



Womit können wir in Zukunft unsere Räume beheizen?

Sven Linow, sven.linow@h-da.de

Erdgas ist keine „Brückentechnologie“ und wird teuer



- Treibhausgaswirkung von LNG ist größer, als von Kohle
 - Wegen der unvermeidbaren Methan-Emission (flaring und venting)
 - russisches Erdgas war nie besser
 - Hier besteht ein eigenes Kostenrisiko
- Kosten nehmen absehbar schnell zu
 - Versorgungsunsicherheit für LNG
 - ETS (EU Emission Trading System)
 - Militärische Infrastruktur zum Absichern der Handelsrouten usw.
- Netzendgelte für die letzten verbleibenden Verbraucher werden untragbar
 - Wann wird eine Leitung abgestellt?
- Enddatum der Versorgung
 - Wann ist Schluss?
 - Heizung als Stranded Asset

Biomasse ist nicht genug da



- Darmstadt könnte heute ca. 10 % seines Wärmebedarfs aus Biomasse erzeugen
 - Alle Forste werden dann voll bewirtschaftet
 - Keine andere Nutzung mehr möglich
 - So lange hier noch Forste existieren können
- Hessische Forste sind mehrfach belegt
 - Bauholz
 - Biomasse
 - Rohstoffe
 - Weitere Nutzung (Biodiversität, Trinkwasser)
- Importe sind schwierig
 - Hunger
 - Zerstörung von Wäldern
 - „Zertifikate“
- Biomasse wird teuer

Fernwärme (aus Müll)



- Nur wenn ein MHKW in der Nähe ist
 - Nicht auf dem Lande
 - Nicht in vielen Städten
- Netzkosten
 - lohnt sich nur in dichter Bebauung
 - Anschlusspflicht?
- Vorlauftemperatur
 - Hoch → hohe Verluste / hohe Kosten
 - Niedrig → hohe Investitionskosten im Bestand / eigene Wärmepumpe
- Müll ist eine fossile Ressource
 - Risiko CO₂-Emissionen (ETS)
 - Risiko Verfügbarkeit
 - Risiko Müllimport
- Hohes Kostenrisiko

Elektrizität aus Wind & PV bleibt teuer



- Gestehungskosten sind gering
- Erzeugung \neq Bedarf
 - Netzausbau (Kosten)
 - Speicher-Verluste und Investitions-Kosten
- Verfügbarkeit
 - Es ist (noch) nicht genug Erzeugungskapazität da
 - NIMBY und BANANA verhindern angemessenen Ausbau
- Risiko Digitale Technik
 - braucht immense Elektrizität (Rhein-Main)
 - wächst extrem schnell an: deutlich schneller, als die Erzeugung
- Kostenrisiko
 - Falls Erzeugung und Speicher nicht dem Bedarf angepasst sind

Wasserstoff (grün)

Risiken und Kosten

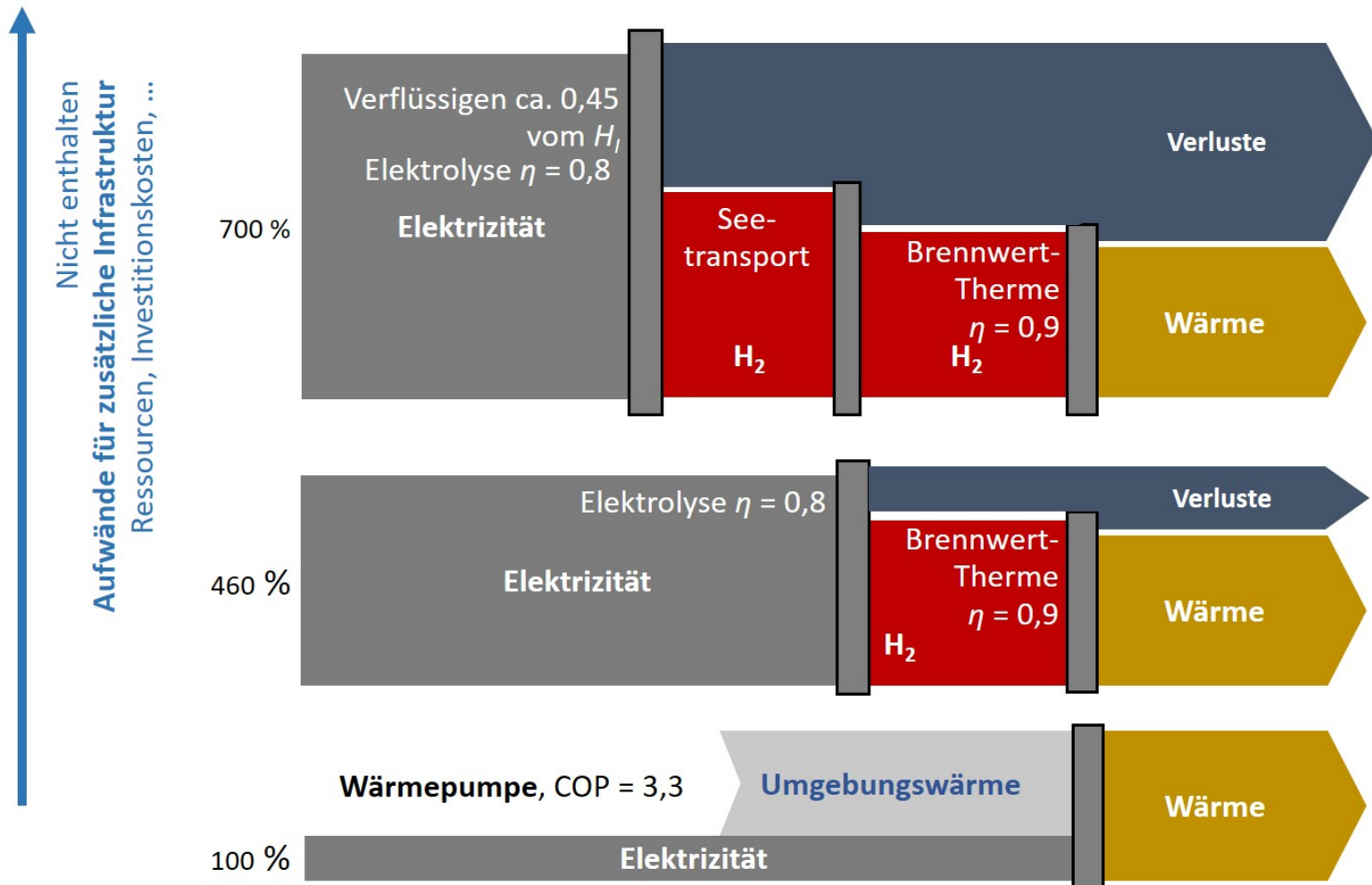
- Es gibt heute keinen Wasserstoff
- Zuerst werden essentielle Bedarfe gedeckt → Industrie
- Transport von Wasserstoff ist sehr (!) teuer
 - H₂ Kompression braucht viel Energie
 - H₂ Verflüssigen braucht viel Energie
 - Transport nur mit dem transportierten H₂ gelingt nicht (es kommt am Ende nichts an)
 - Zusätzlicher Elektrizitätsbedarf (ca. 100 %)
- Wasserstoff ist ein Treibhausgas
 - GWP₂₀ ca. 40 (halb so hoch wie Methan)
 - Kostenrisiko
- Was wird Wasserstoff kosten?
 - Vielleicht 1,- €/kWh ?

Kosten des Eigentümers

- Umbau der gesamten Netz-Infrastruktur
 - Alle Dichtungen
 - Alle Brenner
 - Viele alte Leitungen
 - Temperierung in Niederdruckeinspeisung
 - ...
- Oder neues paralleles Netz?
- Daheim
 - Alle Dichtungen
 - Alle Brenner
 - Viele alte Leitungen
 - Messgeräte
- Was ist „Wasserstoff-Ready“?
 - Was muss dann doch ausgetauscht werden?

Wasserstoff oder Wärmepumpe

Abbildung aus Linow, S. (2025). Quantitative Bewertung von Ressourcen. Methoden – Lösungen – Anwendungen. Hanser, München



Umgebungswärme (mit der Wärmepumpe)

Luft

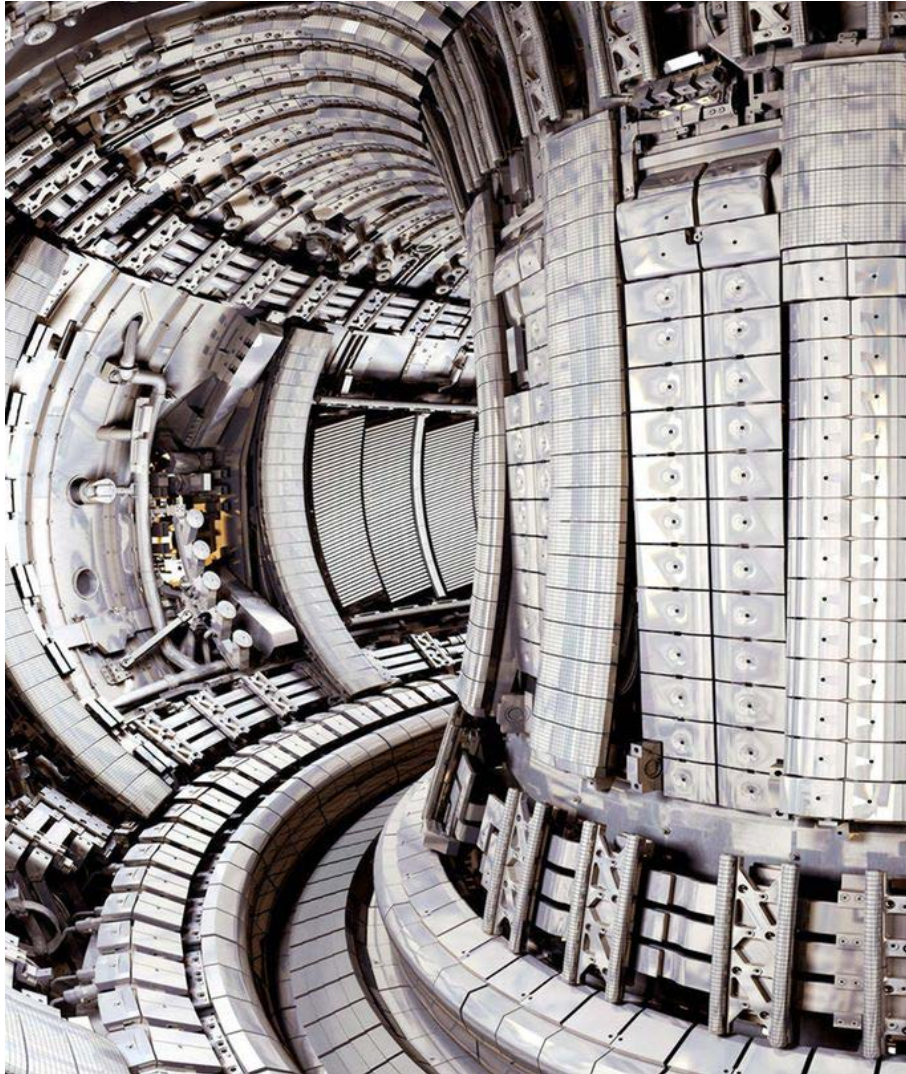
- Variation des COP mit der Temperatur
- Hoher El. Bedarf wenn es kalt ist
 - Gegenüber geothermischer Wärme
- Risiko Netzüberlastung

Geothermie

- Konstante Temperatur
- Günstiger COP
- Extraktive Nutzung vermeiden
 - Wie fließt Wärme im Untergrund nach?

<https://image.geo.de/31626626/t/Kg/v4/w1440/r1.7778/-/vacuum-vessel-jet-i-0150319886h.jpg>

Fusion



- Voraussichtlich in 100 – 500 Jahren?
 - Viele benötigte Technologien sind bisher nicht gezeigt → fundamentales Risiko
 - Unklar ob alle benötigten Technologien technisch möglich sind
 - Technologiereife 1
- Massiver Materialverbrauch
 - Neutronen verändern Metalle im Reaktor
 - Brennt schnell durch vorhandene Reserven
- Viel Abwärme / kaum Elektrizität
 - Sehr hoher interner El.-Bedarf
 - Sehr hoher El.-Bedarf für die Materialversorgung (wird das genügen?)
- Umgang mit hochradioaktiven Komponenten
- Was wird Wärme einmal kosten?

Unser Möglichkeitsraum

- Brauche ich so viel Wärme?
 - 25 °C in allen Räumen immer?
- Muss ich so viel Wärme an die Umgebung abgeben?
 - Fenster
 - Wände, Dächer
 - Temperaturregeln über Lüften? Wegen der Fußbodenheizung?
- Was bleibt:
 - Biomasse (ich lebe auf dem Land und habe ein großes Grundstück)
 - Industrielle Abwärme → Wärmenetze, kalt oder warm
 - Wärmepumpe

Back-Up

Rückblick – Energie

Fizaine, F. & Court, V. (2016).

Energy Expenditure, economic growth, and the minimum EROI of society. .

Energy Policy, 95, 172-186]

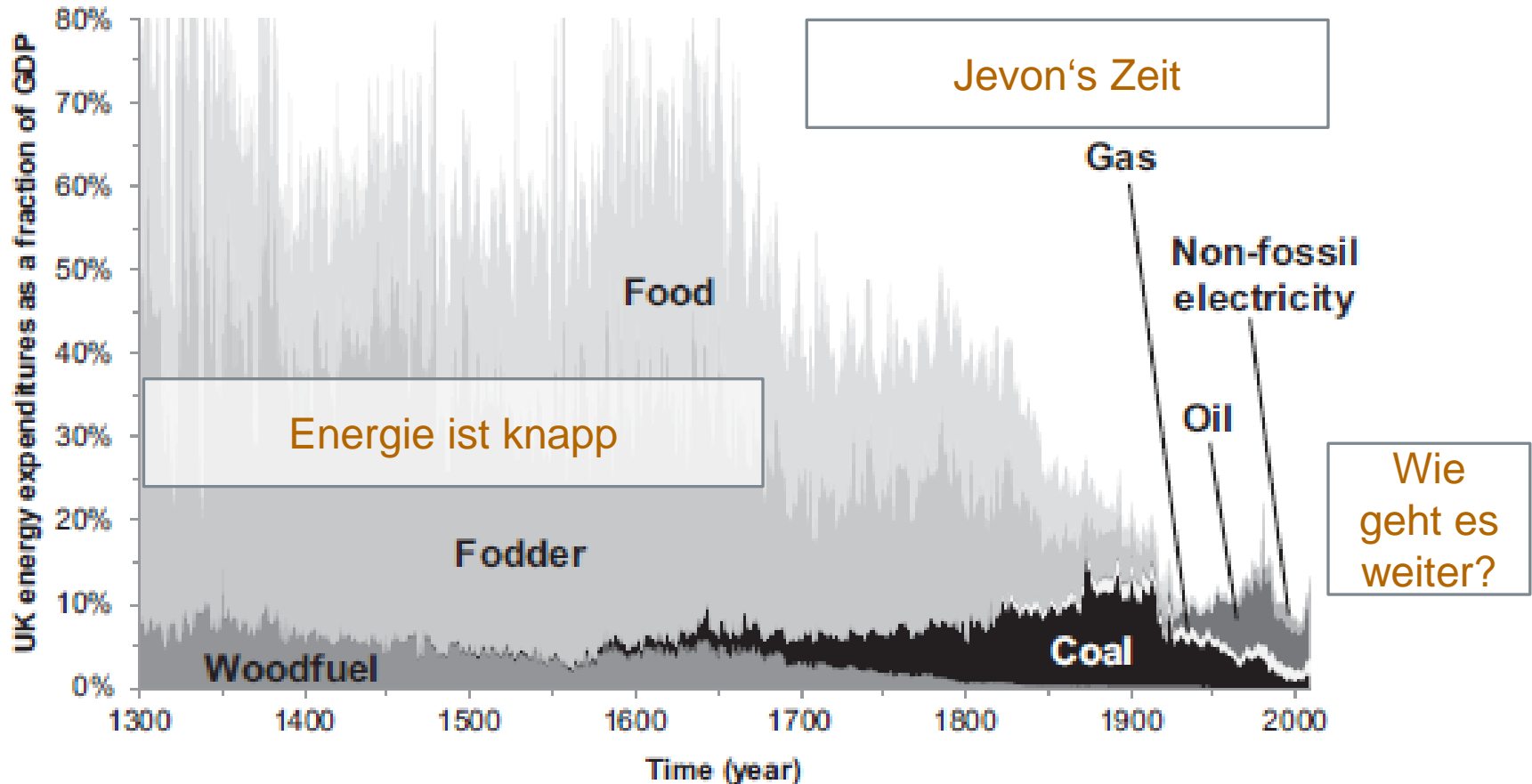
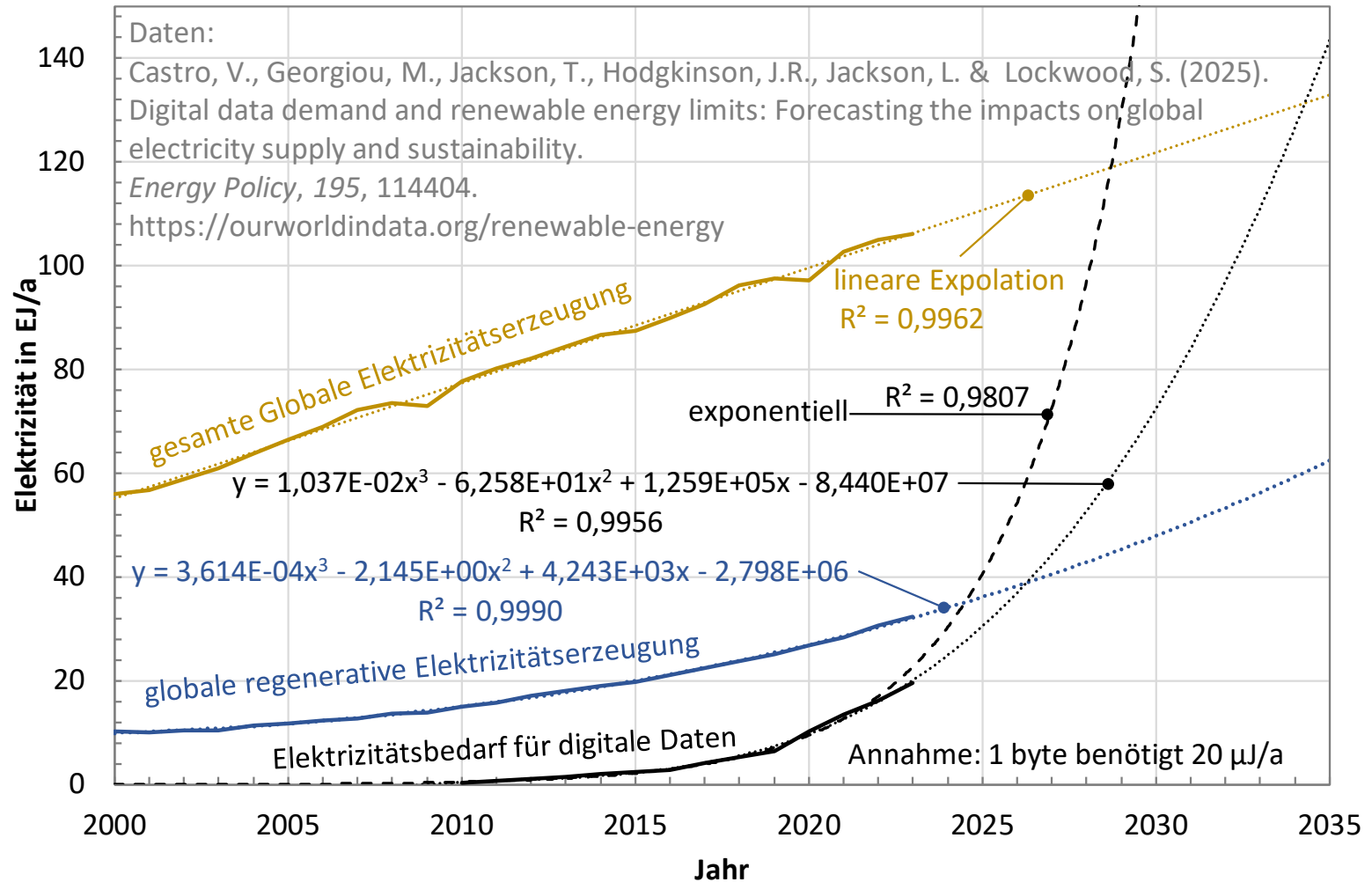


Fig. 7. UK energy expenditure estimates from 1300 to 2008 with decomposition by energy type.

Wofür werden wir die Elektrizität einsetzen?

Abbildung aus Linow, S. (2025). Quantitative Bewertung von Ressourcen. Methoden – Lösungen – Anwendungen. Hanser, München



Effizienz befreit uns nicht von unserer begrenzten Welt

Abbildung aus Linow, S. (2025). Quantitative Bewertung von Ressourcen. Methoden – Lösungen – Anwendungen. Hanser, München

