

Vergleich von E-Auto und Verbrenner anhand realer Daten

von Dipl.-Ing.(FH) Gerhard Schöttke, 12.01.2023

1. Einleitung

Die meisten Vergleiche zwischen E-Fahrzeugen und Verbrennern beruhen auf theoretischen Werten, die zumeist auf Prüfständen unter idealen Bedingungen ermittelt wurden. Die so ermittelten Verbrauchswerte weichen teilweise um hohe zweistellige %-Werte von den Realbedingungen ab. Deshalb soll hier anhand einer real gefahrenen Urlaubsreise ein Vergleich eines Autos mit Verbrennungsmotor und einem fiktiven Elektroauto vorgenommen werden. Es werden Zeitbedarf, Kosten, Verbrauch und Emissionen betrachtet.

Fahrzeugdaten Verbrenner:

Skoda Fabia, Leistung: 44 kW, Hubraum: 1198 ccm, EZ 2008, Neupreis (heute): ca. 15000 €

Fahrzeugdaten E-Auto:

Reichweite 300 km, Ladedauer 3 h, Verbrauch 20 kWh/100km, Neupreis: ca. 50000 €

Die Fahrzeugdaten des E-Autos sind theoretische Werte, da die vorliegende Urlaubsfahrt mit einem in Leistung und Fahrzeugklasse vergleichbaren derzeitigen E-Auto sinnvollerweise nicht durchführbar wäre. Die Reichweiten und Ladedauern [1] solcher Fahrzeuge, z.B. Fiat500e (Reichweite: 180 km, Ladedauer: 2.5 h Ladestation, 8 h Steckdose), Mini Cooper E (Reichweite: 230 km, Ladedauer: 2.5 h Ladestation, 11 h Steckdose) lassen derartige Fahrten in einem akzeptablen Zeitrahmen nicht zu. Um die Fahrt genau so nachzufahren, wie mit dem Verbrenner, bedürfte es eines E-Fahrzeugs der absoluten Oberklasse, da die Reichweiten zwischen zwei Zielorten nur von sehr wenigen E-Autos, und diese auch nur im Idealfall, erreicht würden. Bei den vorliegenden Wetterbedingungen, mit Regen auf der Strecke nach Dresden und starkem Wind zwischen Usedom und Dänemark, wäre vermutlich keines der derzeitigen Elektrofahrzeuge in der Lage, die einzelnen Streckenabschnitte am Stück zu fahren, die Rückreise sowieso nicht.

2. Reiseroute

Die Reiseziele waren Dresden, Insel Usedom, Blåvand in Dänemark und zurück nach Uhingen. Die einzelnen Streckenabschnitte waren daher (ideal, nach Google maps):

| | |
|-------------------------|---------|
| Uhingen - Dresden: | 490 km |
| Dresden - Trassenheide: | 450 km |
| Trassenheide - Blåvand: | 580 km |
| Blåvand - Uhingen: | 1020 km |

Die Urlaubsreise wurde zum Jahreswechsel 2022 / 2023 mit einem Skoda Fabia mit Kraftstoff E10 unternommen. Sie führte von Uhingen in Baden Württemberg über Dresden zur Insel Usedom. Nach einem 5-tägigen Aufenthalt und Kurzstreckenbetrieb führte die Reise weiter nach Blåvand in Dänemark. Nach einem weiteren 9-tägigen Aufenthalt führte die Route zurück nach Uhingen. Die Gesamtstrecke dieser Reise betrug 2860 km, die genauen Daten der Tankstopps können Tabelle 1 entnommen werden. Während der kompletten Reise wurde nie schneller als 130 km/h Richtgeschwindigkeit gefahren.

| Ort | Tanken bei km | Menge l | Preis € | Kosten €/l | Verbrauch l/100km | CO ₂ kg | CO ₂ g/km |
|------------|------------------|------------|------------|---------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Dresden | 516 | 33,67 | 55,86 | 1,659 | 6,53 | 79,80 | 154,6 |
| Swinemünde | 1085 | 35,63 | 52,34 | 1,469 | 6,26 | 84,44 | 148,4 |
| Pattburg | 1537 | 36,59 | 69,01 | 1,886 | 8,10 | 86,72 | 191,9 |
| Billum | 1833 | 23,02 | 42,47 | 1,845 | 7,78 | 54,56 | 184,3 |
| Rhüden | 2371 | 36,87 | 63,01 | 1,709 | 6,85 | 87,38 | 162,4 |
| Uhingen | 2860 | 34,67 | 56,13 | 1,619 | 7,09 | 82,17 | 168,0 |
| Gesamt | 2860 | 200,45 | 338,82 | 1,690 | 7,01 | 475,07 | 166,1 |

Tabelle 1: Reiseroute und Tankstopps

Die CO₂-Emissionen der Streckenabschnitte wurden mit einem Wert von 2.37 kg/l berechnet [2].

Der größte durchschnittliche Verbrauch zwischen zwei Betankungen war mit 8.1 l/100km auf der Strecke zwischen der Insel Usedom und Dänemark und mit 7.8 l/100km während des Aufenthalts in Dänemark zu verzeichnen. Dies liegt zum einen am hohen Kurzstreckenanteil während dieser Phasen und an einem sehr starken Gegenwind bei der Fahrt auf der A20 von Ost nach West. Man konnte bereits während der Fahrt anhand der schnelleren Abnahme der Tankfüllanzeige den erhöhten Verbrauch erkennen. Durchschnittlich konnte die Reise mit 7 Litern E10 auf 100 km bestritten werden (Herstellerangabe: 5.7 l/100km).

Nachfolgend werden die einzelnen Streckenabschnitte beschrieben und parallel eine Simulation der Reise mit einem Elektrofahrzeug durchgeführt, unter der idealen Annahme, daß immer eine Ladestation zur Verfügung steht und nicht an der Steckdose geladen werden muß, denn dies wäre das k.o.-Kriterium. Des Weiteren wird zu Gunsten des E-Fahrzeugs angenommen, daß sich die Ladezeit linear zu der zu fahrenden Strecke verhält.

3. Zeitbedarf

Erster Streckenabschnitt

Skoda: Die Fahrt beginnt am Mittwoch den 21.12.2022 um 8:30 Uhr in Uhingen. Sie führt über Schorn-dorf und die B29 nach Aalen auf die A7. Weiter auf der A6 Richtung Nürnberg, dort ein kleiner Umweg durch Stauumfahrung, und die A9, A72 und A4 nach Dresden. Ankunft dort nach 513 km gegen 15:30 Uhr mit anschließendem Besuch der dortigen Weihnachtsmärkte.

E-Auto: Start ebenfalls um 8:30 Uhr. Mit einer Batterieladung erreichen wir den Ort Münchberg an der A9, etwa um 13:00 Uhr. Dortiger Aufenthalt zum Laden der Batterie bis 15:00, dann Weiterfahrt nach Dresden, Ankunft 17:30 Uhr. Den checkin in unser Hotel hätten wir gerade noch geschafft, einen kleinen Happen auf dem Weihnachtsmarkt reicht es noch.

Zweiter Streckenabschnitt

Skoda: Donnerstag 22.12.2022 um 10:20 Uhr tanken an der HEM Tankstelle in Dresden bei Kilometer 516. Über die A13, die Umfahrung Berlin auf der A10, weiter auf A11 und A20 bis zur Ausfahrt Gützkow. Ab dort Überlandfahrt auf der B111 bis nach Trassenheide auf Usedom. Ankunft gegen 15:30 Uhr.

E-Auto: Idealerweise ließ sich das Fahrzeug über Nacht wieder aufladen, so daß wieder 300 km Fahrstrecke zur Verfügung stehen. Dies bringt uns bis Prenzlau an der A20 wo wieder eine Aufladung fällig ist. Es

fehlen noch ca. 150 km was in etwa einer Ladezeit von 1.5 h entspricht. Ankunft im Hotel also gegen 17 Uhr.

Dritter Streckenabschnitt

Skoda: Tanken am 26.12.2022 in Swinemünde auf Usedom und Fahrt bei Kilometer 1125 am 27.12.2023 gegen 9:00 Uhr über die A20 und A21 nach Bad Segeberg. Von dort zunächst Überlandfahrt auf der B205 nach Neumünster und anschließend auf die A7. Erneutes Tanken kurz nach der Grenze zu Dänemark um 14:16 Uhr, deutlich erhöhter Verbrauch durch starken Gegenwind bei der Fahrt auf der A20. Weiter auf der E45 nach Kolding, dort auf E20 Richtung Esbjerg und weiter nach Blåvand, Ankunft gegen 16.30 Uhr. Dort 9 Tage Aufenthalt mit Kurzstreckenfahrten.

E-Auto: Für den Kurzstreckenbetrieb vor Ort wird immer nachgeladen, so daß bei Fahrtantritt eine volle Batterie zur Verfügung steht. Die Ladung reicht deshalb bis Neumünster, wobei die Reichweite für diesen Streckenabschnitt bis auf das Äußerste ausgereizt werden muß, da bei 580 km Strecke nicht viel Reserve bleibt. 3 h Ladezeit müssen hier also einkalkuliert werden, wodurch die Ankunft um 19:30 Uhr zu erwarten ist. Hier nun hätten wir die Öffnungszeiten der Rezeption (bis 18 Uhr) weit gerissen. Um rechtzeitig anzukommen wäre eine Abfahrt am Morgen um 7:30 Uhr notwendig gewesen - in dem Fall, ohne Frühstück.

Vierter Streckenabschnitt

Skoda: Rückfahrt am 05.01.2023 gegen 8:20 Uhr. Tanken bei Kilometer 1833 in Billum Sogn. Über die A7 zurück Richtung Süden. Zwischenstopp in Rhüden zum erneuten tanken um 14:36 Uhr. Ankunft in Uthingen gegen 19:30 Uhr. Wegen eines kurzfristig anberaumten Termins am 06.01.2023 mußte diese Strecke leider am Stück gefahren werden. Unter normalen Umständen wären wir diese erst am nächsten Tag und auf 2 Etappen gefahren.

E-Auto: Diese Strecke zeigt schon, daß hierfür 3 Ladestopps nötig sein werden. 2 dieser Stopps für eine volle Ladung und einer noch von mindestens 1 h. In Summe bedeutet dies 7 h Ladezeit für die Bewältigung dieser Strecke, was mit der Fahrzeit von 11 h eine Reisezeit von 18 h bedeutet. Dies ist nicht am Stück möglich. Daher hätte die Abreise spätestens am 04.01.2023 stattfinden müssen, mit Verlust eines weiteren Urlaubstages.

4. Verbrauch und Kosten

Mit der Betrachtung der Kosten soll aufgezeigt werden, wie viel diese Urlaubsreise einen Verbraucher, der das eine oder andere Fahrzeug nutzt, direkt kostet. Betrachtungen wie Versicherung, Steuern, Reparaturkosten usw. sollen hier außen vor bleiben, da diese in jedem Fall bezahlt werden müssen, ob man fährt, oder nicht. Dies auf einzelne Strecken umzulegen ist daher schwierig. Die Finanzämter legen für die Abschreibung von Fahrzeugen 6 Jahre fest. Dies ist für die Betrachtung von Kosten einer Privatfahrt natürlich unsinnig. Die Angaben bezüglich des Zeitpunktes der Verschrottung unterscheiden sich stark. Während [3] eine Nutzungsdauer von 12 bis 14 Jahren angibt liegt die durchschnittliche Nutzungsdauer von PKW in Deutschland laut [4] bei 18 Jahren.

Die durchschnittliche jährliche Fahrleistung beträgt laut [5] 11230 km, hierfür wurden keine deutlich un-

terschiedlichen Angaben gefunden. Die Anschaffungskosten der Fahrzeuge werden daher auf 180000 km Laufleistung gerechnet.

Die direkten Fahrzeugkosten für diese Urlaubsreise sind für den Skoda schnell ermittelt: Alle Tankrechnungen zusammen betragen 338.82 €. Die Anschaffungskosten des Fahrzeugs von 15000 € geteilt durch die Laufleistung betragen für den Skoda 8.33 Cent/km (das reale Fahrzeug wäre mit seiner EZ von 2008 wohl deutlich billiger), was für 2860 km einen Betrag von 238.33 € ausmacht. Die Gesamtkosten der Reise betragen also 577.15 €.

Beim E-Auto müssen gewisse Abschätzungen und Annahmen getroffen werden. Der Verbrauch ist beispielsweise im Falle des E-Fahrzeugs ein Schätzwert, da für die gefahrene Strecke keine konkreten Werte vorliegen. Die meisten heute zugänglichen Verbrauchswerte sind auf Prüfständen ermittelt. Eine Untersuchung des ADAC [6] hat hierfür aber Anhaltspunkte geliefert. Das sparsamste Auto liegt demnach bei 16,7 kWh/100km und das schlechteste bei 30.9 kWh/100km, weswegen der durchschnittliche Verbrauch für das Modellfahrzeug auf 0.21 kWh/km (unteres Mittelfeld) festgelegt wird. Damit ergibt sich für die Strecke von 2860 km ein Verbrauch von 600.6 kWh. Auch die Stromkosten schwanken derzeit sehr stark und liegen regional durchaus weit auseinander. Nach ADAC-Angaben liegen sie derzeit zwischen 0.38 und 0.42 €/kWh. Wir rechnen daher mit 40 Cent/kWh, was dann 240.24 € Stromkosten für die Reise bedeutet. Die Anschaffungskosten des E-Fahrzeugs liegen pro km bei 27.78 Cent, hier also ein Betrag von 794.44 € und in Summe für die gesamte Reise 1034.68 €.

5. Emissionen

Beim Vergleich der Emissionen fällt der Vergleich nochmals schwerer, da diese extrem davon abhängen, mit welchem Energiemix der verbrauchte Strom erzeugt wurde. Der Strommix für 2021 kann Tabelle 2 entnommen werden (neuere Daten liegen derzeit noch nicht vor):

| Energieträger | Energiemenge TWh | Anteil % | CO ₂ g/kWh | Strommixanteil g/kWh |
|---------------|---------------------|-------------|--------------------------|-------------------------|
| Braunkohle | 108 | 19,49 | 1150 | 224,19 |
| Kernenergie | 69 | 12,45 | 12 | 1,49 |
| Steinkohle | 54 | 9,75 | 798 | 77,78 |
| Erdgas | 89 | 16,06 | 633 | 101,69 |
| Solar | 49 | 8,84 | 45 | 3,98 |
| Wind | 115 | 20,76 | 15 | 3,11 |
| Wasserkraft | 20 | 3,61 | 24 | 0,87 |
| Biomasse | 50 | 9,03 | 230 | 20,76 |
| Gesamt | 554 | 100 | | 434 |

Tabelle 2: Energiemix 2021

Hierzu folgende Anmerkungen: Die grundsätzlichen Daten stammen von [7]. Die dort zusätzlich angegebenen Energieträger Erdölprodukte und Sonstige wurden aufgrund ihres geringen Beitrags vernachlässigt. Die „Erneuerbaren“ wurden dafür noch etwas detaillierter aufgeschlüsselt und zwar mit Daten aus [8]. Die spezifischen CO₂-Emissionen können in [9] nachgelesen werden. Sie basieren auf Angaben des Weltklimarates. Dort ist Erdgas aufgeschlüsselt in Produktion mit Gasturbinen und Dampfturbinen, weswegen hier der Mittelwert verwendet wird. Für Solarenergie und Windenergie werden dort deutlich höhere Werte angegeben, die darauf basieren, daß diese mit backup betrieben werden müssen, wenn Sonne und Wind keine Energie liefern. Dies ist für den Energiemix aber unerheblich, da die höheren Werte bereits in den anderen Energieformen enthalten sind. Für den Strommix für 2021 ergibt sich also ein Wert von 434 gCO₂/kWh. Für unser Modellfahrzeug bedeutet dies eine CO₂-Emission für die Reise von 260.7 kg.

Dazu kommt noch die Emission die für die Produktion des Fahrzeugs anfällt. Die Angaben hierzu sind ebenfalls extrem unterschiedlich. Aus einer schwedischen Studie sind die allseits zitierten 17 Tonnen CO₂ für eine Tesla-Batterie bekannt, [10] hat diesen Wert auf 13 Tonnen korrigiert. Das Schweizer Portal carbon-correct [11] gibt Werte für vollelektrische Kleinwagen von 11 Tonnen und für SUVs von bis zu 25 Tonnen an. Verbrenner verursachen demnach bis zu 4 Tonnen. Wie bereits weiter oben erwähnt ist die vorliegende Urlaubsreise mit einem vergleichbaren E-Kleinwagen aus Reichweitengründen nicht machbar, daher wird hier ein Wert von 16 Tonnen für das Modellfahrzeug festgelegt. Für unseren Skoda setzen wir aufgrund des fortgeschrittenen Alters 3 Tonnen an.

Für unser Modellauto ergibt sich also eine Emission aus der Produktion des Fahrzeugs von 88.9 g/km und für den Skoda von 16.7 g/km. In Summe emittiert das E-Auto also 514.9 kg während unser Skoda mit 522.7 kg zu Buche schlägt. Legt man für das E-Auto 15 Tonnen für die Produktion zu Grunde so kommt man auf 499 kg, was einer Einsparung von 4.5% entspricht.

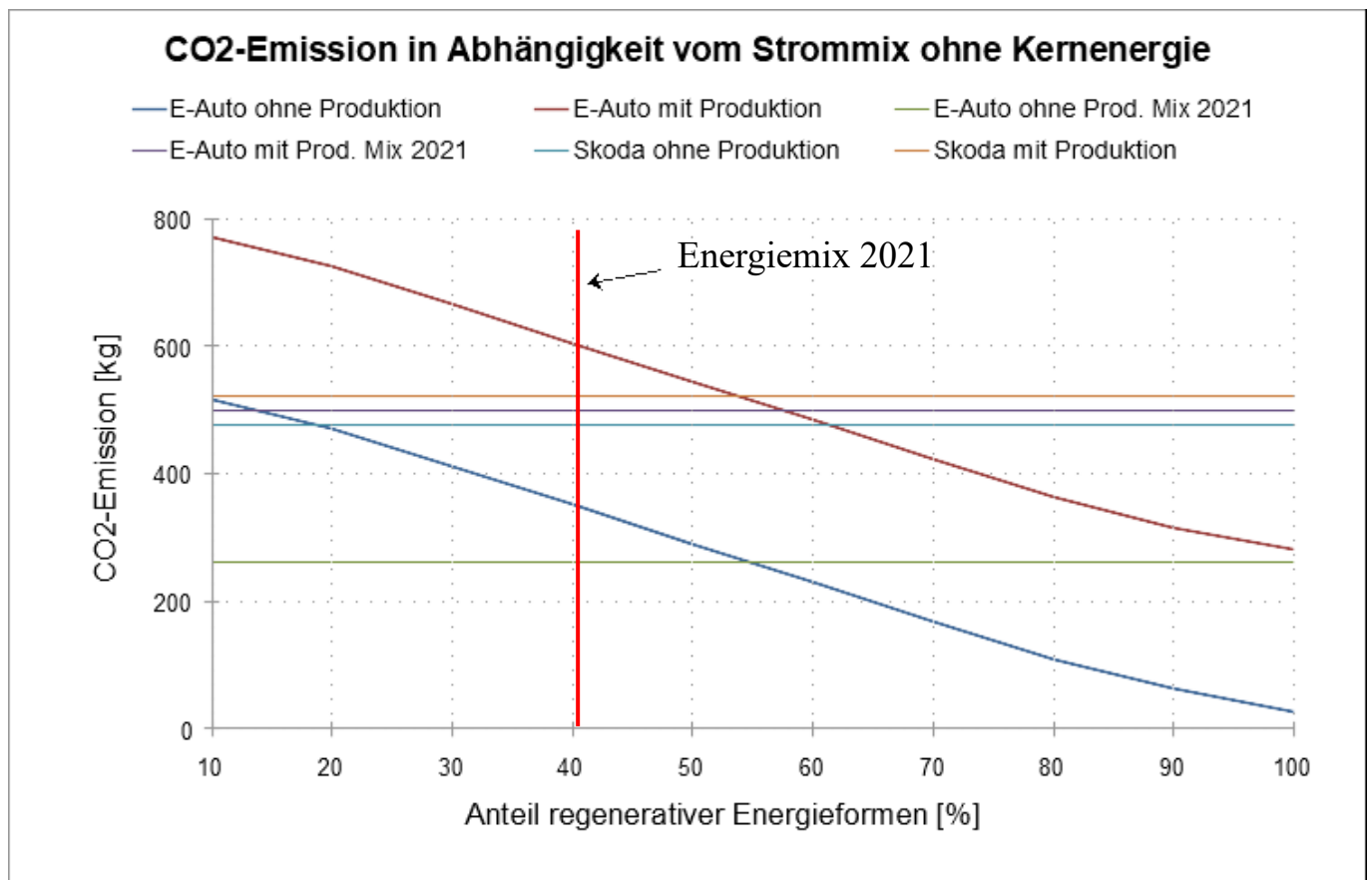
Abschließend sollen hier noch verschiedene Szenarien dargestellt werden, wie sich die Emissionen mit dem Energiemix verändern. Hierzu werden die derzeitigen politischen Entscheidungen berücksichtigt: Das Ende der Kernenergie und deren Ersatz durch Kohle.

| Energiemix | Braunkohle | Steinkohle | Erdgas | Wind | Solar | Biomasse | Wasser | CO ₂ |
|-----------------|------------|------------|--------|------|-------|----------|--------|-----------------|
| CO ₂ | 1150 | 798 | 633 | 15 | 45 | 230 | 24 | g/kWh |
| 10 | 47,7 | 23,8 | 16,0 | 0,0 | 0,0 | 9,0 | 3,5 | 861,2 |
| 20 | 42,7 | 21,3 | 16,0 | 5,3 | 2,2 | 9,0 | 3,5 | 785,5 |
| 30 | 36,0 | 18,0 | 16,0 | 12,3 | 5,2 | 9,0 | 3,5 | 684,7 |
| 40 | 29,3 | 14,7 | 16,0 | 19,3 | 8,2 | 9,0 | 3,5 | 583,8 |
| 50 | 22,7 | 11,3 | 16,0 | 26,3 | 11,2 | 9,0 | 3,5 | 482,9 |
| 60 | 16,0 | 8,0 | 16,0 | 33,3 | 14,2 | 9,0 | 3,5 | 382,0 |
| 70 | 9,3 | 4,7 | 16,0 | 40,3 | 17,2 | 9,0 | 3,5 | 281,2 |
| 80 | 2,7 | 1,3 | 16,0 | 47,4 | 20,1 | 9,0 | 3,5 | 180,3 |
| 90 | 0,0 | 0,0 | 10,0 | 54,4 | 23,1 | 9,0 | 3,5 | 103,4 |
| 100 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 61,4 | 26,1 | 9,0 | 3,5 | 42,5 |

Tabelle 3: Entwicklung der spezifischen CO₂-Emission über dem Energiemix (Anteile in %)

Tabelle 3 zeigt, wie sich die spezifischen CO₂-Emissionen über dem Energiemix (Anteil der regenerativen Energiequellen) entwickeln würden. Dabei sind folgende Annahmen getroffen: Der Anteil von Erdgas, Biomasse und Wasser bleibt konstant auf dem derzeitigen Wert. Das Verhältnis zwischen Windenergie und Solarenergie bleibt konstant auf dem derzeitigen Wert von 2.35. Das Verhältnis von Braunkohle zu Steinkohle bleibt konstant auf dem derzeitigen Wert von 2. Die Kernenergie wurde durch Kohle ersetzt.

Die folgende Graphik zeigt die CO₂-Emission unseres Modellfahrzeugs über dem Energiemix ohne Kernkraft:



Hierbei ist unberücksichtigt, daß sich die Emissionen, die aus der Produktion resultieren, mit zunehmendem Anteil der Regenerativen ebenfalls verkleinern werden, da hierüber keinerlei Informationen greifbar sind. Wie man sieht, würde durch unser Modellauto auf der vorliegenden Reise bei 100% regenerativen Energien aber mindestens ca. 280 kg CO₂ emittiert. Der Hauptanteil stammt dabei aus der Produktion. Man kann annehmen, daß durch oben genannte Effekte eine Verringerung zu erwarten ist, unter 150 kg zu kommen, dürfte aber kaum möglich sein.

Anhand der 40%-Linie erkennt man weiter, daß durch den Ersatz der Kernenergie durch Kohle eine Steigerung der CO₂-Emission unseres Modellautos von 500 kg auf etwas über 600 kg zu erwarten ist. Um diese Steigerung zu kompensieren muß man den Energiemix von derzeit 40% auf ca. 57% steigern, damit wieder die gleiche CO₂-Emission wie im Mix 2021 erreicht wird. Des Weiteren ist das E-Auto ohne Kernenergie deutlich schlechter als der Verbrenner, wogegen im Mix 2021, je nach getroffenen Annahmen, beide in etwa gleich abschneiden, oder mit leichtem Vorteil beim E-Fahrzeug. Es sind ca. 53% im Energiemix erforderlich damit Verbrenner und E-Auto wieder gleiche Emissionen haben werden.

6. Zusammenfassung

Fazit Thema „Zeitbedarf“: E-Auto fahren bedeutet nicht nur den Austausch eines Antriebsaggregates sondern eine Veränderung der Lebensgewohnheiten. Aufgrund des Ladebedarfs der Batterien muß erheblich mehr Zeit für eine Urlaubsfahrt eingeplant werden. Zwar kann zukünftig mit Schnellladesäulen eine Verkürzung der Ladezeiten erreicht werden, dies hat jedoch wiederum Einfluß auf die Lebensdauer der Batterien.

Fazit Thema „Verbrauch und Kosten“: Bei den reinen Verbrauchskosten hat der Elektroantrieb bei den derzeit durchschnittlichen Strompreisen mit 240.24 € gegenüber 338.82 € die Nase vorn, aufgrund der viel höheren Anschaffungskosten des E-Fahrzeugs fällt die Bilanz jedoch deutlich zu Gunsten des Verbrenners, 577.15 € gegenüber 1034.68 €, aus.

Fazit Thema „Emissionen“: Für den Autor erstaunlich kam unter den zunächst angenommenen Parametern ein annähernd identisches Ergebnis von E-Fahrzeug und Verbrenner heraus. Es war durchaus klar, daß der Unterschied nicht riesig sein wird, aber ein derartiges Ergebnis hat dann doch überrascht. Deshalb wurde dann noch eine Korrektur der Produktionsemission vorgenommen, was in der Folge einen kleinen Vorteil des E-Fahrzeugs gegenüber dem Verbrenner von maximal 4.5% ergibt.

Gesamtfazit:

Aufgrund der Ladezeiten und der Reichweiten heutiger E-Fahrzeuge ist deren Anwendung als Urlaubsfahrzeug derzeit nur mit großen Einschränkungen möglich. Eine sinnvolle Anwendung von E-Autos liegt bei Stadtfahrzeugen für kurze Strecken, insbesondere um die Luftqualität in den Metropolen zu verbessern. Die wenigsten Menschen dürften jedoch bereit oder überhaupt in der Lage sein, 50000 € und mehr für einen kleinen Stadtflyer auszugeben. Aufgrund der Reichweite ist dies jedoch die derzeit einzig sinnvolle Anwendung für Elektrofahrzeuge.

Die hier durchgeführten Berechnungen für das E-Fahrzeug dürften eher zu dessen Gunsten ausgefallen sein, da beispielsweise der Verbrauch lediglich als Durchschnittswert angesetzt wurde. Reale Bedingungen wie das Wetter, reale Ladeverluste usw. fanden hier keine Berücksichtigung, ebensowenig gealterte Batterien, deren Kapazität über die Jahre deutlich abnehmen und die Reichweite nochmals verkürzen. Ein Elektroauto im Alter des hier zugrunde liegenden Skoda Fabia hätte vermutlich bereits den zweiten Satz Batterien an Bord.

In der CO₂-Bilanz liegt das E-Auto knapp vor dem Verbrenner. Der Vorteil beträgt maximal 4.5%. Dies bedeutet aber auch, und das scheint mir die wichtigste Aussage aus dieser Untersuchung, daß es vollkommen unerheblich ist womit wir herumfahren. Die einzige Möglichkeit das Klima wirklich zu schützen wäre der Verzicht auf diese Reise gewesen.

Die Einsparung an CO₂ ist mit 1.5% - 4.5% marginal, man erkaufte sich diese aber durch fast die doppelten Kosten und einem erheblich größeren Zeitbedarf. Sowohl die Gesellschaft als auch insbesondere die Politik müssen endlich zu der Einsicht gelangen, daß Mobilität mit angetriebenen Fahrzeugen, egal in welcher Form (hier ist auch die Bahn nicht ausgenommen), nicht ohne Umweltbelastungen zu bekommen ist. Auch bei einem (für die nächsten Jahrzehnte utopischen) Energiemix von 100% regenerativer Energieformen würden für unser Modellauto auf der vorgestellten Reise immer noch ca.150 kg CO₂ anfallen. Das Märchen vom emissionsfreien Fahrzeug muß endlich begraben werden.

Eine gute umweltschonende Alternative wären Verbrennerfahrzeuge die mit E-fuels betrieben werden. Der Wirkungsgrad ist hier zwar schlechter, aber dafür hat man die immensen CO₂-Emissionen aus der Produktion vermieden und aufgrund des vorhandenen Tankstellennetzes keine Reichweitenprobleme.

Quellennachweis:

- [1] www.mobilityhouse.com/de_de/ratgeber/ladezeitenuebersicht-fuer-elektroautos
- [2] www.helmholtz.de/newsroom/artikel/wie-viel-co2-steckt-in-einem-liter-benzin
- [3] www.auto-motor-und-sport.de/reise/verschleissteile-viele-halten-ein-ganzes-autoleben
- [4] de.statista.com/statistik/daten/studie/316498/umfrage/lebensdauer-von-autos-deutschland
- [5] www.autozeitung.de/jaehrliche-fahrleistung-197899.html
- [6] www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/tests/stromverbrauch-elektroautos-adac-test
- [7] de.statista.com/statistik/daten/studie/156695/umfrage/brutto-stromerzeugung-in-deutschland-nach-energetraegern-seit-2007
- [8] www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick
- [9] www.tech-for-future.de/co2-kwh-strom
- [10] correctiv.org/faktencheck/2021/07/06/nein-die-produktion-einer-tesla-batterie-verursacht-keine-17-tonnen-co2
- [11] www.carbon-connect.ch/de/co2-emissionen-autoproduktion