



## Nachhaltig unterwegs in die Zukunft Elektromobilität kurz erklärt

Ab 2050 sollen in der Schweiz unter dem Strich keine Treibhausgase mehr ausstossen werden. Das hat der Bundesrat im August 2019 auf Basis der aktuellsten wissenschaftlichen Erkenntnisse des Weltklimarates entschieden. Dieses Ziel ist nur mit Massnahmen in allen Sektoren zu erreichen – einschliesslich der Mobilität. Mit dem Umstieg auf Elektromobilität leisten wir einen Beitrag dazu, dass der Mobilitätssektor – einschliesslich dem öV auf der Strasse – bis in spätestens 30 Jahren emissionsfrei sein wird.

Die Umstellung auf Elektromobilität führt nicht nur zu einer Reduktion von CO<sub>2</sub>, sondern bietet auch die Chance, den Ausstoss an gesundheitsgefährdenden Luftschadstoffen zu verringern und die lokale Wirtschaft zu stärken.

Bei der Elektromobilität im Busbereich werden grundsätzlich zwei Antriebsarten unterschieden: Batteriebusse und Brennstoffzellenbusse. Bei beiden Varianten treiben Elektromotoren die Räder an. Unterschiedlich ist aber die Art der Energiespeicherung: Strom bei Batteriebussen und Wasserstoff bei Brennstoffzellenbussen. Strom und Wasserstoff können regional produziert werden, was die einheimische Energiewirtschaft stärkt, die lokale Wertschöpfung vergrössert, den Autarkiegrad einer Region erhöht und ein modernes, zukunftsgerichtetes Bild der jeweiligen Region ausstrahlt.

Durch die lokal emissionsfreie Fortbewegung reduzieren sich neben den Treibhausgasemissionen auch der Ausstoss an Feinstaub und Stickoxiden sowie die Lärmbelastung. Feinstaub und Stickoxide begünstigen das Entstehen von Atemwegserkrankungen. Eine erhöhte Lärmbelastung führt zu Stressreaktionen im Körper und damit verbundener gesundheitlicher Belastung.

Busse emittieren pro Fahrzeug und Jahr aufgrund ihres Gewichts und ihrer hohen Laufleistung relativ viel CO<sub>2</sub> und andere Luftschadstoffe. Daher kann schon mit der Umstellung von wenigen Fahrzeugen auf Elektromobilität viel erreicht werden.

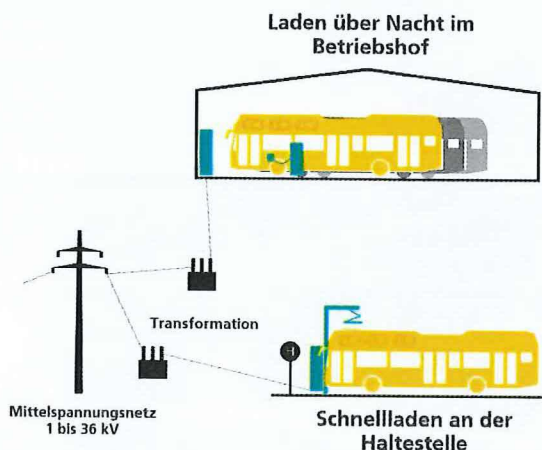
### Batteriebusse

Bei Batteriebussen werden die Räder durch Elektromotoren angetrieben. Die Elektromotoren beziehen die Energie aus einer Batterie. Das Aufladen der Batterie erfolgt einmalig oder mehrmals pro Tag über Kabel oder Pantografen. Aktuell beträgt die durchschnittliche Reichweite von Batteriebussen, deren Batterien einmal pro Tag aufgeladen werden, rund 150 bis 180 Kilometer. Diese Reichweite lässt sich mit über den Tag verteilten Schnellladungen bei gleichzeitiger Halbierung der Batteriegrösse auf etwa 270 bis 300 Kilometer steigern. Schnellladungen erfolgen dabei vorzugsweise an Haltestellen, an denen die Fahrzeuge mehrerer Buslinien über den Tag verteilt geladen werden können.

Die Batterietechnologie und die Auswahl an Batteriebusmodellen entwickeln sich rasch. In den nächsten ein bis zwei Jahren ist mit einer signifikanten Steigerung der Batterie-



kapazität und damit einhergehend mit einer Zunahme der Reichweite und der Wirtschaftlichkeit von Batteriebussen zu rechnen.



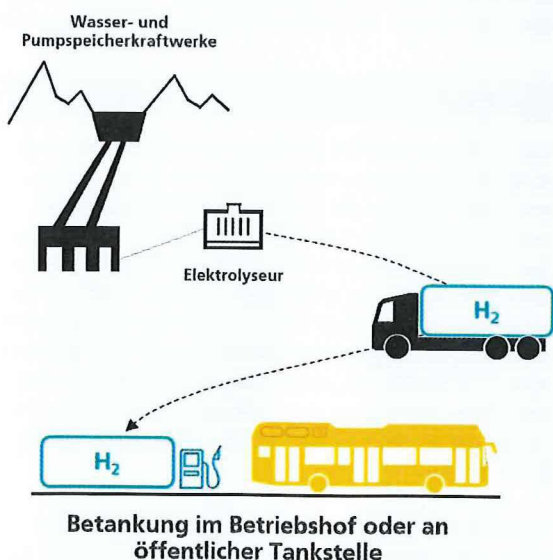
Konzept des Batteriebusses

### Batteriebusse in Sarnen und Saas-Fee

In Sarnen und Saas-Fee sind batterie-elektrische 12-Meter-Busse für PostAuto im Einsatz. In Saas-Fee befördern zwei Fahrzeuge die Wintersportler vom Busterminal zur Seilbahnstation. Im Gegensatz zu diesem Shuttlebetrieb handelt es sich im Fall von Sarnen um ein Postauto, das im fahrplanmässigen Linienverkehr im Einsatz ist. Die Batterien der Fahrzeuge in Saas-Fee werden ausschliesslich im Betriebshof geladen. Das Postauto in Sarnen kann zusätzlich an der Endhaltestelle in Alpnach zwischengeladen werden.

### Brennstoffzellenbusse

Auch bei Brennstoffzellenbussen werden die Räder durch Elektromotoren angetrieben. Sie besitzen aber mit Wasserstofftank und Batterie zwei unterschiedliche Energiespeichersysteme und ausserdem einen zusätzlichen Energiewandler – eine Brennstoffzelle, um Wasserstoff in Strom umzuwandeln. Dieser Strom wird in der Batterie zwischengespeichert, um später die Elektromotoren mit Energie zu versorgen.



Konzept des Brennstoffzellenbusses

Wasserstoff wird durch Elektrolyse direkt vor Ort bei einem Kraftwerk hergestellt. Dabei wird Wasser mit Hilfe von Strom in seine molekularen Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff aufgetrennt. Wasserstoff lässt sich in Druckbehältern speichern und transportieren. Der Tankvorgang bei Brennstoffzellenbussen erfolgt ähnlich wie bei Dieselmotoren und dauert rund zehn Minuten. Mit einer Tankfüllung von ca. 35 Kilogramm Wasserstoff erreichen Brennstoffzellenbusse aktuell eine Tagesreichweite von 400 bis 450 Kilometer.

### Brennstoffzellenbusse in und um Brugg

PostAuto hat als erstes und bisher einziges Schweizer Transportunternehmen die Brennstoffzellentechnologie im öffentlichen Verkehr eingesetzt. In einem Langzeittest waren zwischen 2011 und 2016 fünf Brennstoffzellenpostautos auf Postauto-Linien in und um Brugg unterwegs. Der benötigte Wasserstoff wurde zu nahezu 100 Prozent mittels Elektrolyse mit Strom aus erneuerbarer Wasserkraft vor Ort produziert. Die Busse bewährten sich im täglichen Linienverkehr. Zudem wurden sie testweise während des World Economic Forums in Davos eingesetzt, wo sie auch den Einsatz bei Eis, Schnee und tiefen Aussentemperaturen störungsfrei meisterten.

### Chancen der Elektromobilität

Elektromobilität bietet die Chance, aktiven Klimaschutz zu betreiben, die Lebensqualität der Bevölkerung durch die Reduktion von Luftschadstoffen und Lärm zu steigern und gleichzeitig die lokalen Wirtschaftssektoren, wie Energiewirtschaft und Tourismus, zu stärken.

Batterie- und Brennstoffzellenbusse sind zwei Vertreter der Elektromobilität, die sich in Punkto Reichweite und Betrieb sehr gut ergänzen. Jede der beiden lokal emissionsfreien Antriebstechnologien hat ihren optimalen Einsatzbereich. Beide zusammen können schon heute fast alle Einsatzgebiete von Bussen im öffentlichen Verkehr abdecken. Zudem werden die Technologien rasch weiterentwickelt, was die Einsatzmöglichkeiten in naher Zukunft noch vielfältiger und den Betrieb noch wirtschaftlicher machen wird.

### Elektromobilität:

- ✓ Klimaschonend
- ✓ Leise
- ✓ Schadstoffarm
- ✓ Lokal wertschöpfend
- ✓ Imagefördernd
- ✓ Zukunftsweisend



## Kosten der Elektromobilität

Gegenwärtig kosten Batteriebusse etwa das Doppelte von entsprechenden Dieselbussen:

- Standardbus (12-Meter-Batteriebus): CHF 630 000
- Gelenkbus (18-Meter-Batteriebus): CHF 830 000

Die Anschaffungskosten von Brennstoffzellenbussen betragen aktuell etwa das Dreifache eines entsprechenden Dieselbusses.

Die Wartungs- und Unterhaltskosten von Batteriebussen (inkl. Instandhaltung der Batterie) und Brennstoffzellenbussen sind vergleichbar mit denjenigen von Dieselbussen und betragen rund:

- Standardbus (12-Meter-Batteriebus): 50 Rp./km
- Gelenkbus (18-Meter-Batteriebus): 60 Rp./km

Die Energiekosten auf 100 km (inkl. Abschreibungen und Instandhaltung der Lade- resp. Tankinfrastruktur und Energieträger) sind aktuell beim Batteriebus rund 40 Prozent höher, beim Brennstoffzellenbus rund doppelt so hoch als bei einem entsprechenden Dieselbus:

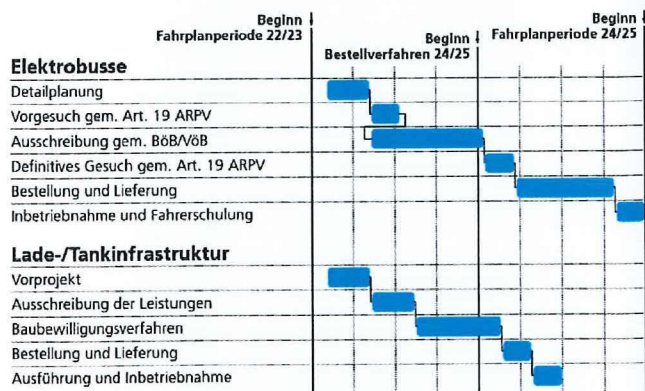
- Standardbus (12-Meter-Batteriebus): 43 CHF/100 km
- Gelenkbus (18-Meter-Batteriebus): 56 CHF/100 km

Ab 2026 im Ortsverkehr und ab 2030 im regionalen Personenverkehr wird auf Diesel die Mineralölsteuer voraussichtlich nicht mehr zurückerstattet. Damit werden die Dieselskosten um rund 60 Rp./Liter steigen und etwa gleich sein wie die Energiekosten von Batterie- und Brennstoffzellenbussen.

Die Angaben zu den Kosten sind indikativ und variieren je nach Konfiguration und Ladekonzept der Batteriebusse. Die genauen Kosten müssen jeweils pro Buslinie berechnet werden.

## Dauer einer Umstellung auf Elektromobilität

Von der Planung bis zum Betriebsstart einer auf Elektromobilität umgestellten Buslinie dauert es in der Regel rund anderthalb bis zwei Jahre. Der Betriebsstart sollte, wenn immer möglich, auf das Fahrplan- und Bestellverfahren des Bundesamts für Verkehr BAV ausgerichtet werden. Der Fahrplan tritt in der Regel ab dem zweiten Sonntag im Dezember für ein Jahr in Kraft. Er wird jeweils für zwei Jahre erstellt.



Schematischer Terminplan eines Umstellungsprojekts

PostAuto AG  
Strategie und Innovation  
Engenhaldenstrasse 39  
3030 Bern

Tel. +41 58 341 22 30  
E-Mail: [nachhaltig@postauto.ch](mailto:nachhaltig@postauto.ch)  
[www.postauto.ch](http://www.postauto.ch)

## Häufig geäusserte Bedenken rund um die Nachhaltigkeit von Elektromobilität

### Sind die Rohstoffe für Batterien und Brennstoffzellen knapp?

Grundsätzlich sind die Rohstoffe nicht geologisch knapp, sondern allenfalls durch eingeschränkte Produktionskapazitäten und geopolitische Konflikte begrenzt verfügbar.

**Lithium:** Der Lithiumbedarf einer 4 Tonnen schweren Busbatterie entspricht etwa 80 Kilogramm. Die globalen Lithiumreserven werden auf 14 Millionen Tonnen geschätzt.

**Kobalt:** Kobalt wird für die Kathoden von Batterien verwendet. Die Gewinnung ist technisch aufwendig. Die globale Jahresproduktion an Kobalt liegt bei gerade mal 124 000 Tonnen. Allerdings werden die bekannten Reserven mit etwa 7 Millionen Tonnen nicht als geologisch knapp klassifiziert.

**Metalle der Seltenen Erden:** Entgegen ihrem historischen bedingten Namen sind die entsprechenden Metalle in der Erdkruste reichlich zu finden. Weil sie jedoch in unterschiedlichsten Mineralien als jeweils niedrigkonzentrierte Beimischungen vorkommen, ist deren Gewinnung aufwendig.

### Ist die Rohstoffgewinnung für die Produktion von Batterien umweltschädlich oder sozial-gesellschaftlich problematisch?

Die Rohstoffgewinnung und die Produktion der Batterie machen mit etwa 20 Prozent einen grossen Teil der Gesamtumweltbelastung eines Batteriebusses aus. Hierbei stammen die grössten Umweltauswirkungen aus der Gewinnung und Trocknung von Lithium und aus dem Strombedarf für den Zusammenbau der Batterie. Die Gesamtumweltbelastung über die Lebensdauer eines Batteriebusses entspricht schon heute nur knapp 40 Prozent derer eines Dieselbusses.

Aus einer sozial-gesellschaftlicher Sicht problematisch ist vor allem die Gewinnung von Kobalt. Die politisch instabile Demokratische Republik Kongo kontrolliert die Hälfte des Weltmarkts. Ein Drittel des kongolesischen Kobalts hat leider eine besonders fragwürdige Herkunft: Es stammt aus inoffizieller Förderung, bei der Arbeiter in primitiven Kleinstminen ihr Leben riskieren. Eine branchenübergreifende Initiative will die Arbeitsbedingungen dieser Arbeiter verbessern. Wegen des hohen Preises versuchen Batteriehersteller zudem, den Kobalt-Anteil in der Kathode stetig zu verringern. Kobalt-freie Batterien werden für Mitte dieses Jahrzehnts erwartet.

### Können Batterien recycelt werden?

Die meisten Lithium-Ionen-Batterien werden heute in Öfen verbrannt und anschliessend gemahlen. Dabei schmelzen die dünnen Kupferfolien der Batterien und bilden mit Kobalt und Nickel eine Legierung, die sich wiederverwerten lässt. Lithium, Grafit, Aluminium und der flüssige Elektrolyt verbrennen jedoch und landen in einer Schlacke. Bei der «kalten» Methode werden die Batterien geschreddert und anschliessend in einem mit Stickstoff gefluteten Raum zu einem Pulver zermahlen. Die im Pulver enthaltenen Stoffe lassen sich zu 96 Prozent wiederverwerten.



**PostAuto**  
Die gelbe Klasse.