

Diese Alternativen gibt es zum Dieselbus

06|06|19|litra. Der öffentliche Verkehr zählt zu den nachhaltigsten Fortbewegungsmitteln in der Schweiz: Während die CO₂-Emissionen des motorisierten Individualverkehrs und der Lastwagen rund 94% des Gesamtanteil der Emissionen im Verkehr ausmachen, trägt der öffentliche Verkehr nicht einmal 4% zu den Emissionen bei ¹. Der grösste Teil der CO₂-Emissionen des öffentlichen Verkehrs wird dabei durch Linienbusse verursacht (VöV 2018). Der schweizerische öV leistet also einen sehr grossen Beitrag zu einer nachhaltigen Mobilität. Ein Diesel-Gelenkbus verbraucht aber nach wie vor über 50 Liter Diesel auf 100 Kilometern (DPA 2018). Mit der rasanten technologischen Entwicklung der Batterietechnologie stellt sich nun die Frage, welche Chancen sich bieten, den öffentlichen Verkehr noch nachhaltiger zu gestalten. Wird in Zukunft sogar ein öV mit null CO₂-Emissionen möglich sein? Marc Vetterli ist der Frage nachgegangen.

Die Stadt Hamburg hat gerade den ersten Serien-Elektrobus in die Flotte aufgenommen und bestellt ab dem Jahr 2020 nur noch Busse mit Elektroantrieb (Pander 2018). Dabei ist Europa schon länger im Hintertreffen: 99% aller Elektrobusse weltweit fahren in China. In der Millionenstadt Shenzhen sind alle rund 17'000 Busse rein elektrisch (Schultz und Zand 2018). Bei den Elektrobusen sind mittlerweile Start-Ups und chinesische Unternehmen marktführend. Die europäischen Hersteller sind sehr spät auf den Zug aufgesprungen, Mercedes-Benz hat erst im letzten Herbst den ersten serientauglichen Elektrobus «eCitaro» vorgestellt (Fockenbrock 2019). Während die Entwicklung in China also rasant vorwärtsgeschieht, passiert in Europa vergleichsweise noch wenig. Doch auch hierzulande dürften in einigen Jahren grössere Veränderungen eintreten.

Unterschiedliche Antriebssysteme

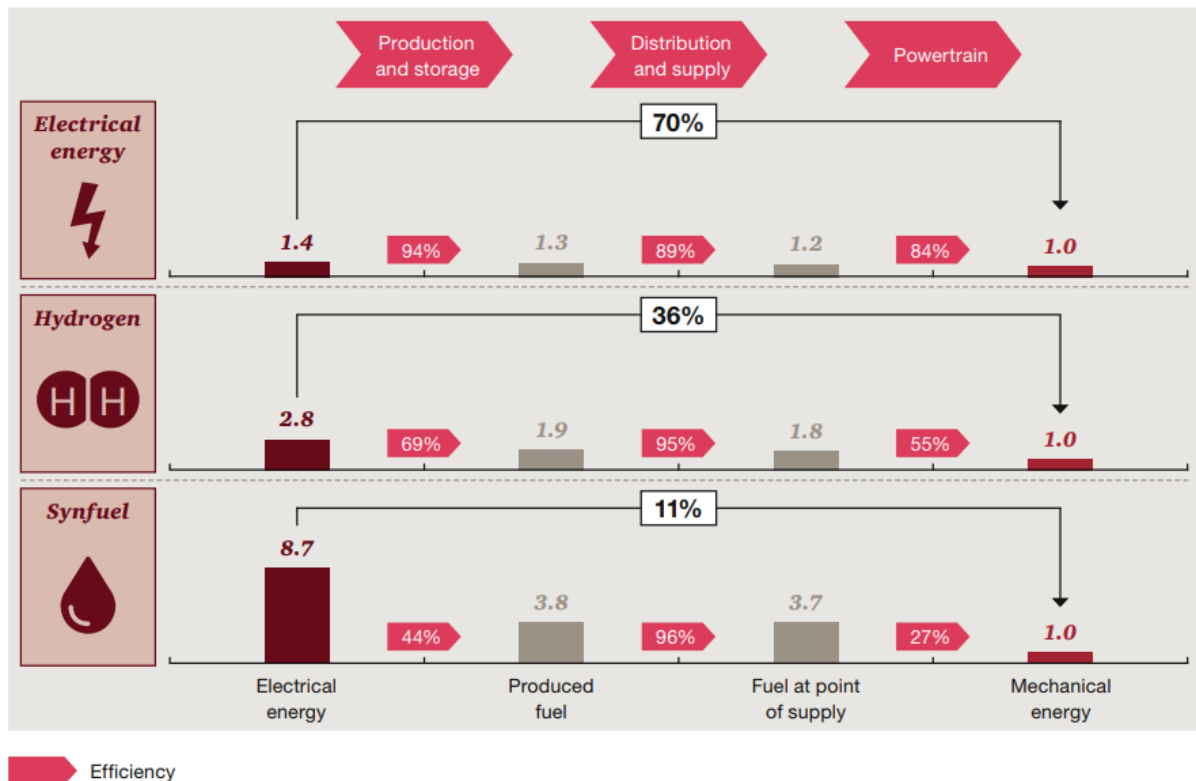
Zum jetzigen Zeitpunkt existieren mehrere Antriebssysteme für Busse:

- Dieselbus
- Trolleybus
- Trolleybus mit Akku
- Elektrobus mit Akku (Batteriebus)
- Hybridbus (Diesel und Akku)
- Wasserstoffbus

Dieselbusse funktionieren zuverlässig, sind vergleichsweise günstig und haben sehr grosse Reichweiten. Nachteil ist, dass sie höhere Treibstoffkosten haben und umweltschädlich sind. Wasserstoffbusse sieht man in der Schweiz eher selten. Sie haben zwar den Vorteil, dass sie eine grosse Reichweite haben und innerhalb von 10 Minuten wieder vollgetankt sind. Wird der Wasserstoff via Elektrolyse mit erneuerbarer Energie hergestellt, entsteht zudem kein CO₂. Die benötigte Brennstoffzelle enthält aber einerseits Platin, andererseits ist die Herstellung aufgrund der fehlenden Skaleneffekte sehr kostspielig, so dass Wasserstoffbusse extrem teuer sind. Ein Standard-Dieselbus kostet rund 500'000 CHF, ein Wasserstoffbus rund 2 Millionen (Krieger 2017; Bucher 2018). Der Wirkungsgrad von Wasserstoffbussen liegt laut einer aktuellen Studie von PricewaterhouseCoopers zudem bei lediglich 36%, was den Treibstoff teuer macht (Bollmann et al. 2017). Als Übergangslösung sind deshalb vielerorts noch Hybridbusse im

¹ Exkl. Internationaler Verkehr (nur nationale Flüge)

Einsatz, welche einen klassischen Dieselmotor kombiniert mit einer kleinen Batterie haben. Die Batterie reduziert den Kraftstoffverbrauch etwas, da beim Bremsen Energie rückgewonnen wird und zum Anfahren erneut genutzt werden kann. Trotzdem verbrauchen auch diese nach wie vor fossile Treibstoffe. In naher Zukunft wird also keine dieser Lösungen das Rennen machen. Sind Elektrobusse die Lösung?



¹ Assuming CO₂ neutral energy is used throughout the whole process chain.

Abbildung 1 Wirkungsgrad der unterschiedlichen Antriebsarten (Bollmann et al. 2017)

Batteriebusse als Zukunft?

Im Jahr 2010 kostete eine Batterie rund 1'000 \$ pro kWh. Im Jahr 2017 lag dieser Wert bei rund 200 \$ und er dürfte weiter sinken. Für 2025 wird ein Preis von 96 \$ pro kWh erwartet (Bloomberg New Energy Finance 2018). Mit dieser Entwicklung sind auch die Reichweiten von Bussen stark gestiegen und liegen heute im Alltagsbetrieb beim neuen eCitaro im Winter bei rund 170, bei Idealbedingungen bei 280 Kilometern (Weissenborn 2019). Dies sind bereits gute Werte, sie vermögen aber nicht alle Einsatzgebiete von Dieselmotoren abzudecken, da diese oft deutlich mehr als 170 Kilometer in einem Umlauf fahren (Knote 2017). Nun gibt es zwei Möglichkeiten, dieses Problem zu lösen: Erstens kann man die Busse unterwegs aufladen. Dies kann während der Fahrt, an normalen Haltestellen oder an der Endhaltestelle geschehen. Alternativ kann die Umlaufzeit des Busses verkürzt werden und er kehrt früher wieder ins Depot zurück und wird durch einen zweiten Bus ersetzt. Diese Lösungen führen aber zu einem weiteren Problem: Sie sind teuer und führen zu betrieblichen Einschränkungen. Schnellladeinfrastruktur für Haltestellen ist sehr teuer, eine Verkürzung der Umlaufzeit bedingt mehr Fahrpersonal und mehr Fahrzeuge. Abgesehen davon sind die Elektrobusse nach wie vor auch einiges teurer in der Beschaffung als klassische Dieselmotoren: Ein Elektrobus kostet in der Regel rund das Doppelte eines Dieselmotors (Bucher 2018). Also alles nur ein Hype um die Elektrobusse?

Lebenszykluskosten im Vergleich zum Dieselbus

Betrachtet man die Kosten über einen ganzen Lebenszyklus eines Busses, so sind Batteriebusse gemäss einer Studie von Bloomberg bereits jetzt je nach Einsatzgebiet günstiger als Dieselbusse. Langfristig wird sich dieser Trend mit zunehmender Reichweite und sinkenden Elektrobussen weiter fortsetzen. Die Reichweiten der Elektrobusse werden in den kommenden Jahren weiter steigen (Bloomberg New Energy Finance 2018). Die Schweizer Städte besitzen aber noch einen weiteren Vorteil: Es existieren in vielen Städten bereits Trolleybusnetze. Diese lassen sich hervorragend mit Batteriebussen kombinieren. Wie erwähnt sind Schnellladeinfrastrukturen oder die Verkürzung von Umlaufplänen sehr teuer (Bucher 2018). Wird der Batteriebus jedoch während der Fahrt an der bestehenden Oberleitung aufgeladen, so sinken die Kosten auf Infrastrukturseite stark. Durch das sogenannte In-Motion-Charging sind keine teure Ladeinfrastrukturen nötig, sondern es können an geeigneten Stellen im Netz Oberleitungen installiert werden, an welchen dann die Busse während der Fahrt geladen werden. In den grossen Städten sind diese bereits vorhanden, so dass Dieselbuslinien verhältnismässig einfach umgestellt werden können. Zudem wird die benötigte Batterie viel kleiner, so dass die Kosten und das Gewicht sinken (Lenz 2014). Nach diesem Prinzip möchten die Verkehrsbetriebe Zürich die beiden Linien 69 und 80 elektrifizieren (Vogel 2018).

In Schaffhausen wird die komplette Umstellung auf Elektrobusse aber bereits früher Realität: 2017 hat das Stadtparlament beschlossen, die gesamte Stadtbusflotte innert 10 Jahren auf Elektrobusse umzustellen. In einer ersten Phase werden die bestehenden Trolleybusse zum In-Motion-Charging umgerüstet, um anschliessend die Schnellladestationen beim Bahnhof Schaffhausen zu installieren. Bereits im Herbst 2019 wird dann der Pilotbetrieb mit Elektrobusen gestartet. Die Busse sind danach klimaneutral unterwegs und langfristig günstiger als der Kauf von neuen Dieselbussen (Verkehrsbetriebe Schaffhausen 2019).

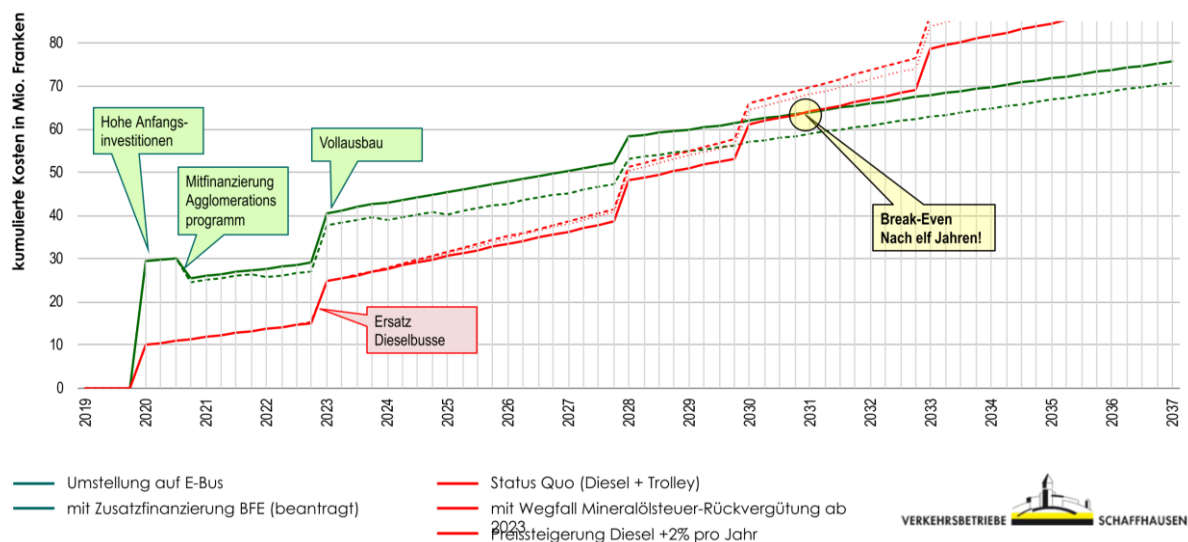


Abbildung 2 Gesamtkosten im Vergleich zwischen Diesel- und Elektrobusen (Verkehrsbetriebe Schaffhausen 2019).

Batteriebusse werden sich also mit zunehmender Reichweite und sinkenden Kosten zunehmend durchsetzen. Und je mehr Elektrobusse im Einsatz sind, desto günstiger werden sie. Werden sie mit CO₂-neutralem Strom betankt und die Batterien rezykliert, so dürfte der öffentliche Verkehr in der Schweiz langfristig nicht mehr weit davon entfernt sein, CO₂-frei zu werden (abgesehen von der grauen Energie). Wird der Wirkungsgrad von Wasserstofffahrzeugen weiter erhöht und die Brennstoffzellen-Herstellung weiter skaliert, so dürfen möglicherweise sehr langfristig auch

Wasserstoffbusse zum Einsatz kommen (Becker 2018). Bis dahin werden aber Batterie- und Trolleybusse dazu beitragen, dass der öffentliche Verkehr die bereits jetzt schon sehr tiefen Emissionen weiter reduzieren kann.



Abbildung 2 Der Swiss Trolley-Plus vom Schweizer Hersteller Hess, welcher mit In-Motion-Charging nachgeladen wird und rund 10 Kilometer ohne Oberleitung fahren kann (Vogel 2018).



Abbildung 4 Visualisierung des neuen Schaffhauser Elektro-Gelenkbusses von Irizar (Verkehrsbetriebe Schaffhausen 2019).

Literaturverzeichnis

Becker, Joachim (2018): Wasserstoff gegen Batteriepanzer. In: Süddeutsche Zeitung, 14.10.2018. Online verfügbar unter <https://www.sueddeutsche.de/auto/alternative-antriebe-wasserstoff-gegen-batteriepanzer-1.4162565>, zuletzt geprüft am 02.05.2019.

Bloomberg New Energy Finance (2018): Electric Buses in Cities. Driving Towards Cleaner Air and Lower CO₂. Hg. v. Bloomberg New Energy Finance.

Bollmann, Oliver; Neuhausen, Hörn; Stürmer, Christoph; Andre, Felix; Kluschke, Philipp (2017): From CO₂ neutral fuels to emissionfree driving. PWC. Online verfügbar unter <https://www.pwc.de/de/automobilindustrie/alternative-fuels-powertrains-v2.pdf>, zuletzt geprüft am 02.05.2019.

Bucher, Michael (2018): Der neue Elektrobus – umweltschonend, aber teuer. In: Berner Zeitung, 20.12.2018. Online verfügbar unter <https://www.bernerzeitung.ch/region/bern/der-neue-elektrobus--umweltschonend--aber-teuer/story/29649020>, zuletzt geprüft am 30.04.2019.

DPA (2018): Busse liegen bei Ökobilanz deutlich vor Autoverkehr. In: Berliner Morgenpost, 2018. Online verfügbar unter <https://www.morgenpost.de/berlin/article214667817/Busse-liegen-bei-Oekobilanz-deutlich-vor-Autoverkehr.html>, zuletzt geprüft am 03.04.2019.

Fockenbrock, Dieter (2019): Nutzfahrzeughersteller: Daimler und MAN werden vom Elektro-Boom in der Busindustrie überrollt. In: Handelsblatt, 11.02.2019. Online verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/handel-konsumgueter/nutzfahrzeugehersteller-daimler-und-man-werden-vom-elektro-boom-in-der-busindustrie-ueberrollt/23972820.html?ticket=ST-3649141-MfskWBIMuMmJbHoATHO3-ap6>, zuletzt geprüft am 02.05.2019.

Knote, Thoralf (2017): Ansätze zur Standardisierung und Zielkosten für Elektrobusse. Fraunhofer-Institut.

Krieger, René (2017): Brennstoffzellenpostauto. Ein emissionsfreier Antrieb für unsere Umwelt, 21.11.2017.

Lenz, Erik (2014): Zukunft trifft auf Expertise: Batteriebusse mit dynamischer Nachladung. In: Nahverkehrs-Praxis. Online verfügbar unter https://www.nahverkehrspraxis.de/fileadmin/user_upload/nahverkehrspraxis/_Ausgaben/2014/04_2014/Zukunft_trifft_auf_Expertise_NP_04-14.pdf, zuletzt geprüft am 30.04.2019.

Pander, Jürgen (2018): Das war's, Diesel. Wie Elektro-Busse den Stadtverkehr verändern. In: Spiegel Online, 14.11.2018. Online verfügbar unter <https://www.spiegel.de/auto/aktuell/hamburg-wie-elektro-busse-den-stadtverkehr-veraendern-a-1237060.html>, zuletzt geprüft am 02.05.2019.

Schultz, Stefan; Zand, Bernhard (2018): Elektrobusse in China. Ohne Volldampf in die Verkehrsrevolution. In: Spiegel Online, 25.06.2018. Online verfügbar unter <https://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/elektrobusse-china-startet-ins-zeitalter-der-leisen-riesen-a-1211689.html>, zuletzt geprüft am 02.05.2019.

Verkehrsbetriebe Schaffhausen (2019): Die ÖV-Zukunft für Schaffhausen beginnt jetzt! Schaffhausen stellt um auf Elektrobusse. Schaffhausen, 03.05.2019.

Vogel, Benedikt (2018): Ein Trolleybus, der auch ohne Oberleitung fährt. LITRA. Online verfügbar unter <https://litra.ch/de/aktuelles/ein-trolleybus-zurich-der-auch-ohne-oberleitung-fahrt/>, zuletzt geprüft am 02.05.2019.

VÖV (2018): Fakten & Argumente. Zum öffentlichen Verkehr in der Schweiz. Verband öffentlicher Verkehr.

Weissenborn, Stefan (2019): Hamburg: VHH bestellen 16 eCitaro mit mehr Reichweite - electrive.net. In: electrive.net, 04.04.2019. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2019/04/04/hamburg-vhh-bestellen-16-ecitaro-mit-mehr-reichweite/>, zuletzt geprüft am 30.04.2019.