Thema: **Machbarkeit der vollständigen Elektrifizierung des Straßenverkehrs in Deutschland**

1. **Einleitung und Fragestellung**
2. **Aktueller Stand der Elektromobilität in Deutschland (2024)**
3. **Zusätzlicher Strombedarf bei vollständiger Elektrifizierung des Verkehrs**
4. **Netzkapazitäten und Notwendige Netzmodernisierungen**
5. **Flächenverfügbarkeit für erneuerbare Energien (ohne Kernenergie**
6. **Ausblick und Machbarkeit der Ziele bis 2030/2035**
7. **Fazit: Machbarkeit der vollständigen Elektrifizierung des Straßenverkehrs**

Formularbeginn

**Gliederung: Machbarkeit der vollständigen Elektrifizierung des Straßenverkehrs in Deutschland**

**I. Einleitung und Fragestellung** Thomas

**Die Mobilitätswende in Deutschland:** Transformation des Verkehrssektors hin zur Elektromobilität12.

**Fragestellung:** Wie würde Deutschlands Energielandschaft aussehen, wenn alle Fahrzeuge elektrisch betrieben würden? Und ist die vollständige Elektrifizierung des Straßenverkehrs machbar?3

**Untersuchungszeiträume:** Aktueller Stand (2024), erste Ausbaustufen (2025), geplante Ziele (2030) und darüber hinaus (bis 2035)34.

**Fokus der Analyse:** Zusätzlicher Strombedarf, Belastbarkeit des Stromnetzes, Flächenverfügbarkeit für erneuerbare Energien und die Rolle von Lastmanagement5.

**II. Aktueller Stand der Elektromobilität in Deutschland (2024)**

**Fahrzeugbestand und Neuzulassungen: Frank**

Dominanz von Verbrennungsmotoren (über 43 Millionen Pkw mit Benzin/Diesel)6.

Anteil von BEV und PHEV: ca. 2,5 Millionen Fahrzeuge (knapp über 5% des Gesamt-Pkw-Bestandes)6.

Anfang 2024 waren ca. 1,4 Millionen vollelektrische Pkw zugelassen (knapp 3% des Pkw-Bestands)7. Bis Juli 2024 stieg der Anteil auf 3,1% (1.528.150 BEV)6.

Neuzulassungen 2024: Rückgang um 27,4% (380.609 Einheiten) im Vergleich zum Vorjahr, Anteil sank auf 13,5%8.

**Marktabhängigkeit von Fördermaßnahmen:** Einbrüche bei Neuzulassungen korrelieren mit dem Auslaufen von Förderprämien (z.B. Umweltbonus Ende 2023)8....

Trend zu größeren, energieintensiveren BEV-SUVs (Anteil stieg von 30% 2021 auf 55% Q1 2023)11. Dies könnte Effizienzgewinne mindern12.

Aktueller Stromverbrauch durch E-Mobilität: marginal (ca. 2–3 TWh für alle E-Pkw)7.

**Entwicklung der Ladeinfrastruktur: Phillip**

**Quantitativer Ausbau:** Zum 1. Mai 2025 gab es 166.867 öffentlich zugängliche Ladepunkte (128.198 Normalladepunkte, 38.669 Schnellladepunkte)13.

Deutlicher Anstieg zum Vorjahr (+17%), insbesondere bei Schnellladepunkten (+34%)13.

Gesamtleistung zum 1. Mai 2025: 6,45 GW14.

**Qualitative Herausforderungen:** Regionale Disparitäten (z.B. wenig Ladesäulen in Mecklenburg-Vorpommern), Unterschätzung wohnortnaher AC-Ladeinfrastruktur1516.

Wahrgenommene unzureichende Ladeinfrastruktur als Hauptgrund für Rückgang der BEV-Neuzulassungen und Wechsel zum Verbrenner1718.

**III. Zusätzlicher Strombedarf bei vollständiger Elektrifizierung des Verkehrs**

**Pkw-Flotte: Thomas**

Rund 45 Millionen Pkw in Deutschland: zusätzlich ca. **100 Terawattstunden (TWh) pro Jahr**19.

Entspricht 15–20% des heutigen deutschen Bruttostromverbrauchs19.

Berechnungsgrundlage: 13.000–14.000 km/Jahr bei 15–20 kWh/100 km pro E-Pkw20.

**Leichte Nutzfahrzeuge (LNF) und Lkw/Busse:**

**Erheblicher zusätzlicher Bedarf** durch schwere Nutzfahrzeuge mit höherem Verbrauch und Fahrleistungen21.

BMWK-Szenario 2030: ca. 17 TWh für schwere Lkw, 7 TWh für leichte Nutzfahrzeuge, ca. 5 TWh für E-Busse und Zweiräder21.

Grobe Abschätzung für eine vollständig elektrifizierte Lkw- und Bus-Flotte: **50–80 TWh**21.

**Gesamt-Strombedarf für vollständige Straßenverkehrs-Elektrifizierung:**

**Etwa 150–180 TWh pro Jahr**21.

Entspricht ca. 25–30% des aktuellen Stromverbrauchs in Deutschland. 21.

Zum Vergleich: 2023 wurden 273 TWh Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt . 2122.

**IV. Netzkapazitäten und Notwendige Netzmodernisierungen**

**Ist-Zustand des Stromsystems (2024):**

**Erzeugungsseite:** Rein rechnerisch ist genügend Erzeugungsleistung vorhanden, um 100+ TWh zusätzlich bereitzustellen23. Kurzfristig müssten überwiegend fossile Kraftwerke einspringen, perspektivisch erneuerbare Energien23.

**Netzseite:** Das Übertragungsnetz (Hoch- und Höchstspannung) ist bereits heute in der Lage, deutlich höhere Strommengen zu transportieren24.

**Herausforderung:** Regionale und lokale Verteilnetze (Mittel- und Niederspannung) könnten durch **gleichzeitiges Laden vieler Fahrzeuge überlastet werden**24.... Die Gefahr liegt in der Gleichzeitigkeit, nicht in der Gesamtstrommenge2527.

**Netzmodernisierungen und Lastmanagement (2025–2030):**

**Gezielte Netzmodernisierungen** (Verstärkung örtlicher Trafos und Leitungen) und **smartes Lastmanagement** sind unerlässlich28.

**Intelligente Ladelösungen:** Förderungen für steuerbare Wallboxen; netzdienliches Laden durch zeitliche Koordination (z.B. ISO 15118)28.

**Spitzenglättung (ab 2024):** Netzbetreiber dürfen Ladeleistung temporär absenken, Nutzer erhalten günstigere Netzentgelte27.

**Zeitvariable Stromtarife:** Anreize für Laden bei hoher EE-Einspeisung oder nachts27.

**Vehicle-to-Grid (V2G) / Bidirektionales Laden:** E-Fahrzeuge können als Netzstabilisatoren dienen, überschüssigen Strom aufnehmen und bei Bedarf abgeben2930. Kommerziell ab 2025 verfügbar, breit eingeführt bis 20303132.

**Physischer Netzausbau:** Verdickung von Kabeln, größere Transformatoren in Niederspannungsnetzen; Anbindung öffentlicher Schnellladestationen an Mittelspannungsnetze29.

**Fazit Netz:** Das Stromnetz der Zukunft muss „smart und strong“ sein. Fachleute sind zuversichtlich, dass die Netzintegration von Millionen E-Fahrzeugen bis 2030 gelingt, sofern regulatorische Weichen und Investitionen rechtzeitig erfolgen3334.

**V. Flächenverfügbarkeit für erneuerbare Energien (ohne Kernenergie)**

**Nur 1- 2 Punkte hieraus**

**Gesamtpotenzial:** Grundsätzlich ist genügend Potenzial vorhanden, erfordert aber ambitionierten Ausbau und Nutzung neuer Flächenpotenziale35.

**Windenergie (Onshore und Offshore):**

**Höchste Flächeneffizienz:** ca. 1,43 m² pro MWh jährlich (ca. 1,4 km² pro TWh)3637.

**2%-Ziel der Landesfläche für Windkraft (bis 2032):** Genügt für 300–600 TWh/Jahr38.

Ausbauziele der Bundesregierung: 115 GW Onshore-Wind bis 2030 (~200-250 TWh/Jahr) und 30 GW Offshore-Wind bis 2030 (~120 TWh/Jahr)3940.

**Herausforderung:** Akzeptanz und Genehmigungsprozesse3841.

**Solarenergie (Photovoltaik - PV):**

**Höherer Flächenbedarf:** ca. 20–22 m² pro MWh jährlich (ca. 22 km² pro TWh) 3742.

100 TWh per PV würden ca. 2.200 km² PV-Module erfordern (ca. 0,6% der Landesfläche) 42.

**Vorteil:** Nutzung von Dachflächen und bereits versiegelten Flächen42.

Technisches PV-Potenzial bis 2050: ca. 415 GWp (ca. 400 TWh/Jahr)42.

Ausbauziele der Bundesregierung: 215 GW PV bis 2030 (~215-250 TWh/Jahr)4043.

**Herausforderung:** Erreichen der notwendigen Installationsraten, Fachkräfte, Materialverfügbarkeit und Netzintegration44.

**Biomasse und Wasserkraft:**

**Biomasse:** Sehr hoher Flächenbedarf (ca. 442 km² pro TWh), ungeeignet zur Deckung großer Mehrverbräuche3745. Eher als regelbare Reserve45.

**Wasserkraft:** Begrenzter Posten (~20 TWh/a), Ausbaumöglichkeiten weitgehend ausgeschöpft46.

**Flächenfazit:** Um den zusätzlichen Bedarf zu decken, sind die benötigten Flächen im Verhältnis zu anderen Nutzungen klein und können durch Effizienzsteigerungen und intelligente Flächennutzung erschlossen werden4748.

**VI. Ausblick und Machbarkeit der Ziele bis 2030/2035**

**Bestandsprognosen für Elektrofahrzeuge:**

Ziel der Bundesregierung: 15 Millionen E-Autos bis 2030. 749.

Aktualisierte Studie (Juni 2024): Prognose von 16,6 Millionen E-Pkw bis 2030 und ca. 28 Millionen bis 2035. 4950.

**Herausforderung:** Ziel von 15 Millionen E-Autos bis 2030 ohne weitere Maßnahmen als schwer erreichbar angesehen. 50.

Einflussfaktoren: Preisentwicklung und Rolle chinesischer Hersteller. 5152.

**Erwarteter Stromverbrauch und seine Deckung:**

Die genannten Kapazitätsziele für EE (115 GW Onshore-Wind, 30 GW Offshore-Wind, 215 GW PV) würden in Summe 500–600 TWh/a Strom erzeugen und damit den Bedarf der Elektromobilität decken40.

**Herausforderung:** Die installierten Kapazitäten müssen tatsächlich rechtzeitig erreicht werden (z.B. jährliche Verdreifachung der PV-Installation). 53.

**Herausforderungen der Transformation:**

**Rohstoffverfügbarkeit und Batterieproduktion:** Hohe Abhängigkeit von externen Lieferketten (80% von China) und kritischen Rohstoffen5455. Hohe Energiepreise in Deutschland beeinträchtigen Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Produktion56.

**Akzeptanz und Wirtschaftlichkeit für Verbraucher:** Hohe Anschaffungskosten, Auslaufen von Förderungen, unzureichende Ladeinfrastruktur mindern Akzeptanz. 1018.

**Arbeitsmarkt und Wertschöpfung:** Rückgang der Arbeitsnachfrage in der Kernautomobilindustrie (bis zu 140.000 Jobs bis 2035 gefährdet), aber Schaffung neuer Arbeitsplätze in angrenzenden Sektoren5758. Notwendigkeit massiver Investitionen in Weiterbildung59.

**Nachhaltigkeit und Emissionen im Lebenszyklus:**

**Stromerzeugung und deutscher Strommix:** CO2-Intensität des Strommixes entscheidend für Ökobilanz von EVs6061. Anstieg der CO2-Intensität 2022 durch Kohleanteil61.

**Ökobilanz:** Herstellung des Akkus energieintensiv (oft aus fossilen Quellen)62. Elektroautos gleichen diesen Nachteil im Betrieb aus: mit aktuellem Strommix 25-50% CO2-Ersparnis, mit 100% EE 50-70%63. Break-Even-Punkt nach ca. 50.000-90.000 km63.

**Potenziale:** Batterierecycling (Ziel: 70% für Lithium-Ionen-Batterien bis 2031) und Second-Life-Anwendungen (zweite Nutzung als stationäre Speicher) verbessern Ökobilanz und reduzieren Rohstoffabhängigkeit6465. Bidirektionales Laden (V2G/V2H) als "Game-Changer" für Netzstabilität und Integration erneuerbarer Energien6667.

**Wirtschaftliche Machbarkeit:** Erhebliche Investitionen in Infrastruktur und Netze (6,3 Mrd. Euro für Ladeinfrastruktur)68. Diese Investitionen schaffen Wertschöpfung und Arbeitsplätze69. Verlust von Mineralölsteuereinnahmen als Herausforderung70.

**VII. Fazit: Machbarkeit der vollständigen Elektrifizierung des Straßenverkehrs**

**Grundlegende Machbarkeit:** Die vollständige Umstellung ist prinzipiell machbar, erfordert aber einen konsequenten Ausbau der Erneuerbaren und eine Modernisierung der Netzinfrastruktur34....

**Wichtigste Voraussetzungen:**

**Massiver Ausbau der erneuerbaren Energien**, insbesondere Wind- und Solarenergie, um den zusätzlichen Verbrauch klimaneutral zu decken48. Die Flächen sind ausreichend vorhanden4872.

**Ein intelligentes, robustes Stromnetz**, das Lastspitzen managt und lokal verstärkt wird (Smart Grid, Lastmanagement, V2G)7273.

**Systemische Planung der Sektorkopplung**, um Verkehr, Wärme und Industrie gleichzeitig zu dekarbonisieren74.

**Herausforderungen in der Umsetzung:** Hohes Tempo des Ausbaus, öffentliche Akzeptanz, Fachkräftemangel, Materialverfügbarkeit, regulatorische Anpassungen (z.B. für bidirektionales Laden), Sicherung der heimischen Batteriewertschöpfung10....

**Zukunftsperspektive:** Gelingt die Umsetzung der ambitionierten Ziele, kann Deutschland den zusätzlichen Strombedarf decken und Elektrofahrzeuge können zu einem integralen Bestandteil des zukünftigen Energiesystems werden, indem sie als flexible Stromabnehmer und -speicher agieren und somit das Netz stabilisieren34....

Zusammenfassung Projektstruktur

Tool-Stack

**Streamlit- Web App**

* Dockerfile
* Teilen über GitHub (öffentliches Repo)

Projektmanagement:

* Trello, Kanban Board
* Google-Meet
* Agiler Ansatz (Scrum)

Visualisierung/Data Science:

* Interaktive Plots, Streamlit
* Plotly Diagramme
* Schaltflächen, Slider, Buttons

----------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Gliederung und Aufteilung**

**1.Projektbeschreibung (Thomas)**

* Themenfindung
* Hintergrund & Motivation
* Finales Thema: Machbarkeit …

**2. Fahrzeugbestand / Prognose E-Fahrzeuge (Frank)**

* Fahrzeugarten (Diesel, Benzin,E-Autos, Entwicklung)
* Karte mit Verteilung Fahrzeuge
* Prognose E-Fahrzeuge bis 2030/2035

1. **Strombedarf & Stromerzeugung (Frank/Philipp)**

* Strombedarf für vollständige Elektrifzierung, 3 Szenarien rechnen (Frank)
* Stromerzeugung / Erneubarer Energien (Philip)

**4. Ladeinfrastruktur & Netz (Phillip)**

* Netzbelastung (Leistung erforderlich vs. Leistung aktuell etc.)
* Ladesäulen/Ladepunkte

**5.Fazit / Zusammenfassung (Jeder)**

* Szenarienbewertung (Frank)
* Neue Techniken
  + Vehicel-2\_grid (Philipp)
* Akzeptanz / Arbeitskapazität / etc. (Thomas)