

3.6 FAZIT

Ich möchte vorab nochmals die wichtigsten Zahlen aufzeigen:

Die Schweiz stellt 0.11% der Weltbevölkerung dar. Sie bildet auch 0.52% des globalen Fahrzeugparks. Die Schweizerinnen und Schweizer legen pro Jahr ca. 71'042'286'000 Kilometer zurück, was 1'772'733.3 Erdumrundungen entspricht. Durch das Zurücklegen dieser Strecke erzeugen sie 12'250'068 Tonnen CO₂.

Würde man diese Strecke mit einem Tesla zurücklegen, würde man mit dem aktuellen Schweizer Strommix rund 83.5% CO₂ einsparen. Wenn wir den Strom aus der EU importieren müssen, sparen wir lediglich noch 32.4% CO₂. Wir benötigen dazu 13'143TWh elektrische Energie, das ist so viel Energie wie 2.02 Kernkraftwerke Gösgen produzieren, wenn sie während 330 Tagen im Jahr mit 80% Leistung am Netz sind.

Aus der Umfrage hat sich aber ergeben, dass die Fahrzeuglenker ihre Fahrzeuge mit überwiegender Mehrheit zwischen 20:00 Uhr und 06:00 Uhr⁵⁵ laden würden oder können. Mit anderen Worten: Wir brauchen die gesamte, benötigte Energiemenge innerhalb von ca. 10 Stunden. Wenn wir also nicht täglich irgendwo die Energiemenge von 1.17 KKW Gösgen, die während den übrigen 14 Stunden anfällt, einspeichern und während den folgenden 10 Stunden wieder ausspeichern können, dann müssen wir die Energie dann erzeugen, wenn sie gebraucht wird.

Wir bräuchten also während 10 Stunden die Leistung von 4.84 Kernkraftwerken Gösgen, um genügend Energie zu erzeugen. Natürlich wird noch einiges geschehen im Bereich erneuerbare Energien, insbesondere der Photovoltaik. Ob es schlussendlich reichen wird, hängt meiner Meinung nach davon ab, wie das Stromnetz gestaltet wird, d.h. ob wir ein Netz bekommen, das dem Vorhaben und dessen Zielen genügt.

**TABELLE 23 [EIGENE DARSTELLUNG] KKW
BEDARFSRECHNUNG IN BEZ. AUF ABBILDUNG
LADEZEITEN**

KKW Bedarfsrechnung			
Benötigte Energiemenge:			13143 GWh pro Jahr 36 GWh pro Tag
Erzeugte Energie:			8000 GWh pro 330 Tage im Jahr
Betrieb mit Leistung:	100%		24.2 GWh pro Tag
Betrieb mit Leistung:	80%		19.4 GWh pro Tag
Netzverluste:	6%		18.2 GWh pro Tag
Wirkungsgrad Ladestation	98%		17.9 GWh pro Tag
Bedarf bei gleichmässiger Ladung während	24 Stunden =	2.02 KKW Gösgen	
Bedarf bei gleichmässiger Ladung während	10 Stunden =	4.84 KKW Gösgen	

Die Zahl von 47% E-Mobilität entspricht in etwa der Vermutung, die ich hatte, als ich die Arbeit begann. Auch wenn ich der Meinung bin, dass ich mit dieser Arbeit die Grössenordnungen etwas greifbarer darstellen konnte, bleiben immer noch viele Fragen offen:

⁵⁵ Diagramm 36: Ladezeiträume Medianwerte

Batterien:

- Rohstoffgewinnung und damit einhergehende Umweltbelastungen wie:
 - CO₂-Emittierung
 - Umweltverschmutzung durch Lithium und Cobalt
 - Absenken der Grundwasserspiegel durch den hohen Wasserbedarf für die Lithiumgewinnung

«OBWOHL IM JAHR 2018 DAS MEISTE COBALT IN BATTERIEN IN EINEM MOBILEN GERÄT VERWENDET WURDE, SIND WIEDERAUFLADBARE BATTERIEN FÜR ELEKTROAUTOS EINE NEUERE ANWENDUNG FÜR COBALT. DIESE INDUSTRIE HAT IHRE NACHFRAGE NACH COBALT VERFÜNFACHT, WAS ES DRINGEND ERFORDERLICH MACHT, NEUE ROHSTOFFE IN STABILIEREN GEBIETEN DER WELT ZU FINDEN. DIE NACHFRAGE WIRD VORAUSSICHTLICH ANHALTEN ODER ZUNEHMEN, WENN DIE VERBREITUNG VON ELEKTROFAHRZEUGEN ZUNIMMT.»⁵⁶

«BLOOMBERG NEF PROGNOSTIZIERT, DASS SICH DIE WELTWEITE NACHFRAGE NACH LITHIUM BIS 2025 AUF RUND 800.000 TONNEN VERDOPPELN WIRD. ELEKTROFAHRZEUGBATTERIEN WERDEN DEN GRÖßTEN TEIL DIESER NACHFRAGE AUSMACHEN, GEFOLGT VON UNTERHALTUNGSELEKTRONIK UND ENERGIESPEICHERUNG.»⁵⁷

- Entsorgung und Recycling:
 - Eine möglichst hohe Rückgewinnungsquote, in einer Reinheit, die eine Wiederverwendung ermöglicht und das in der Menge der anfallenden Altbatterien
- Neue Herausforderungen für Schutz und Rettung, insbesondere bei Fahrzeugbränden:
 - Ausrüstung
 - Verhalten
 - Vorgehen

Das Verteilnetz:

- Nicht berücksichtigt wurde auch das Verteilnetz, sprich, ob das Verteilnetz und die Knotenpunkte diese Lasten tragen können oder nicht. Ausser Acht gelassen wurde dies, weil es erstens den Rahmen dieser Diplomarbeit gesprengt hätte und zweitens, weil eine anonyme Umfrage nicht mehr möglich gewesen wäre. Zur Aufschlüsselung hätte mindestens die Parzellennummer bekannt sein müssen.

⁵⁶ <https://institut-seltene-erden.de/seltene-erden-und-metalle/strategische-metalle-2/kobalt/#:~:text=Weitere%20120%20Millionen%20Tonnen%20Cobalt,und%20des%20Indischen%20Ozeans%20vermutet.&text=Der%20gr%C3%B6%C3%9Fte%20Teil%20von%20Cobalt,Kupferabbaus%20und%20der%20Schmelze%20gewonnen.>

⁵⁷ <https://institut-seltene-erden.de/lithium-das-schluesselmetall-der-zukunft/>

Lade-Infrastruktur:

- Fraglich ist, wie eine Lade-Infrastruktur aufgebaut und gestaltet sein könnte. In der Schweiz gab es 2019 3'362 Tankstellen⁵⁸, an denen bislang der Betankungsvorgang nur wenige Minuten dauerte. Die Verweilzeit wird sich, selbst an Superchargern, verzehnfachen:

«DIE 60-KWH-AKKUMULATOREN DER ERSTEN TESLA MODEL S KONNTEN AN 90-KW-SUPERCHARGERSTATIONEN DER ERSTEN GENERATION IN 20 MINUTEN ZUR HÄLFTE, IN 40 MINUTEN ZU 80 % UND IN 75 MINUTEN VOLLSTÄNDIG GELADEN WERDEN. DIE LEISTUNG DER LADESTATIONEN WURDE AB 2013 AUF 135 KW GESTEIGERT.»⁵⁹

Herstellung von Fahrzeugen:

- Weniger Teilebedarf bei Elektroautos
- Die Problematik von Indium:

«DAS BUNDESAMT FÜR UMWELT BEAUFTRAGTE 2012 DIE EMPA (EIDGENÖSSISCHE MATERIALPRÜFUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALT), DIE RÜCKGEWINNUNG VON KRITISCHEN METALLEN AUS ELEKTROSCHROTT EINZUSCHÄTZEN. FÜR DIESE STUDIE WURDEN AUS 20 KRITISCHEN – IN NAHER ZUKUNFT ZUR NEIGE GEHENDEN – STOFFEN MIT EINEM DIFFERENZIERTEN AUSWAHLVERFAHREN INDIUM UND NEODYM ALS BEISPIELE GEWÄHLT, UM DIE RÜCKGEWINNUNG AUS ELEKTROSCHROTT ZU UNTERSUCHEN.»⁶⁰

«EIN GROSSES PROBLEM IST DIE MASSEANFERTIGUNG VON MODERNEN ELEKTRONISCHEN PRODUKTEN WIE MOBILTELEFONEN. EIN SOLCHES GERÄT IST EINE MISCHUNG AUS 40 – 50 VERSCHIEDENEN STOFFEN, ZUMEIST IN SEHR GERINGEN KONZENTRATIONEN. LANGE HIELT MAN EIN RECYCLING FÜR ZU WENIG PROFITABEL. LEDIGLICH JAPAN HAT DAFÜR EIN UMFASSENDES RECYCLINGPROGRAMM.»⁶¹

Wie man sieht, bleiben am Ende viele Fragen offen, die nicht weniger Beachtung verdienen. Meiner Meinung nach ist dieses Thema noch lange nicht zu Ende diskutiert. Zumindest nicht auf technischer Ebene, denn eine Kette ist nur so stark wie ihr schwächstes Glied. Andererseits reden wir bei fossilen Rohstoffen auch von endlichen Rohstoffen, die irgendwann zu Ende sein werden. Es reicht auch, wenn sie so knapp sind, sodass sie nicht mehr erschwinglich sind. Ob bis zu diesem Zeitpunkt für alle Probleme eine Lösung gefunden wurde, die E-Mobilität CO₂-neutral mit Wind und Sonnenenergie unterwegs ist, und die Kernkraftwerke abgeschaltet sind, möchte ich an dieser Stelle offenlassen.

⁵⁸ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/73833/umfrage/gesamtzahl-der-tankstellen-in-der-schweiz/#:~:text=In%20der%20Schweiz%20gab%20es,eine%20verh%C3%A4ltnism%C3%A4%C3%9Ffig%20kleine%20Reduktion%20dar.>

⁵⁹ https://de.wikipedia.org/wiki/Tesla_Supercharger#:~:text=Die%2060%2DkWh%2DAkkumulatoren%20der,2013%20auf%20135%20kW%20gesteigert.

⁶⁰ <https://www.umweltnetz-schweiz.ch/themen/konsum/3180-dringend-gesucht-ersatz-fuer-indium.html>

⁶¹ <https://www.umweltnetz-schweiz.ch/themen/konsum/3180-dringend-gesucht-ersatz-fuer-indium.html>