



Projekt
„Erneuerbare Energien“



Energiewendetag der Stadt Vaihingen/Enz, 23. September 2023

E-Mobilität zur Energiewende.

Wo stehen wir und wie geht es weiter?

Teil 1

**Wirtschaftlichkeitsrechnung von E-Fahrzeugen
und Zusammenfassung**

Teil 2

Aufbauend auf den Vortrag zum Energiewendetag Stadt Vaihingen/Enz vom 19. September 2020

CO₂-Vermeidung durch Umstieg auf E-Mobilität

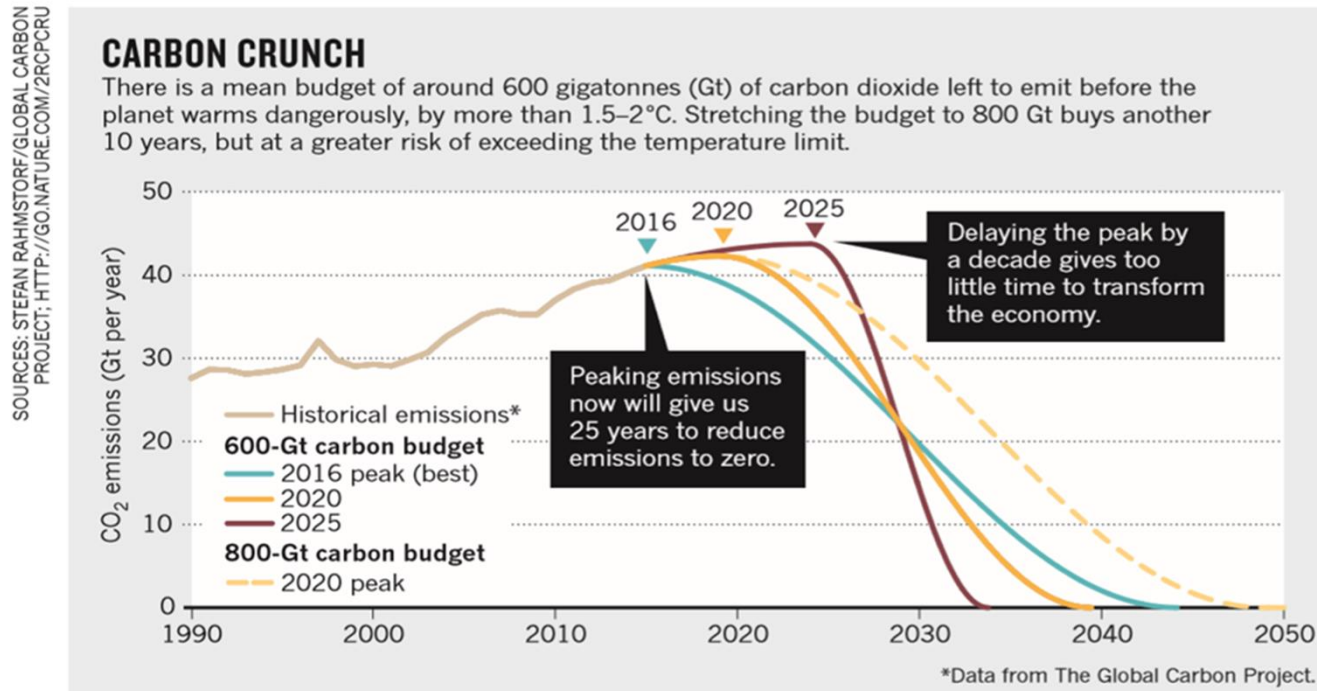
(denn es gibt nichts Schlimmeres als durch immer neue Unterlagen das bisher Ausgewiesene zu verschleiern)

Bem: aus 2020, **update 2023**

Dipl. Ing. Hans-Georg Hummel



CO₂-Reduzierungsszenarien für eine max. Temperaturerwärmung um 2 Grad C



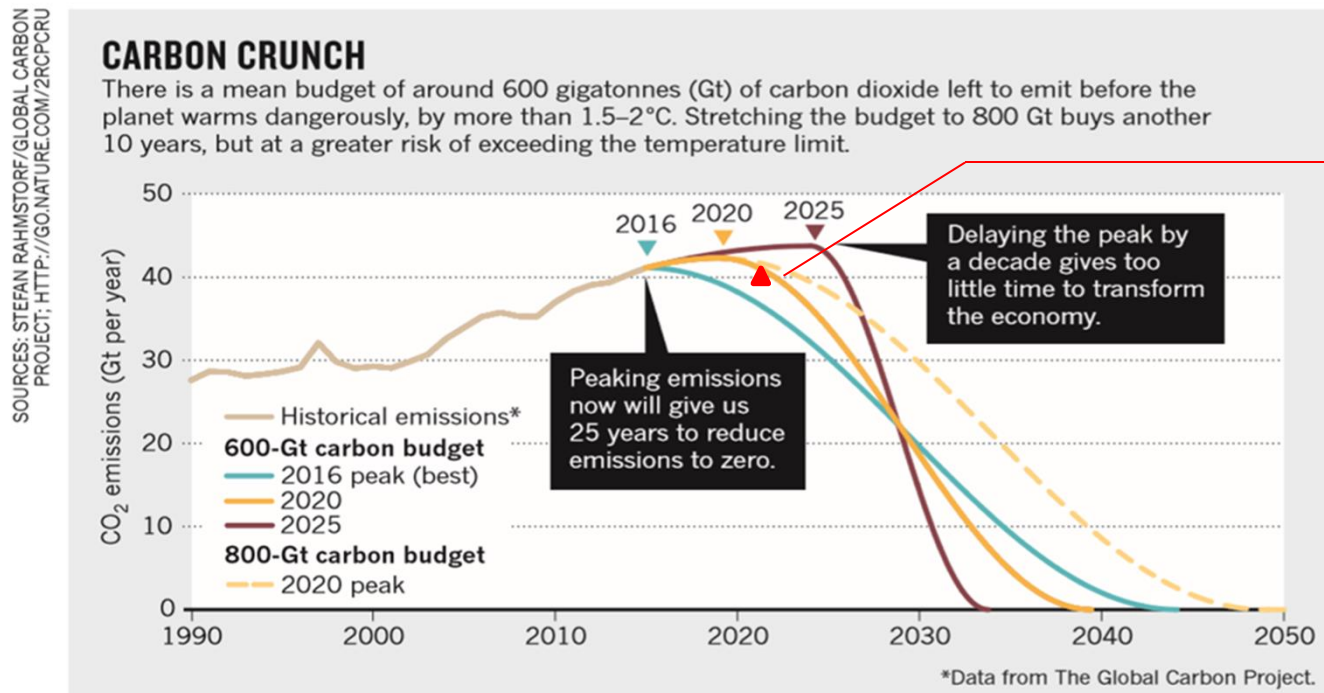
Um die Temperaturerwärmung auf max. 2 Grad zu begrenzen dürfen noch max. 600 Giga-Tonnen weltweit emittiert werden (600 Milliarden Tonnen).

Je später damit begonnen wird, desto drastischer müssen die Reduzierungsmaßnahmen sein. Höhere CO₂-Emissionen führen zu einer höheren Erwärmung mit entsprechenden Folgen für die Umwelt



aus 2020, update 2023

CO₂-Reduzierungsszenarien für eine max. Temperaturerwärmung um 2 Grad C



CO₂total
40,6 Gt in 2022
u. weiter steigend

Um die Temperaturerwärmung auf max. 2 Grad zu begrenzen dürfen noch max. 600 Giga-Tonnen weltweit emittiert werden (600 Milliarden Tonnen).

Das wäre nur noch mit sofortigen drastischen Reduzierungsmaßnahmen möglich sein, die jedoch nicht absehbar sind (fehlender politischer Wille u. gesellschaftliche Akzeptanz).

Aktuell bewegen wir uns auf ein Temperaturszenario auf 3-3,4 Grad bis Ende des Jahrhunderts zu, mit entsprechenden Folgen für die Umwelt. 1,5 Grad erreichen wir vor 2030, 2 Grad vor 2050.

Vortrag CO2-Vermeidung durch Umstieg auf E-Mobilität

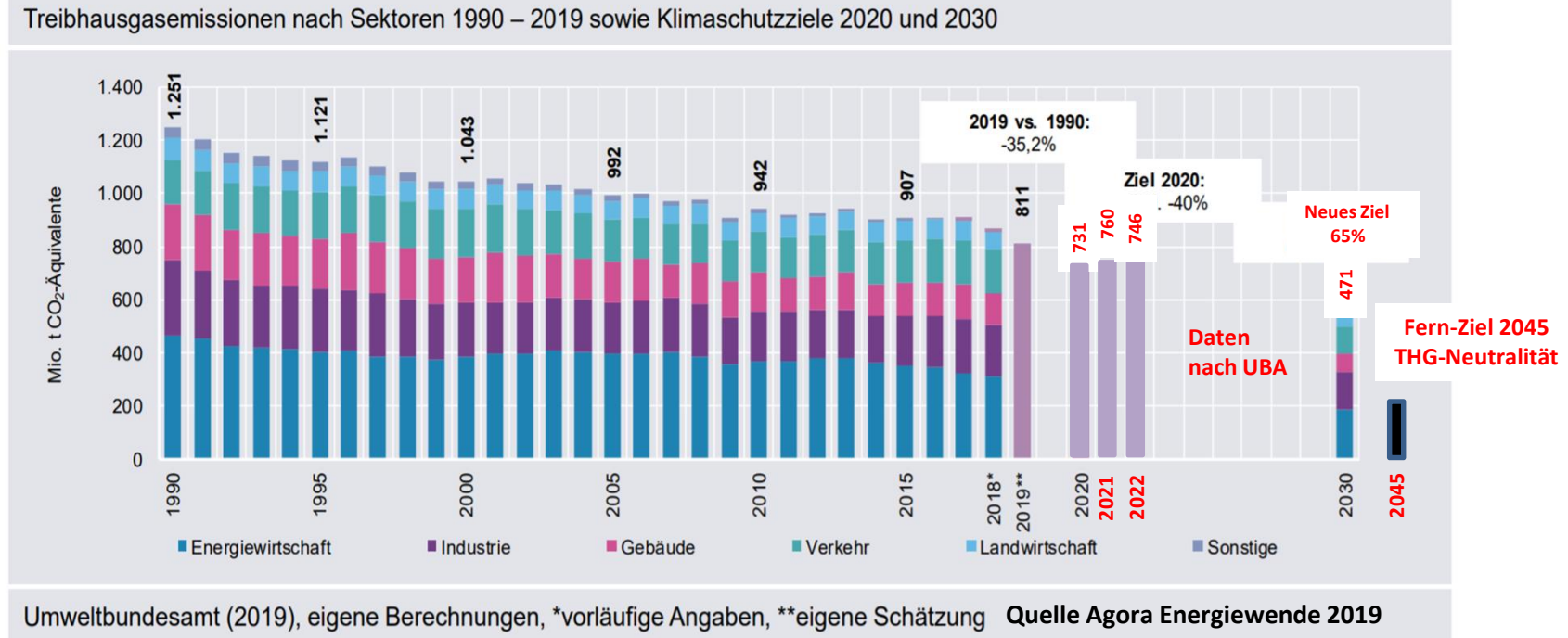
Dipl. Ing. Hans-Georg Hummel



Projekt
„Erneuerbare Energien“



aus 2020, update 2023

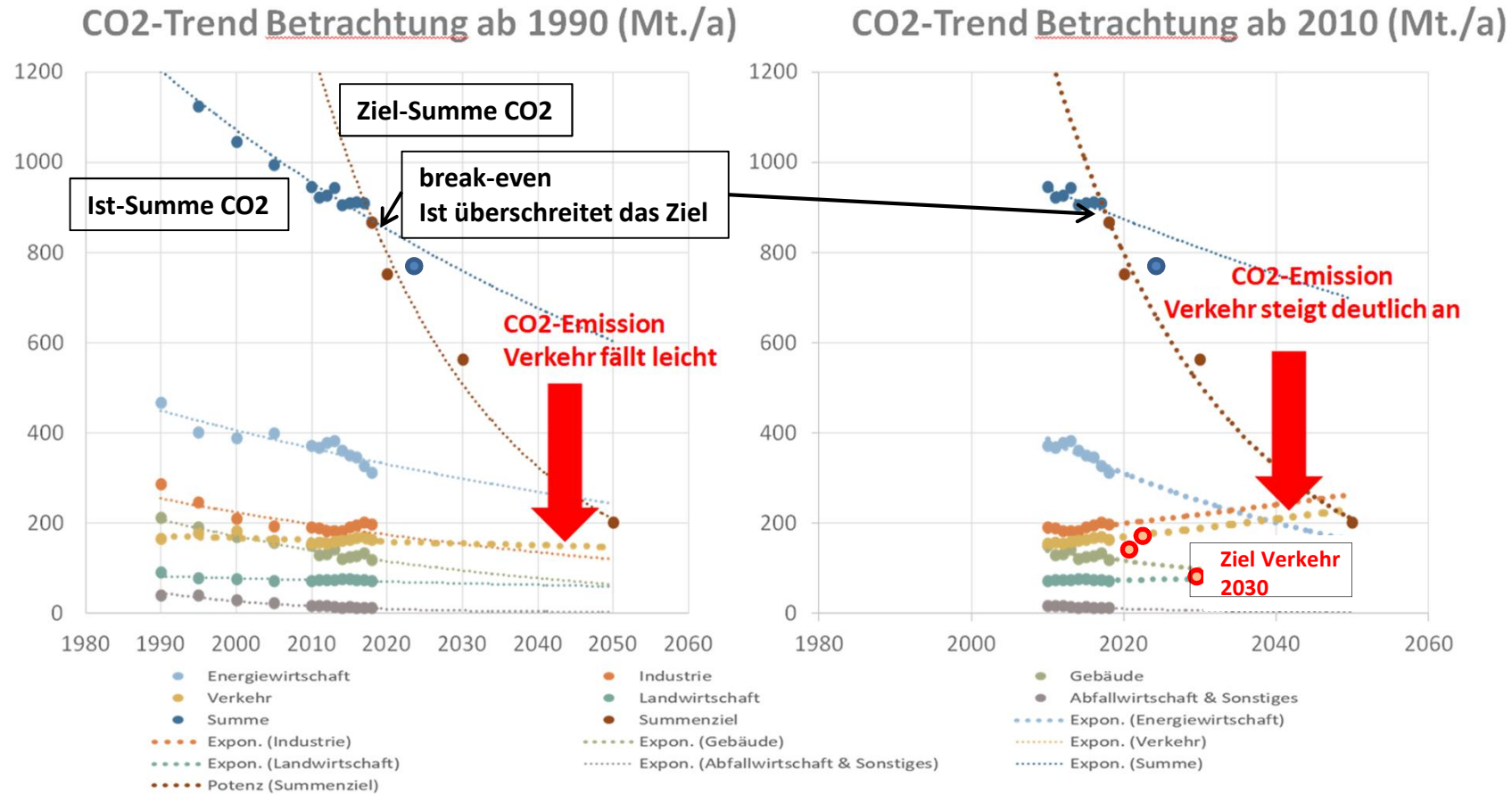


Von 1990 bis 2010 gingen die CO2-Emission in Summe stark zurück, hauptsächlich verursacht durch das Abschalten der maroden Industrie in Ost-Deutschland.

Dank des Corona-Effekts wurde in der BRD das CO2-Ziel in 2020 noch erreicht, stiegen danach aber wieder an. Die Ziele werden zwar stetig verschärft, die Abweichungen zu den Zielen aber immer größer, weil die Umsetzungsmaßnahmen fehlen bzw. bei Weitem nicht ausreichen. Die Sektorenziele wurden zugunsten eines Gesamtziel aufgehoben und damit verwässert (der andere soll doch bitte schön mehr machen als man selbst).



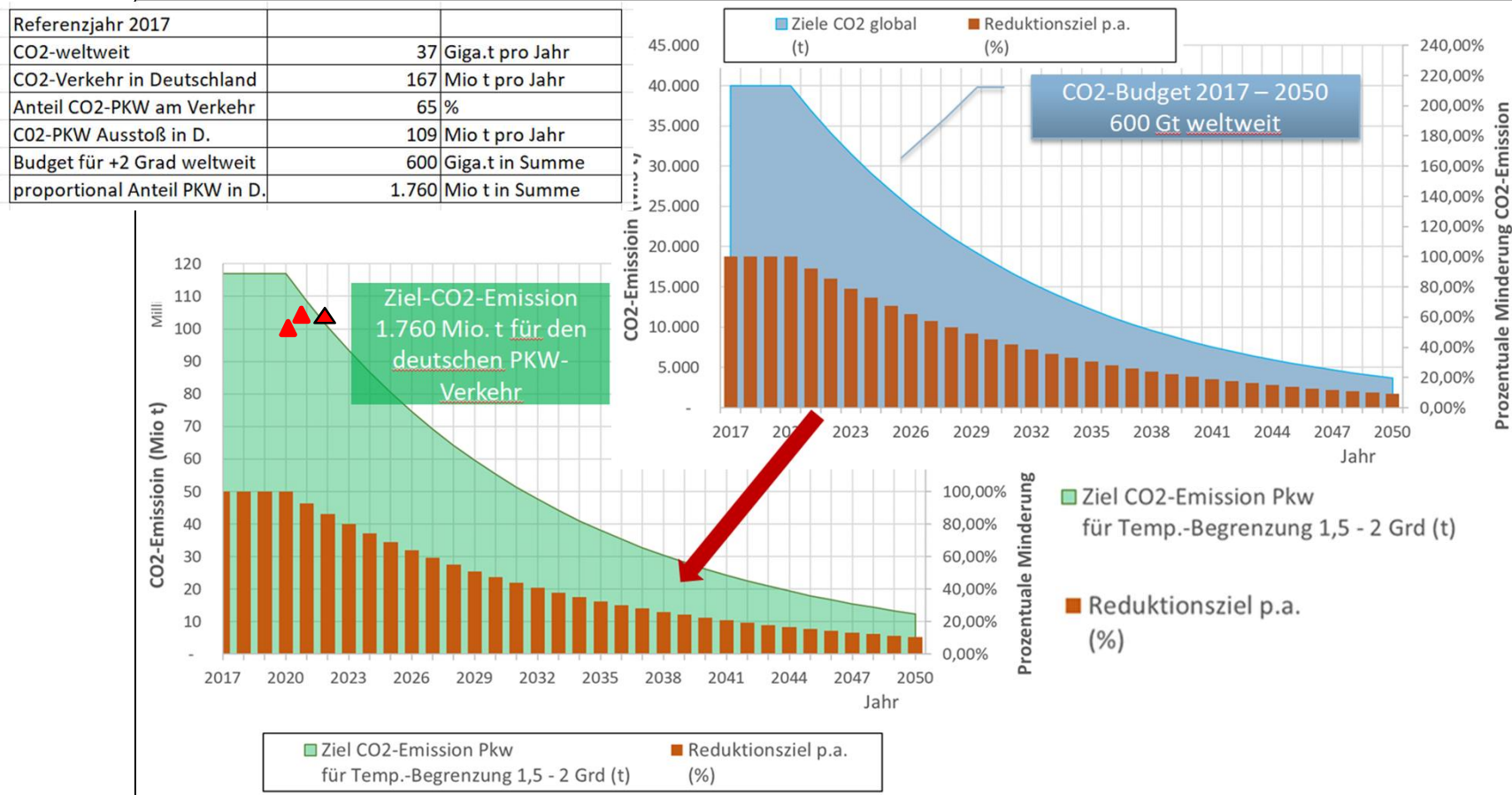
aus 2020, update 2023



Eine Trend-Analyse auf Basis der Ist-Daten seit 1990 zeigt, dass die Ziele ab 2020 nicht mehr erreicht werden (vor Corona-Effekt), insbesondere nach Ausblendung des Ost-Deutschland-Effekts. Aufgrund von Corona sind die Verkehrsemissionen vorübergehend auf unter 150 Mt/a gesunken, steigen aber in der Tendenz wieder an. Das Ziel 84 Mt/a in 2030 wird nicht erreicht werden !



Ableitung des max. zulässigen CO2-Budgets für den deutschen PKW-Verkehr



Durch den Corona-Effekt ist der CO2-Anteil des PKW-Verkehrs inkl. leichter Lieferwagen vorübergehend gesunken, steigt aber gerade wieder an, trotz der unzulänglichen Wirtschaftsentwicklung. Das Ziel 1.760 Mio t in Summe bis zur PKW-CO2-Neutralität ist so nicht zu erreichen, der E-Fahrzeug-Hochlauf ist viel zu langsam und durch den Subventionsabbau politisch erschwert.

Vortrag CO2-Vermeidung durch Umstieg auf E-Mobilität

Dipl. Ing. Hans-Georg Hummel



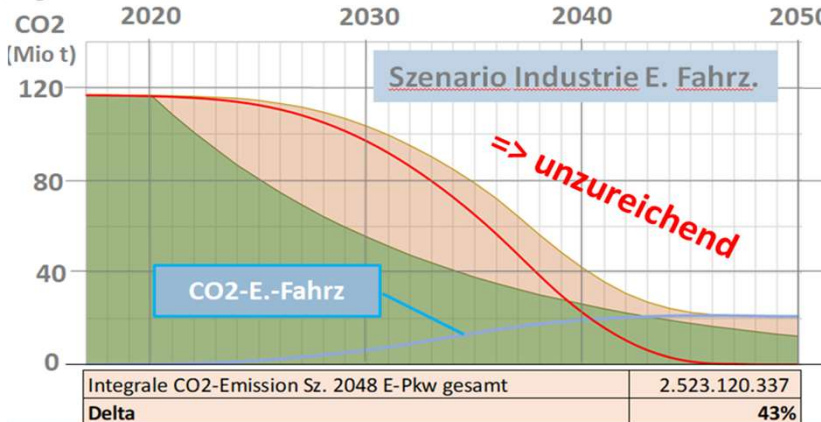
Projekt
„Erneuerbare Energien“



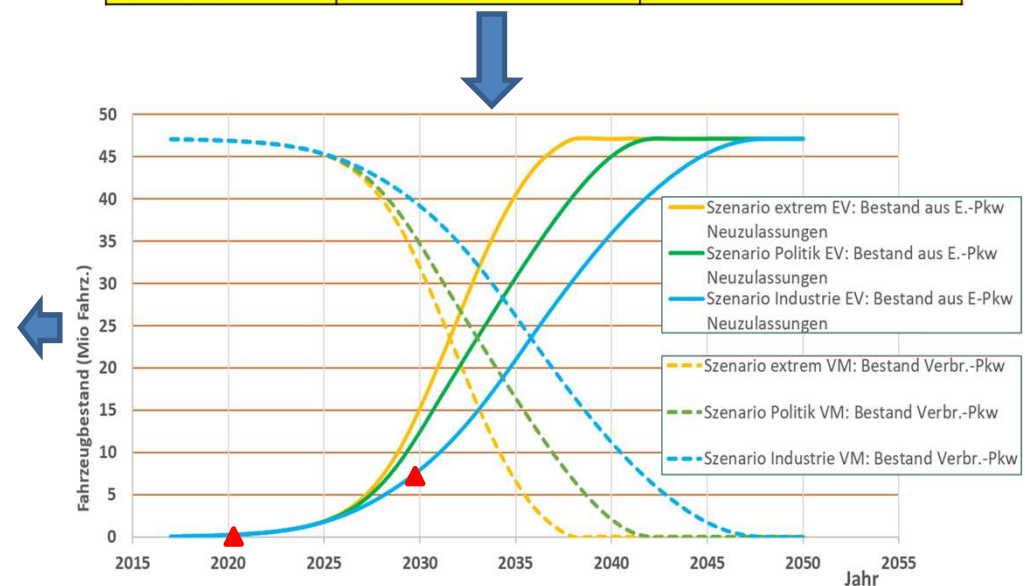
aus 2020, update 2023

Prämissen für die Simulationsrechnung	
Verbrenner werden durch reine E-FZGe abgelöst	
keine Plug-in-Hybrid	
Anzahl KFZ-Bestand in D. bleibt konstant	47.1 Mio FZGe
Max. FZG-Nutzdauer im Markt	14 Jahre
mittlerer Stromverbrauch E-FZG	20.4 kWh/100 km
mittlere CO2-Emission der Verbrenner-FZGe	181 g/km
durchschnittliche Fahrleistung	13.400 km pro Jahr

Fahrzeugzulassungen Deutschland							prognostiziert
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2030
reine E-FZGe	44	67	102	280	566	885	7000-8000
Hybrid	54	83	137	309	618	1013	
Summe	98	150	239	589	1184	1898	
Ziel Regierung			Hybrid+BEV	1000	reine BEV	15000	



Szenario	Verkauf von Fahrz. mit Verbrennungsmot. bis	Marktextit Fahrz. Mit Verbrennungsmot.
1 Industrie	2035	2048
2 Politik	2030	2042
3 Extrem	2029	2038



Eine Simulationsrechnung zur CO2-Emission auf Basis der aktuell beschlossenen Diskussionen über Ein- und Auslaufszenerien für Verbrennungs- und E-Fahrzeuge unter den aufgelisteten Prämissen führt zu einer Zielabweichung von 43% über dem für max. +2 Grad zulässigen CO2-Budget und muss mit zusätzlichen Maßnahmen -auch stark einschneidende- kompensiert werden.

Vortrag CO2-Vermeidung durch Umstieg auf E-Mobilität

Dipl. Ing. Hans-Georg Hummel



Projekt
„Erneuerbare Energien“



aus 2020, update 2023

E.-Pkw	Verbr.-Pkw	Typ	Maßnahmen zur CO2-Reduktion Pkw-Verkehr	CO2-Reduktion	Jahr Einführung
X	X	Effizienz	Tempolimit BAB 120, Bundesstr. 90 abgelehnt	3% -6%	2022
X	-	Effizienz	Erhöhung des regenerativen Anteils am Strommix auf 87 % in 2050 (damit CO2-Reduktion auf E-PKW angerechnet)	24%	2042
X	X	Fahrleistung	Mitfahr-App ÖMA (Öffentliche Mitfahr-App) in Diskussion, keine Beschlüsse	5%	2025
-	X	Effizienz	Verdopplung Bio-Anteil im Kraftstoff <u>Fuels</u> auf E20; D14 (CO2-Reduktion bez. auf CO2-Verbr.-Pkw ges.) bis 2040 *	3%	2025
X	X	Fahrleistung	ÖPNV Kostenlos in Ballungsräumen Steigerung Nutzung um 50% teilweise in Städte, nicht flächendeckend	6%	2025
X	X	Fahrleistung	Attraktivierung Bahn, Steigerung Nutzung um 30% wird immer schlechter, Ausfall und Verspätungen nehmen zu	3%	2025
X	X	Fahrleistung	Vermeidung von Fahrten durch regulatorische Maßnahmen z.B.: CO2-Preis, Fahrbeschränkungen etc. schleichend	6%	2025
X	X	Effizienz	Verkehrssteuerung wie Stauvermeidung, Vermeidung Beschleunigungsvorgänge etc. Aktionen unbekannt	2%	2022

* Bio-fuel nur aus nachhaltiger Produktion

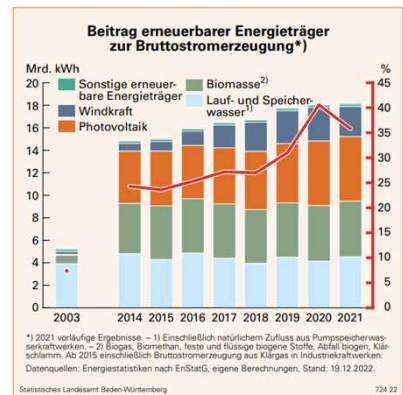
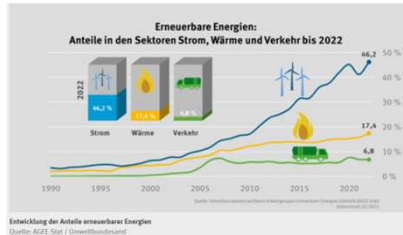
Zur Einhaltung der Budget-Ziele für den PKW-Verkehr ist ein schneller Umstieg auf reine E-FZGe notwendig, erfolgt aber keineswegs. Ganz im Gegenteil, die Subventionen für die Einführung von E-Fahrzeugen wurden gekürzt bzw. ausgesetzt, die CO2-Defizite des Verkehrs an den CO2-Emissionen sind durch die aufgehobenen Sektorenziele verschleiert worden.

Vortrag CO2-Vermeidung durch Umstieg auf E-Mobilität

Dipl. Ing. Hans-Georg Hummel



Projekt
„Erneuerbare Energien“



Die Diskrepanz zwischen Anspruch und Wirklichkeit:

In 2022 wurden in Deutschland 46% des Stromes alternativ erzeugt, in BaWü allerdings nur ca. 36% (2021).

Die BaWü-Regierung verspricht ein 1000 Windmühlen-Programm, dafür den Aufbau von 100 Windkraftwerke pro Jahr.

In den letzten 5 Jahren (2018-2022) sind gerade mal 46 Anlagen (9/Jahr) mehr im Betrieb, in 2022 kamen kein Einziges, im ersten Halbjahr 2023 immerhin 9 weitere dazu. Damit sind zu Ende Juni 2023 768 Anlagen in Betrieb.

In Deutschland gibt es derzeit ca. 30.000 Windräder, ca. 100.000 werden notwendig sein um die alternativen Stromziele zu erreichen.

BaWü stellt 13,4 % der Einwohner Deutschlands. Entsprechend sollte rein rechnerisch die Anzahl der Windräder in BaWü in der Größenordnung bei ca. 13.000 liegen (derzeitiger Stand 768 !).

Entwicklung des Windenergieausbaus

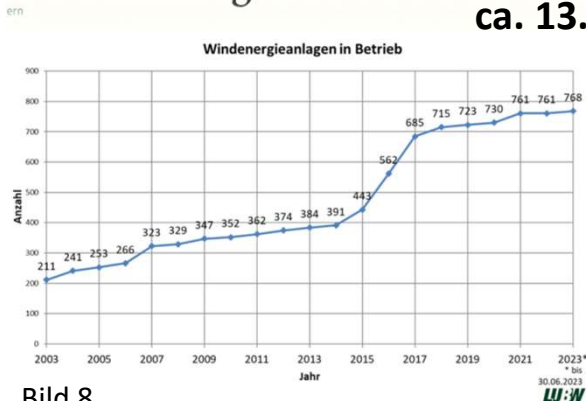


Bild 8



Es bleibt Vieles zu tun.

Vortrag CO2-Vermeidung durch Umstieg auf E-Mobilität

Dipl. Ing. Hans-Georg Hummel



Projekt
„Erneuerbare Energien“



Wirtschaftlichkeitsrechnung Betrieb BMW i3s über 40.000 km in 4 Jahren			
	Fahrleistung 10.000 pro Jahr		
	Energieverbrauch 16,0 kWh/100 km		
	Stromkosten Einkauf 0,40 €/kWh		
	Stromkosten eigene PV-Anlage 0,1 €/kWh		
	Energimix 70 % Selbsterzeugung im Jahr		
	Betriebskosten pro 100 km		
	bei 100% Stromeinkauf	bei 100% PV-Erzeugung	im Energiemix
	6,40 €	1,60 €	3,04 €
	Betriebskosten pro Jahr		
	bei 100% Stromeinkauf	bei 100% PV-Erzeugung	im Energiemix
	640 €	160 €	304 €
CO2-Rückerstattung	275 €	275 €	275 €
Steuerfreiheit 10 Jahre	0	0	0
Summe Betriebskosten	365 €	-115 €	29 €
ohne Versicherung+Service			

Betriebskosten BMW 118i	
Fahrleistung 10.000 pro Jahr	
Verbrauch NEFZ 6,6 l/100 km	
E10 Preis 1,82 €/l	
Betriebskosten pro 100 km	
12,01 €	
Betriebskosten pro Jahr	
Kraftstoff	1.201,20 €
Steuer	96,00 €
Summe	1.297,20 €
ohne Vers.+ Service	

Die Betriebskosten des E-FZG sind deutlich günstiger als beim vergleichbaren Verbrenner, bei PV-Selbsterzeugung des Stromes sogar kostenneutral (ohne Vers.+Service).

Noch deutlicher ist der Kostenunterschied beim NKW:

	NKW Diesel	NKW EV Industriepreis	NKW EV zukünftig ?
Preis	1,74 €/l	0,1 €/kWh	0,05 €/kWh
Verbrauch pro 100 km	35l	150 kWh	150 kWh
Betriebskosten	61 €	15 €	7,5 €



Vortrag CO₂-Vermeidung durch Umstieg auf E-Mobilität

Dipl. Ing. Hans-Georg Hummel



Projekt
„Erneuerbare Energien“



Weitere Aspekte zu E-Fahrzeugen:

Betriebswirtschaftlich und im Fahrverhalten (Beschleunigen) und Komfort (Standheizung, Standkühlung, Bedienbarkeit über Smartphone, SW-updates,...) ist ein B-EV-FZG unschlagbar.

Was sind dann die Bedenken gegen E-Autos ?

1. Abbrennen von E-Autos:

Lt. Statistiken brennen E-Autos deutlich seltener als Verbrenner (Faktor 20-45) , kaum verwunderlich, weil kein Kraftstoff an Bord ist. Immer mehr E-FZGE sind mit unbrennbarem Eisen-Phosphat-Batterien ausgestattet.

2. Ladeinfrastruktur ist unzureichend:

Aktuell gibt es in der BRD mehr als 100.000 öffentliche Ladestationen, die Belegung liegt bei gerade mal 25%. Bis zu 1 Million Ladestationen sollen bis 2030 aufbaut werden, viele davon werden unnötig sein.

3. Die Ladezeit ist zu lange:

Der BMW i3s (Produktion schon eingestellt) lädt mit max. 50 kWh/h. Bei 16 kWh-Verbrauch/100 km beträgt die Ladezeit damit ca. 20 Minuten für 100 km. Der Hyundai IONIQ5 lädt mit 225 kWh/h, benötigt damit weniger als 5 Minuten für 100 km. Bei 350 kWh-Ladestationen wären das weniger als 3 Minuten für 100 km bei dafür ausgelegten E-Fahrzeugen.

Vortrag CO₂-Vermeidung durch Umstieg auf E-Mobilität

Dipl. Ing. Hans-Georg Hummel



Projekt
„Erneuerbare Energien“



Weitere Aspekte zu E-Fahrzeugen:

Betriebswirtschaftlich und im Fahrverhalten (Beschleunigen) und Komfort (Standheizung, Standkühlung, Bedienbarkeit über Smartphone, SW-updates,...) ist ein B-EV-FZG unschlagbar.

Was sind die Bedenken gegen E-Autos ?

4. Die Reichweite ist zu gering:

Praktisch alle neuen E-Fahrzeuge haben eine Reichweite von 350 bis 500 km womit in der Regel mehr als 3 Stunden am Stück gefahren werden kann. Bei durchschnittlich 35 km Fahrbetrieb am Tag muss das Fahrzeug nur alle 10 Tage aufgeladen werden, bei durchschnittlich 95% Standzeit bleibt genügend Zeit das FZG an einer ausreichend abgesicherten 220 V-Haushaltssteckdose aufzuladen.

5. Die Anschaffungskosten sind zu hoch:

Lt. Bosch sind für ein Verbrennerantrieb bei Bosch 7 Mitarbeiter beim Diesel, 2 Mitarbeiter beim Benziner und 1 MA bei E-Fahrzeugen beschäftigt.

Laut Motorenhersteller besteht ein aktueller Verbrennungsmotor aus ca. 1.400 Teilen, ein E-Motor nur noch aus ca. 240 Teilen.

Beim E-Fahrzeug entfallen komplett: Das Luftansaugsystem und die Abgasanlage mit vielen Sensoren, das Getriebe, der Kraftstofftank,-förderpumpe inklusive Leitungen.

Bei weniger Entwicklungsarbeit und weniger Systemen können die Kosten für ein E-FZG kaum höher sein als beim Verbrenner. Über die Batterie allein lassen sich höhere Kosten nicht erklären.

Vortrag CO₂-Vermeidung durch Umstieg auf E-Mobilität

Dipl. Ing. Hans-Georg Hummel



Projekt
„Erneuerbare Energien“



Zusammenfassung:

aus 2020, update 2023

- Um die Temperaturerwärmung auf max. +2 Grad zu begrenzen, muss die weitere Freisetzung von CO₂ auf ein Budget von 600 Giga t weltweit begrenzt werden.
➔ dieses Budget wird durch den stetigen CO₂-Anstieg früher aufgebraucht sein, die Temperatur um mehr als 2 Grad ansteigen (3-3,4 Grad bis Ende des Jahrhunderts).
- Mit der aktuellen Emission von 40 Giga t (leider mit steigender Tendenz) verbleiben bis zu einer CO₂-Neutralität noch 15 Jahre Zeit. ➔ nur noch weniger als 15 Jahre Zeit.
- Sinnvoller ist die CO₂-Emission innerhalb des Budgets sofort und stetig zu reduzieren damit mehr Zeit bis zum Erreichen der CO₂-Neutralität zur Verfügung steht, z.B. bis 2050.
➔ das Gegenteil ist der Fall, die CO₂-Emission weltweit steigt weiter, in Deutschland werden die gesetzten Ziele verfehlt werden.
- Eine zielführende Maßnahme zur Zielerreichung im Sektor Verkehr Deutschland ist ein schneller Hochlauf von reinen E-Fahrzeugen, zeitlich nachfolgend begleitet mit Maßnahmen zur Marktentnahme von Verbrennungsfahrzeugen.
➔ der Hochlauf von E-Fahrzeugen wird laut Prognosen der Verkehrsexperten weit verfehlt werden (7-8 Mio statt 15 Mio in 2030), auch bedingt durch die Rücknahme von Subventionen.
- Weitere, zum Teil auch unbequeme Maßnahmen werden zur Zielerreichung notwendig werden.
➔ daran hat sich nur geändert, dass die Maßnahmen immer unbequemer werden.
- Jede Gelegenheit zur Nutzung des öffentlichen Verkehrs muss ergriffen werden.
➔ die 9/49 € Tickets waren ein erster sinnvoller Schritt, die Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs muss dramatisch verbessert werden, insbesondere bei der Bahn (Person+Güter).

Vortrag CO₂-Vermeidung durch Umstieg auf E-Mobilität

Dipl. Ing. Hans-Georg Hummel



Projekt
„Erneuerbare Energien“



Zusammenfassung:

aus 2020, **update 2023**

- Der Energiesektor ist noch viel schneller auf die zur Verfügung stehenden regenerativen Quellen (Photovoltaik, Wind, Wasser) umzustellen.
 - ➔ **der Ausbau bei PV läuft und ist eher durch Kapazitätsengpässe begrenzt, bei öffentlichen Gebäuden besteht noch ein heftiger Nachholbedarf.**
 - bei der Windkraft begrenzen immer noch die bürokratischen Hürden, der Ausbau geht um Dimensionen zu langsam (Ziel BRD 6 WKW/Tag, Ist 1; Ziel BaWü 100/Jahr, Ist 9 im 1.HJ 2023).**
- Energiewirtschaft und Verkehrswirtschaft muss durch gemeinsames Planen und Denken Hand in Hand gehen.
 - ➔ **ist mehr als verbesserungswürdig.**
- Eine Energiewende für max. + 2 Grad ist jetzt noch möglich, muss aber jetzt und nachhaltig erfolgen.
 - ➔ **ist kaum mehr möglich und politisch auch kaum gewollt, jedenfalls den Beschlüssen der Politiker folgend mit Maßnahmen die definierte Ziele nicht erreichen können.**

Es ist 5 nach 12. Lassen Sie uns beginnen, jetzt und nachhaltig, dann schaffen wir das, diesmal wirklich.

➔ **wir haben 10 nach zwölf, lassen Sie uns trotzdem an einer nachhaltigen Energiewende arbeiten um wenigstens ein Stück des Weges zu schaffen.**



Literaturquellen:

- 0. Pathways to a CO₂-free mobility system in Germany from technical point of view
Michael Kühn, Peter Burghard, Hans-Georg Hummel; E@motion GmbH
Internationales Motorensymposium Stuttgart 2020**
1. Global Carbon Project 2019, authors see <https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/19/publications.htm>
2. IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C; Masson-Delmotte, V. et al.
3. N.N., Emissionsquellen im Verkehr 2015, UBA 2017
4. Christine Frohn, Die Emissionsquellen 2016 im Verkehr 2016, Friedrich Naumann Stiftung für die Freiheit, <https://fnf-2.foleon.com/klimafakten/faktencheck-klimaschutz-duplicate-1/verkehr/>
5. N.N., CO₂-Regulierung bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen, VDA 2019, <https://www.vda.de/de/themen/umwelt-und-klima/co2-regulierung-bei-pkw-und-leichten-nfz/co2-regulierung-bei-pkw-und-leichten-nutzfahrzeugen.html>
6. N.N. Auto-Motor-Sport; <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/daimler-stoppt-verbrennungsmotoren-entwicklung-2019/>
7. N.N. Gasoline Vehicle Phaseout advances Around the World; <https://www.coltura.org/world-gasoline-phaseouts>
8. Clayton M. Christensen et al., Meeting the Challenge of Disruptive Change Harvard Business Review, http://innovbfa.viabloga.com/files/HBR_Christensen_meeting_the_challenge_of_disruptive_change_2009.pdf
9. Netzentwicklungsplan Strom 2030, Version 2019, 1. Entwurf; <https://www.netzentwicklungsplan.de/de>
10. N.N., Roadmap to climate-friendly land freight and busses in Europe, Transport and Environment Study 2017