-4'120'000				-500'000	
2012	-295'554	-383'250						
2013	-295'554	-383'250						
2014	-295'554	-383'250						
2015	-295'554	-383'250						
2016	-295'554	-383'250						
2017	-295'554	-383'250						
2018	-295'554	-383'250						
2019	-295'554	-383'250						
2020	-295'554	-383'250						
2021	-295'554	-383'250						
2022	-295'554	-383'250						
2023	-295'554	-383'250						
2024	-295'554	-383'250						
2025	-295'554	-383'250						
2026	-295'554	-383'250	-4'200'000					
2027	-295'554	-383'250	3'640'000					

Restwert 2. Fzg- Beschaffung
Abschreibungsrate 6.67%

Summe der Zahlungsströme pro Jahr	[CHF/a]
2008	-2'099'520
2009	-1'339'520
2010	-1'339'520
2011	-5'298'804
2012	-678'804
2013	-678'804
2014	-678'804
2015	-678'804
2016	-678'804
2017	-678'804
2018	-678'804
2019	-678'804
2020	-678'804
2021	-678'804
2022	-678'804
2023	-678'804
2024	-678'804
2025	-678'804
2026	-4'878'804
2027	2'961'196
total	-21'498'228

Realer Zinssatz
2.5%

Nettobarwert (NBW): Mio. CHF/a
-17'801'792

$$NBW = \sum_{i=1}^{n} \frac{Wert_i}{(1 + Zinssatz)^i}$$

Variante "Gasbus CNG ab 2011"

	Fahrzeuge				Tankanlage		Oberleitung	
	Energie [CHF/a]	Wartung/ Unterhalt [CHF/a]	Investitionen [CHF/a]	Restbuchwert Trolley-Fzg. [CHF/a]	Investitionen [CHF/a]	Wartung/ Unterhalt [CHF/a]	Investitionen [CHF/a]	Wartung/ Unterhalt [CHF/a]
2008	-317'520	-482'000		-425'000			-760'000	-115'000
2009	-317'520	-482'000		-425'000				-115'000
2010	-317'520	-482'000		-425'000				-115'000
2011	-234'035	-482'000	-4'715'000		-1'500'000	-50'000	-500'000	
2012	-234'035	-482'000				-50000		
2013	-234'035	-482'000				-50'000		
2014	-234'035	-482'000				-50'000		
2015	-234'035	-482'000				-50'000		
2016	-234'035	-482'000				-50'000		
2017	-234'035	-482'000				-50'000		
2018	-234'035	-482'000				-50'000		
2019	-234'035	-482'000				-50'000		
2020	-234'035	-482'000				-50'000		
2021	-234'035	-482'000				-50'000		
2022	-234'035	-482'000				-50'000		
2023	-234'035	-482'000				-50'000		
2024	-234'035	-482'000				-50'000		
2025	-234'035	-482'000				-50'000		
2026	-234'035	-482'000	-4'795'000			-50'000		
2027	-234'035	-482'000	4'155'667		225'000	-50'000		

Restwert 2. Fzg- Beschaffung
Abschreibungsrate 6.67%

Restwert Investition Gas-Tankanlage
Abschreibungsrate 5%

Summe der Zahlungsströme pro Jahr	[CHF/a]
2008	-2'099'520
2009	-1'339'520
2010	-1'339'520
2011	-7'481'035
2012	-766'035
2013	-766'035
2014	-766'035
2015	-766'035
2016	-766'035
2017	-766'035
2018	-766'035
2019	-766'035
2020	-766'035
2021	-766'035
2022	-766'035
2023	-766'035
2024	-766'035
2025	-766'035
2026	-5'561'035
2027	3'614'632
total	-24'930'480

Realer Zinssatz
2.5%

Nettobarwert (NBW): Mio. CHF/a
-20'730'658

$$NBW = \sum_{i=1}^{n} \frac{Wert_i}{(1 + Zinssatz)^i}$$

ANNEX 5: DETAILS ZU DEN KOSTEN 2008 – 2011

Variante "Trolley" - Auswirkungen für die einzelnen Partner im Zeitraum 2008 – 2011									
	Fahrzeuge			Oberleitung		Gastankanlage	Oberleitungsinvestitionen		Total
	Kapital kosten *[CHF/a]*	Energie/ Unterhalt *[CHF/a]*	Erlös alte Trolleybuss *[CHF/a]*	allg. Invest. + Unterhalt* *[CHF/a]*	Des-investitione *[CHF/a]*	Kapitalkosten Betrieb/U'halt *[CHF/a]*	Ochsenpl. + Zentralstr. *[CHF/a]*	Zollstrasse *[CHF/a]*	*[CHF/a]*
Total	1'841'579	3'198'080	-80'000	626'959	0	0	360'000	400'000	**6'346'619**
Schaffhausen	845'285	1'467'919	-36'720	287'774	0	0	0	0	**2'564'258**
Neuhausen a. Rhf.	720'058	1'250'449	-31'280	245'141	0	0	360'000	0	**2'544'368**
Kanton	276'237	479'712	-12'000	94'044	0	0	0	260'000	**1'097'993**
DB AG	0	0	0	0	0	0	0	140'000	**140'000**

* inkl. Kapitalkosten Ersatz Turmwagen und Arbeitsbühne

Variante "Dieselbus ab 2009" - Auswirkungen für die einzelnen Partner im Zeitraum 2008 – 2011									
	Fahrzeuge			Oberleitung		Gastankanlage	Oberleitungsinvestitionen		Total
	Kapital kosten *[CHF/a]*	Energie/ Unterhalt *[CHF/a]*	Erlös alte Trolleybuss *[CHF/a]*	allg. Invest. + Unterhalt *[CHF/a]*	Des-investitione *[CHF/a]*	Kapitalkosten Betrieb/U'halt *[CHF/a]*	Ochsenpl. + Zentralstr. *[CHF/a]*	Zollstrasse *[CHF/a]*	*[CHF/a]*
Total	2'408'258	2'835'932	-160'000	115'000	500'000	0	0	0	**5'699'190**
Schaffhausen	1'105'390	1'301'693	-73'440	52'785	229'500	0	0	0	**2'615'928**
Neuhausen a. Rhf.	941'629	1'108'849	-62'560	44'965	195'500	0	0	0	**2'228'383**
Kanton	361'239	425'390	-24'000	17'250	75'000	0	0	0	**854'878**
DB AG	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**

Variante "Dieselbus ab 2011" - Auswirkungen für die einzelnen Partner im Zeitraum 2008 – 2011									
	Fahrzeuge			Oberleitung		Gastankanlage	Oberleitungsinvestitionen		Total
	Kapital kosten *[CHF/a]*	Energie/ Unterhalt *[CHF/a]*	Erlös alte Trolleybuss *[CHF/a]*	allg. Invest. + Unterhalt *[CHF/a]*	Des-investitione *[CHF/a]*	Kapitalkosten Betrieb/U'halt *[CHF/a]*	Ochsenpl. + Zentralstr. *[CHF/a]*	Zollstrasse *[CHF/a]*	*[CHF/a]*
Total	1'652'753	3'077'364	-80'000	345'000	500'000	0	360'000	400'000	**6'255'117**
Schaffhausen	758'613	1'412'510	-36'720	158'355	229'500	0	0	0	**2'522'259**
Neuhausen a. Rhf.	646'226	1'203'249	-31'280	134'895	195'500	0	360'000	0	**2'508'591**
Kanton	247'913	461'605	-12'000	51'750	75'000	0	0	260'000	**1'084'267**
DB AG	0	0	0	0	0	0	0	140'000	**140'000**

Variante "Gasbus (CNG) ab 2011" - Auswirkungen für die einzelnen Partner im Zeitraum 2008 – 2011									
	Fahrzeuge			Oberleitung		Gastankanlage	Oberleitungsinvestitionen		Total
	Kapital kosten *[CHF/a]*	Energie/ Unterhalt *[CHF/a]*	Erlös alte Trolleybuss *[CHF/a]*	allg. Invest. + Unterhalt *[CHF/a]*	Des-investitione *[CHF/a]*	Kapitalkosten Betrieb/U'halt *[CHF/a]*	Ochsenpl. + Zentralstr. *[CHF/a]*	Zollstrasse *[CHF/a]*	*[CHF/a]*
Total	1'706'268	3'114'595	-80'000	345'000	500'000	160'373	360'000	400'000	**6'506'235**
Schaffhausen	783'177	1'429'599	-36'720	158'355	229'500	73'611	0	0	**2'637'522**
Neuhausen a. Rhf.	667'151	1'217'806	-31'280	134'895	195'500	62'706	360'000	0	**2'606'778**
Kanton	255'940	467'189	-12'000	51'750	75'000	24'056	0	260'000	**1'121'935**
DB AG	0	0	0	0	0	0	0	140'000	**140'000**