



Solar-Carport; EV-Emissionsberechnungen von Franz Baumgartner.

Das Elektroauto ökologisch machen

Die Rolle der Infrastruktur | Vorzugsweise kleine, leichte Stadtautos, die direkt mit Strom aus erneuerbaren Quellen geladen werden, könnten helfen, die ökologischen Nachhaltigkeitsziele schneller zu erreichen. Gleichzeitig muss der elektrische öffentliche Verkehr mit Zug, Tram und Bus weitere Anteile gewinnen. Steigt nur die Anzahl der elektrifizierten SUVs, bringt die Elektromobilität wenig.

FRANZ BAUMGARTNER

Vor einem Jahrhundert waren weltweit etwa gleich viele Verbrennungsaufos unterwegs wie heute Elektroautos. Damals war nicht ersichtlich, mit welchem Nutzen und welchen Problemen die Gesellschaft später durch die Nutzung fossiler Treibstoffe konfrontiert werden würde. Heute ist wieder Zeit für eine Veränderung – bezüglich Antriebstechnologie und der entsprechenden Infrastruktur.

In fünf Jahren soll ein Viertel der zu verkaufenden Autos elektrisch sein, in 20 Jahren soll die ganze neue Flotte im Betrieb CO₂-frei sein. So die Kommunikation der deutschen Autokonzerne von Daimler bis VW. Aber setzt dies der erfolglosen Ökologisierung des Verkehrs der letzten Jahrzehnte wirklich etwas entgegen? Die Schweiz erreicht die meisten der vor zwei Jahrzehnten gesetzten CO₂-Einsparziele. Im Sektor Gebäude wurde ein Viertel eingespart, bei der Industrie ein Fünftel – aber im

Verkehr verfehlt die Schweiz die Ziele völlig, denn die absolute Emissionsmenge blieb in diesem Sektor unverändert. Mit einem Anteil von einem Drittel ist der Verkehr der grösste Sektor der Treibhausgas-Emissionen.

Die Diskussion rund ums Elektroauto blendet oft aus, woher der Strom zum Laden kommt. Dabei ist dies für die strategischen Überlegungen, sowohl ökologisch wie wirtschaftlich, entscheidend. Aber auch die Batteriegrosse ist zentral. Eine grosse Reichweite ist ein ökologischer Killer, wenn das Auto täglich nur kürzere Strecken fährt. Konkrete Zahlenwerte illustrieren diese Überlegungen in den folgenden zwei Beispielen.

Rechenbeispiel Batterie

Eine bekannte Ikone der Elektromobilität mit Reichweiten von über 500 km hat eine Batteriekapazität von 90 kWh. Mit aktuell rund 100 g CO₂-Emission

für die Produktion einer kWh des Batteriemoduls [1] sind bei diesem grossen Elektro-PW 9 t CO₂ angefallen, bevor er sich überhaupt bewegt hat. Werden damit über zehn Jahre jährlich nur 10 000 km gefahren, ergeben sich 90 g CO₂ pro km, wenn man nur die reine Batterieherstellung berücksichtigt. Dieser Emissionswert entspricht aber der Zielvorgabe für Verbrennungsmotoren des BFE für 2020.

Fazit ist, dass kurze Fahrstrecken kleine Batteriespeicher benötigen. Richtwert: 10 000 km jährlich und 30 kWh Speicher ergibt für die Batterie etwa 30 g CO₂/km Emission bei zehn Betriebsjahren.[2] Diese Lösung ist deutlich ökologischer als die Verbrennerziele 2020, sofern mit Ökostrom und ohne Zwischenspeicher getankt wird.

Rechenbeispiel Ladestrom

Im Mittel liegt der Verbrauch von Elektrofahrzeugen mit einem Gewicht von

1,5 t bei 150 Wh pro km, was etwa 1,5 l Benzin pro 100 km entspricht. Entsprechend niedrig sind auch die Stromkosten. Schwere Elektroautos brauchen bis zu 250 Wh/km, wenn die Verluste beim Schnelllader berücksichtigt werden und unter 100 Wh/km, wenn das Elektroauto weniger als eine Tonne wiegt.

Im europäischen Kraftwerkmix fallen pro erzeugter kWh 466 g CO₂ an, in der Schweiz nur 182 g CO₂. [3] Somit belastet der Ladestrom aus dem europäischen Netz beim durchschnittlichen Elektroauto die Umwelt mit 70 g CO₂ pro gefahrenem Kilometer. Mit dem Schweizer Kraftwerkmix sind es 27 g CO₂, mit Solarstrom geladen weniger als 15 g CO₂ pro km. [2]

Das schwere Elektroauto mit 90 kWh Batterien und 200 Wh/km Verbrauch, mit dem europäischem Strommix geladen, kommt mit 20 000 km Jahresfahrleistung und Emission der Batterieherstellung auf 138 g CO₂/km. Die Emissionswerte sind somit nicht günstiger als der Durchschnitt von 134 g CO₂/km für Neuwagen 2018 in der Schweiz. [4] Geladen mit Solarstrom landet das schwere Elektroauto aber total bei nur rund 60 g CO₂/km, also unter der Hälfte der neuen Verbrenner.

Diese Analyse macht klar, wie wichtig die Verfügbarkeit von sauberem Ladestrom ist. Der solare Carport erfüllt diese ökologische Forderung optimal, denn mit ihm sind 2 kW PV-Leistung über einem 5 m mal 2,5 m grossen Stellplatz möglich. Der Solarstrom, der direkt zum Laden eingesetzt wird, kann so im Jahresmittel eine solare Reichweite von täglich bis zu etwa 30 km ermöglichen. PV-Carports werden verstärkt für den Markt entwickelt werden, da sie ökologisch die meisten Vorteile bringen. Können bei ansprechenden Designlösungen entsprechende Stück-

zahlen erreicht werden, lässt sich eine Marktdurchdringung bei Arbeitgebern, Supermärkten oder öffentlichen Parkplätzen problemlos erreichen.

Das Konzept, sein Elektroauto zu Hause über Nacht zu laden, über die am Tag geerntete Solarenergie der eigenen PV-Anlage, klingt vielversprechend für einen hohen Autonomiegrad. Aber wenn man den CO₂-Rucksack der 10-kWh-Lithiumbatterie im Keller berücksichtigt, so sind es pro km rund 10 g CO₂-Emission für die Herstellung der Kellerbatterie, die noch dazukommen. Das ist also verkräftbar. Und vielleicht setzen sich im Gebäude statt Lithium andere Batterietechnologien durch, da ja das Gewicht kaum eine Rolle spielt. Heute sind aber die Kosten für die Batterie im Keller noch hoch. Zudem funktioniert dieses Konzept in den Wintermonaten nicht zufriedenstellend. Sobald aber der Ölpreis wieder steigt, wird viel möglich werden.

Da das Auto rund 23 h am Tag steht, könnte es in dieser Zeit am Netz mit geringer Leistung geladen werden. Mit der Begrenzung der Ladeleistung auf rund 5 kW könnte über die Arbeitszeit dem Batteriespeicher genug Energie zugeführt werden, um die typische tägliche Fahrstrecke von etwa 30 km zu ermöglichen. Dies würde zudem die Stromnetze am Parkplatz des Arbeitgebers oder des Supermarktes entlasten. Öffentliche Parkplatzbewirtschafter könnten sich mit dem «slow charger» die Strommessung ersparen und den stündlichen Franken Stromkosten auf die Platzmiete pauschal anrechnen, mit einem Zusatz des Investitionskostenanteils der Ladestation.

Träumen wir aber von synthetischen Kraftstoffen, so reichen die 20% der heutigen Stromerzeugung für den Ladestrom aller Autos nicht aus. Aufgrund der Wirkungskette für die

Produktion von grünem Sprit über Wasserstoff würde dann etwa die gesamte Stromerzeugung von heute nur fürs Auto gebraucht werden. Obwohl wir vielleicht die nötigen Finanzmittel dafür hätten, fehlen in der Schweiz die erforderlichen Flächen. [5]

Referenzen

- [1] Li 100 kg CO₂ pro kWh aus Han Hao et al., Sustainability 2017, 9, 504.
- [2] H. Neumann, F. Baumgartner, D. Schär, Prog. of PV, EUPVSEC, September 2011.
- [3] Quelle Strommix/CO₂-Äquivalente: Umweltbilanz Strommix Schweiz Treeze im Auftrag BAFU, 2016; Verbrauchermix: 181,5 g CO₂-eq/kWh, ENTSO-E: 466 g CO₂-eq/kWh; PV-Anlage Schweiz: 80,5 g CO₂-eq/kWh; siehe auch Faktenblatt PV, www.swissolar.ch.
- [4] Neuwagen 134 g CO₂/km in 2018 und Zielwert 2020 unter 100 g CO₂/km, 2010 aber bei 160 g CO₂/km; www.bafu.admin.ch.
- [5] Bei gleichem Investment und einem Rohölpreis von 60 \$ pro Barrel steht zum Laden von Elektroautos mindestens die dreifache Energiemenge zur Verfügung, wenn sie mit Solarstrom und Windstrom geladen werden. Mark Levis, «Wells, Wires, and Wheels ...», Bank BNP Paribas, August 2019.

Autor

Prof. Dr. Franz Baumgartner ist Leiter der Fachgruppe Photovoltaik-Systeme im Institut für Energie und Fluid Engineering.

→ ZHAW, 8400 Winterthur
→ franz.baumgartner@zhaw.ch
→ www.zhaw.ch/=bauf

Event

Energiezukunft – 13. Mai 2020

Die Veranstaltung wirft einen Blick auf die Herausforderungen, die gemeistert werden müssen, um die Mobilität durch die Senkung der Treibhausgasemissionen ökologischer zu machen. Im Fokus steht die Infrastruktur, die den Fahrzeugen Strom aus erneuerbaren Energiequellen zur Verfügung stellt. Anhand von realisierten Beispielen illustriert die Tagung die effiziente und CO₂-neutrale Elektromobilität.

www.electrosuisse.ch

RÉSUMÉ

Rendre la voiture électrique écologique

Le rôle de l'infrastructure

À l'aide de deux exemples – l'un issu du secteur automobile et l'autre prenant en compte l'origine du courant utilisé pour la recharge – cet article montre que, pour la mobilité individuelle, toutes les solutions électriques ne sont pas nécessairement plus écologiques que les véhicules à combustion. Si seul le nombre des SUV électrifiés augmente, la mobilité

électrique n'apporte pas grand-chose. Les petites voitures électriques légères chargées directement avec du courant photovoltaïque représentent la solution idéale pour atteindre aussi rapidement que possible les objectifs écologiques en matière de durabilité. Un carport solaire permet de répondre à ces exigences d'une manière pratique. **NO**