

Wasserstoff als Energieträger für alles?

Der Versuch, die Idee von Prof. Dr.
Justi, TU Braunschweig, zu Ende zu
denken

TU-Braunschweig, den 11.11.2011
Karl-Heinz Tetzlaff
tetzlaff@h2-patent.eu



Justi, 1964 - 1980

Wasserstoffwirtschaft als Gesundheitsplan einer kranken Energiewirtschaft

Vorgeschlagen wurde 1964 die DESERTEC –Idee mit Herstellung von Wasserstoff in Nordafrika und Nutzung dieses Wasserstoff „an einem zentralen Punkt der Stadt.“

Zu einer konsequent dezentralen Nutzung des Wasserstoffs mochte Justi sich nicht bekennen, obwohl er als Schüler von Nernst, einer der herausragenden Brennstoffzellenforscher* seiner Zeit war. Zu groß war sein „Respekt“ vor dem gegenwärtigen Energiesystem von dem keine Rationalität zu erwarten sei.**

* Die Standzeit seiner Brennstoffzelle ist mit 40.000 h auch heute noch der Benchmark

** Bockris/Justi „Wasserstoff – Energie für alle Zeiten“; Pfriemer Verlag 1980

Neustart

Nichts auf der Welt ist so mächtig wie eine Idee, deren Zeit gekommen ist.

Victor Hugo

Grundsätzliches

Wir können Probleme nicht mit den Denkmustern lösen, die zu ihnen geführt haben...

Albert Einstein

Den neuen Herausforderungen, die wir meistern müssen, können wir nicht mit einem simplen Reparatur-Kit für die Unzulänglichkeiten unserer heutigen Energiewirtschaft beikommen.

Wir brauchen nicht nur ein zukunftsfähiges Energiekonzept, das fluktuierende regenerative Energien problemlos integrieren kann.

Wir brauchen in erster Linie ein absolut zuverlässiges Konzept, das dauerhaft eine sichere und nachhaltige Energieversorgung zu wettbewerbsfähigen Preisen garantiert.

Lösungsansatz

Eine verstärkte Nutzung von Wasserstoff als universellem sekundären Energieträger ermöglicht genau eine solche dauerhaft sichere und nachhaltige Energieversorgung - zu Preisen für Strom, Wärme und Mobilität, die sehr viel niedriger sind als heute.

Die Installation einer biobasierten Wasserstoffwirtschaft verlangt von uns keine gewaltigen Investitionen, sondern in erster Linie eine intellektuelle Anstrengung – ein neues Denkmuster, um mit Einstein zu sprechen.

Wir können alle atomaren und fossilen Energien durch erneuerbare Energien **aus der Region** ersetzen. Das ist anders als beim Justi-Ansatz.

Welche Technologien sind erforderlich?

- Industrielle Herstellung von Wasserstoff
 - z. B. Wasser-Elektrolyse (Siemens)
 - **Vergasung kohlenstoffhaltiger Energieträger wie Biomasse** (H₂-Patent GmbH)
- Verteilung des Wasserstoffs mittels Rohrnetz
 - Das Erdgasnetz ist (fast) uneingeschränkt nutzbar. Es bedarf mehr politischen Willens denn technischer Änderungen.
- Nutzung von Brennstoffzellen durch Endverbraucher
 - Brennstoffzellen sind hinreichend entwickelt. Bei entsprechender Nachfrage kann und wird die Produktion reagieren.

Alle drei Technologien an sich sind unumstritten. Die Bündelung dieser Technologien zu einer nahezu verlustfreien Energiewirtschaft ist als innovativer Denkansatz *unique*.

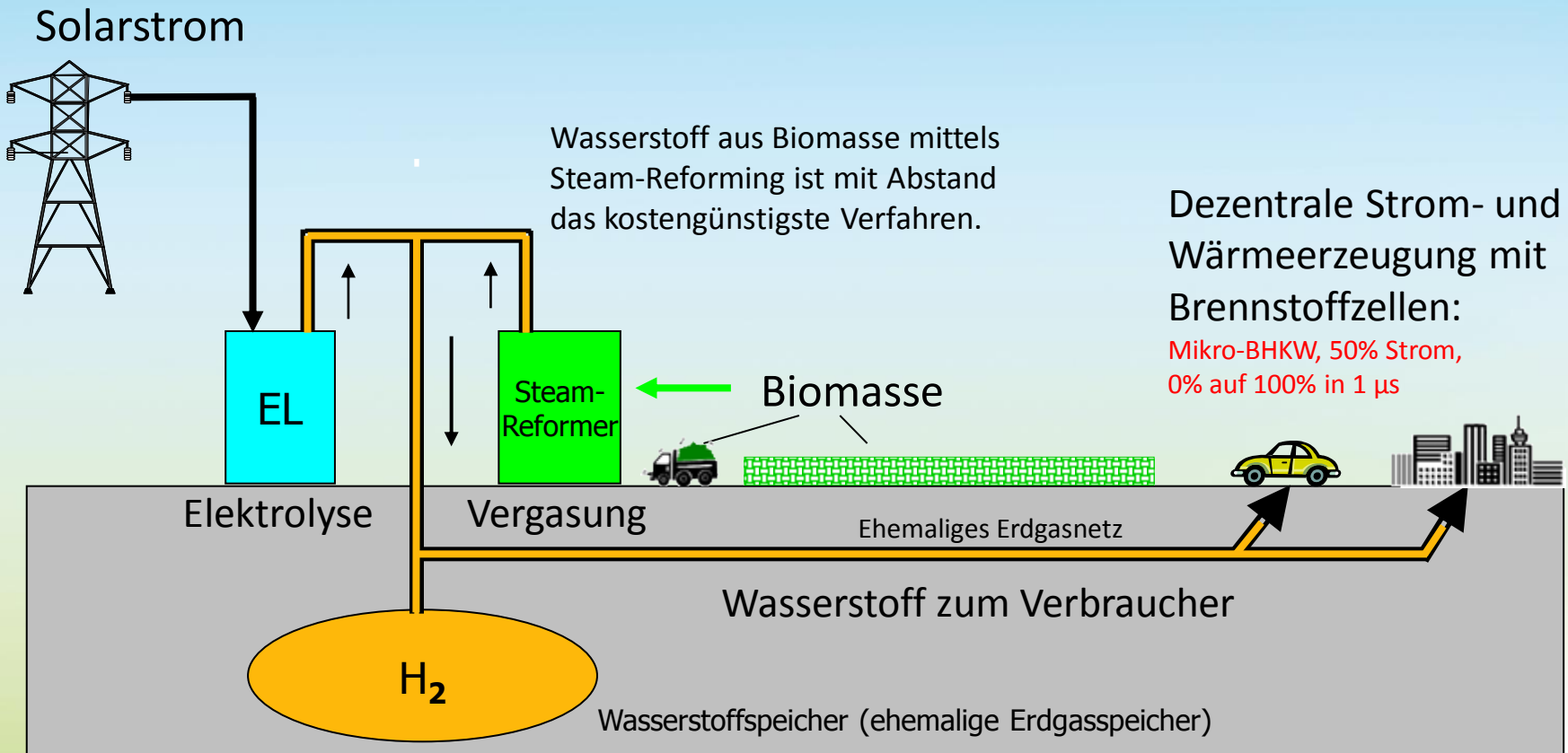
Was ist anders?

- Anstelle der Nutzung einer Vielzahl von Energieträgern und ihrer zugehörigen Technologien, wird **nur ein einziger Energieträger** (Wasserstoff) genutzt.
- Anstelle einer Vielzahl von Verteilungsstrukturen, wird **nur eine einzige Struktur** (Rohrnetz) genutzt.
- Anstelle einer Vielzahl von Konversionstechnologien für Strom, Wärme und Mobilität, wird **nur eine einzige Konversionstechnologie** (Brennstoffzelle) genutzt.

fast so einfach wie Einsteins $E = mc^2$

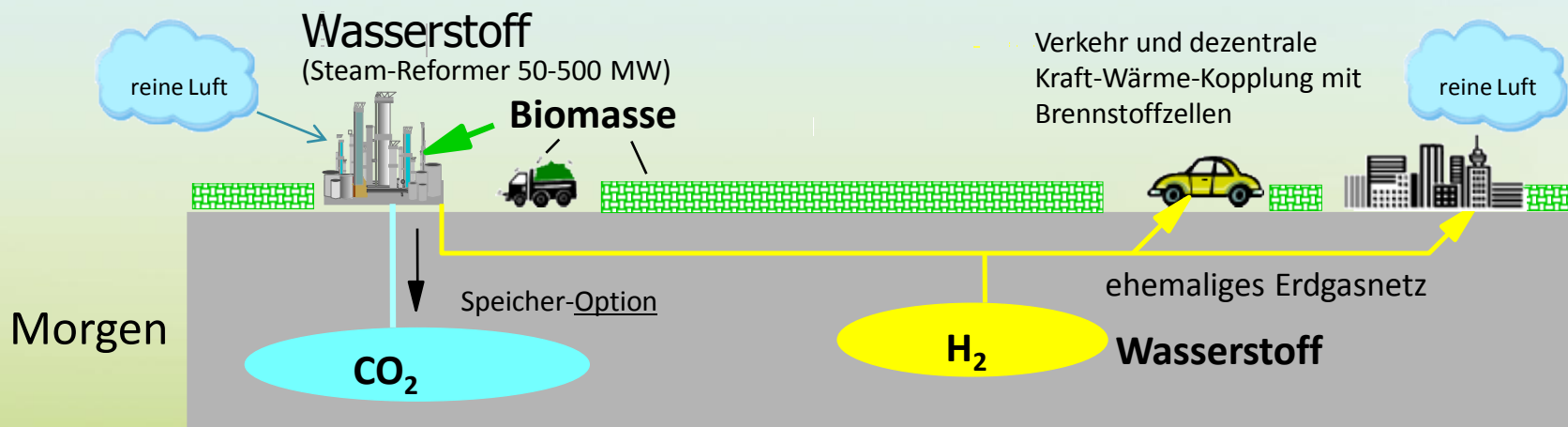
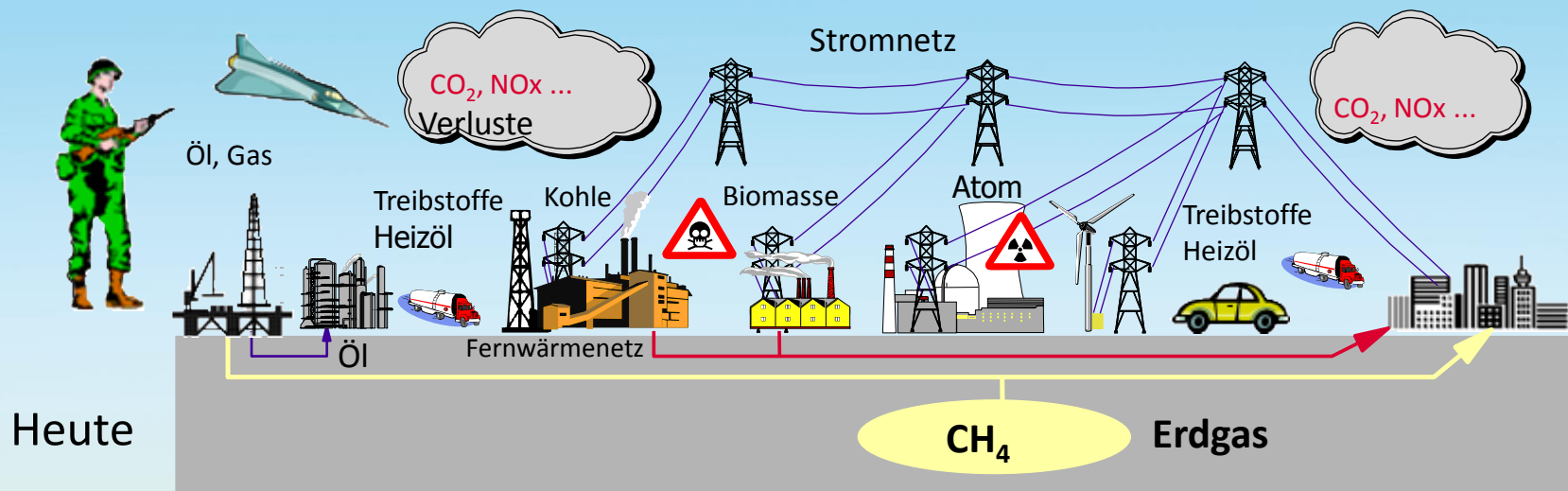
Echte grüne Wasserstoffwirtschaft

Wasserstoff zum Endverbraucher



Durch den systembedingten Stromüberschuss entsteht eine wärmegeführte Energiewirtschaft, die prinzipiell **verlustfrei** ist.

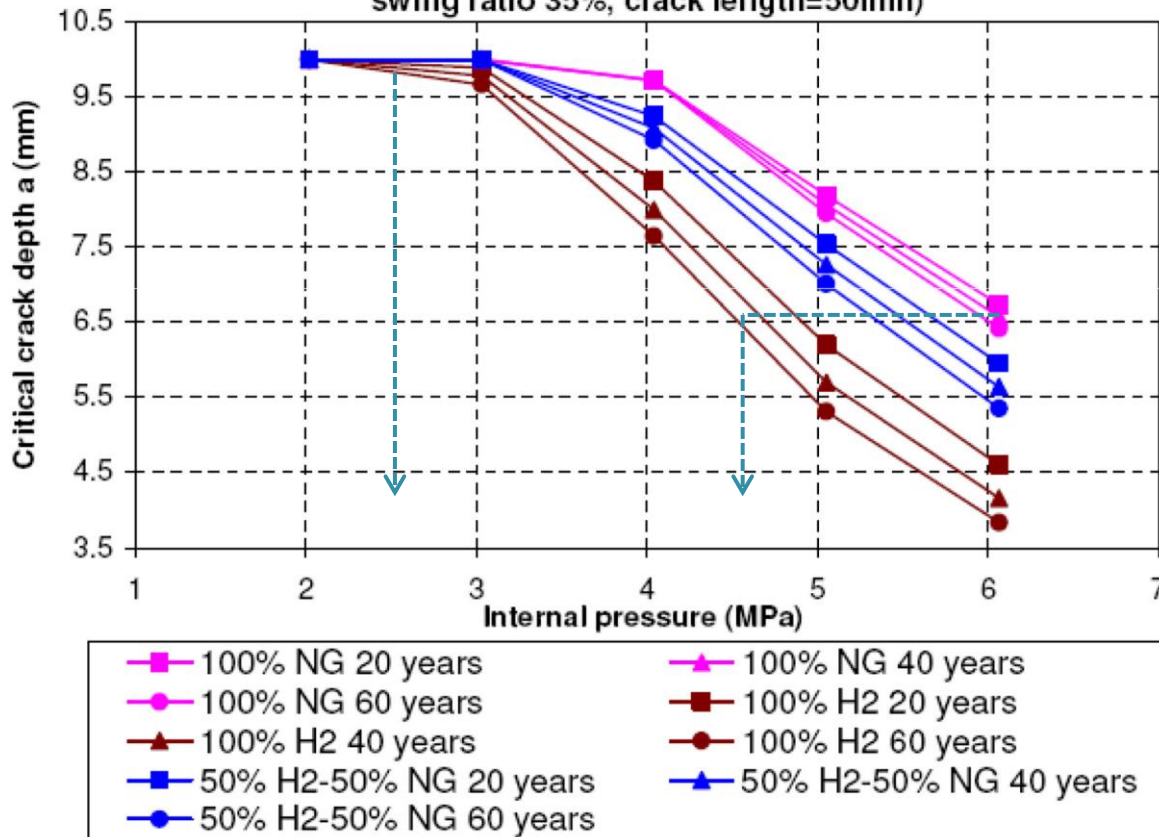
Paradigmenwechsel



Eine grüne Wasserstoffwirtschaft ist mehr als eine Technologie

Wasserstoff in Erdgasleitungen

Critical initial crack depth a v.s internal pressure (X52, pressure swing ratio 35%, crack length=50mm)



Quelle: DBI^{GUT} ;aus NATURALHY-Endbericht 2009

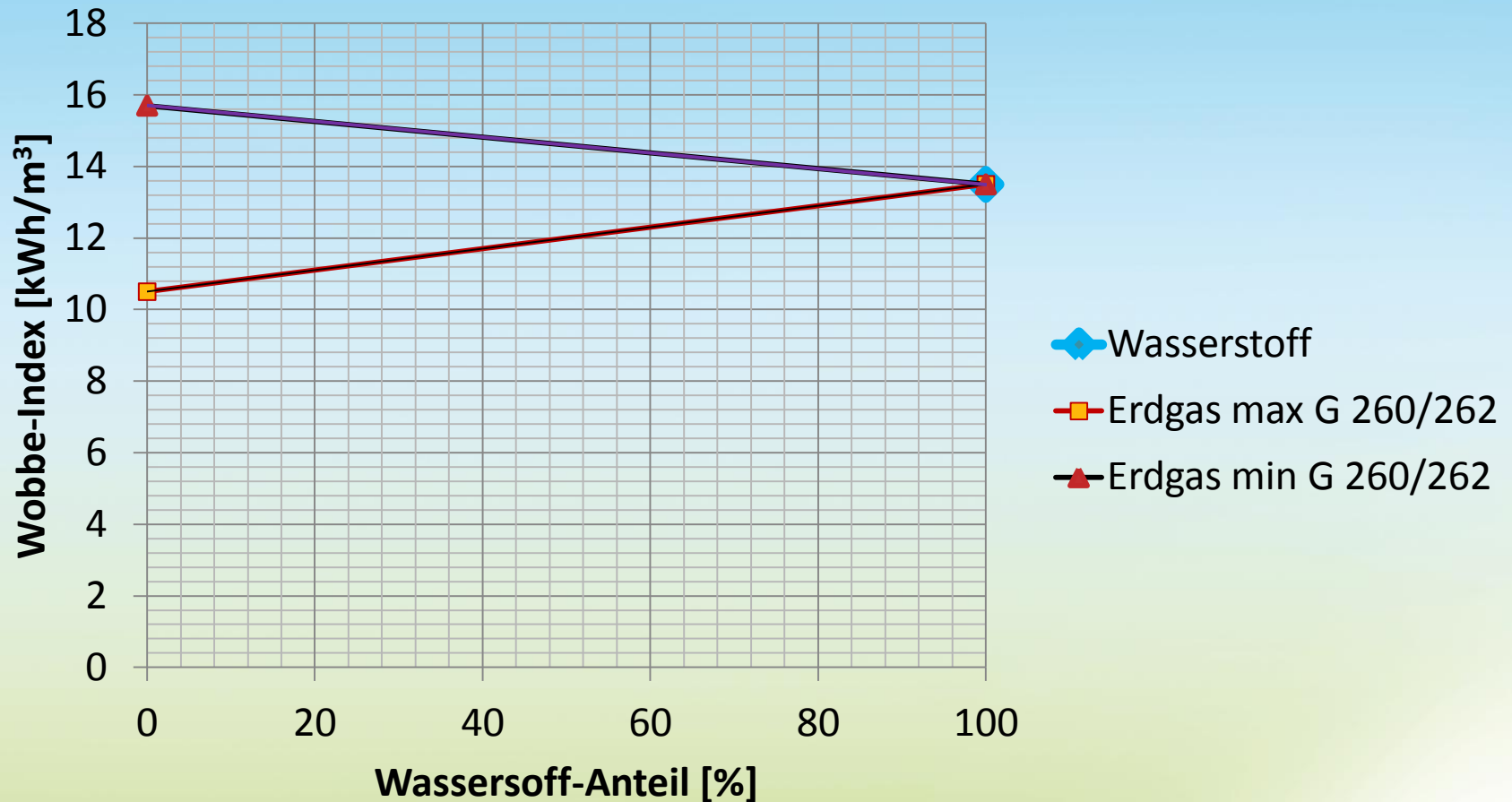
Konsequenzen für X52:

Absenkung des Drucks um 25%,
oder Zugabe von 500 ppm O₂,
oder Verkürzung der
Inspektionsintervalle

Eine Wasserstoffwirtschaft ist
andererseits eine regionale
Gaswirtschaft bei der Drücke
über 2,5 MPa (25 bar) nicht
benötigt werden. Eine
Versprödung von Stählen durch
Wasserstoff ist selbst bei
diesem sehr spröden Stahl
nicht zu erwarten.

Bei der Umstellung des Erdgasnetzes auf Wasserstoff sinken die
Leckverluste von 0,1% auf 0,04% der transportierten Energiemenge

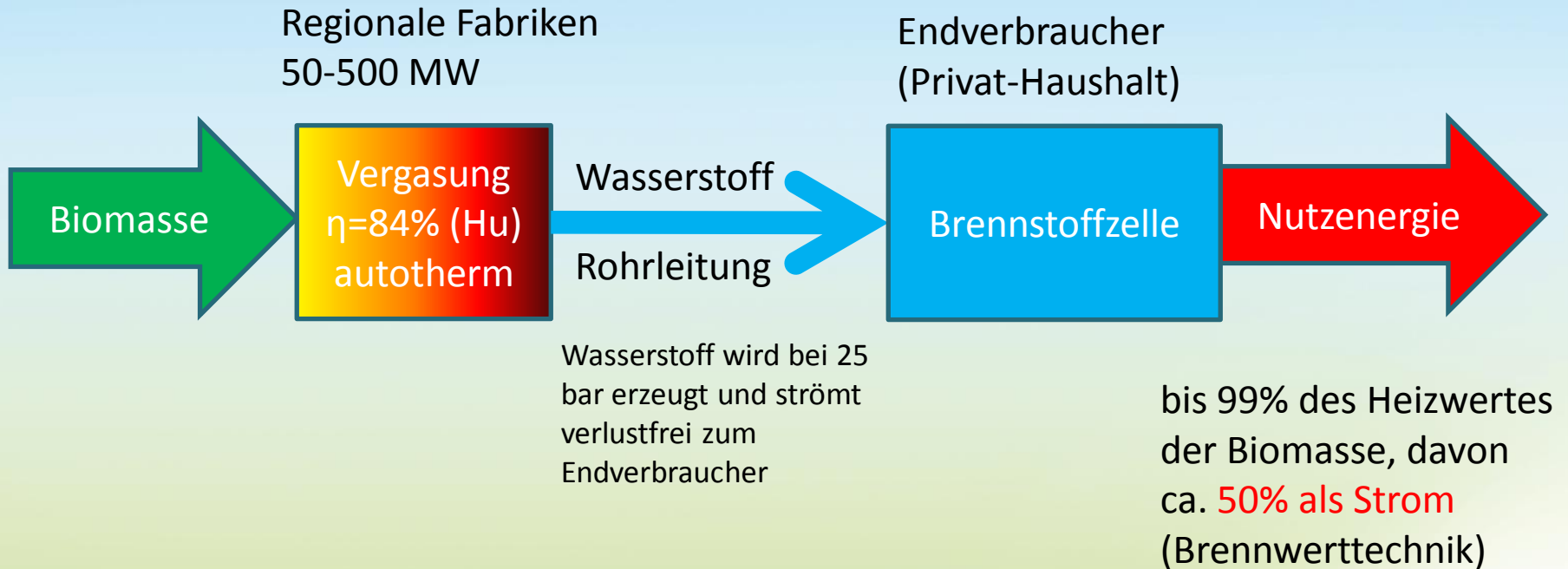
Wobbe-Index



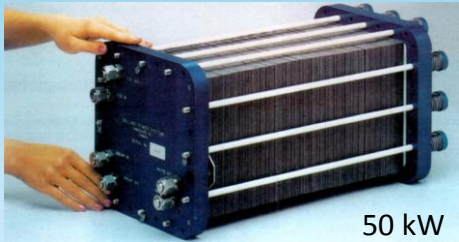
Bei gleichem Wobbe-Index muss die Brennerdüse nicht ausgewechselt werden (Bei der Umstellung von Stadtgas auf Erdgas war das anders).

Die Transportleistung eines gegebenen Netzes ist für Erdgas und Wasserstoff ungefähr gleichgroß.

Effizienz der Energiekette

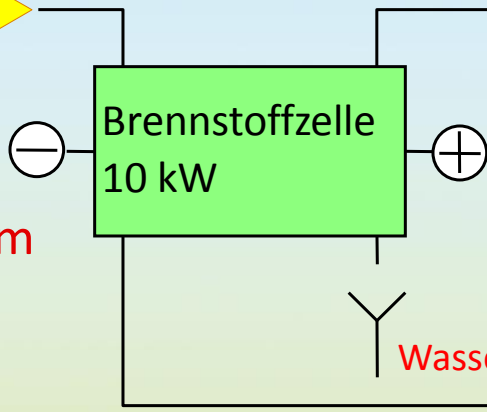
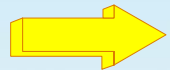


Brennstoffzellenheizung mit Wasserstoff

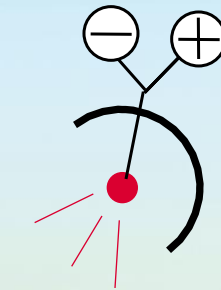
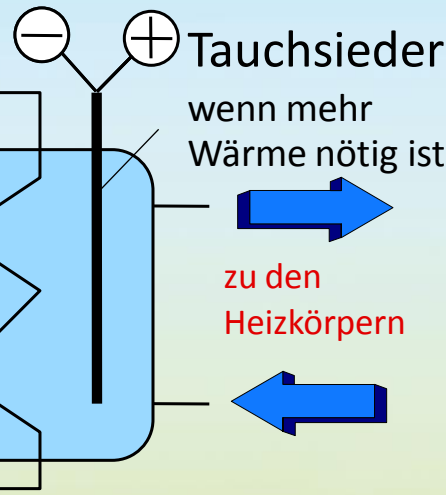


50 kW

Wasserstoff



Wegen Stromüberschuss



IR-Strahler,
"Kachelofen" ...

Die Brennstoffzelle hat die Funktion eines Brenners, der den Wasserstoff je zur Hälfte in Strom und Wärme wandelt.

Räume werden nur bei Bedarf elektrisch beheizt.

Brennstoffzellensysteme kosten bei Massenfabrikation von 100.000 Stück ca. 50 €/kW_{el}.

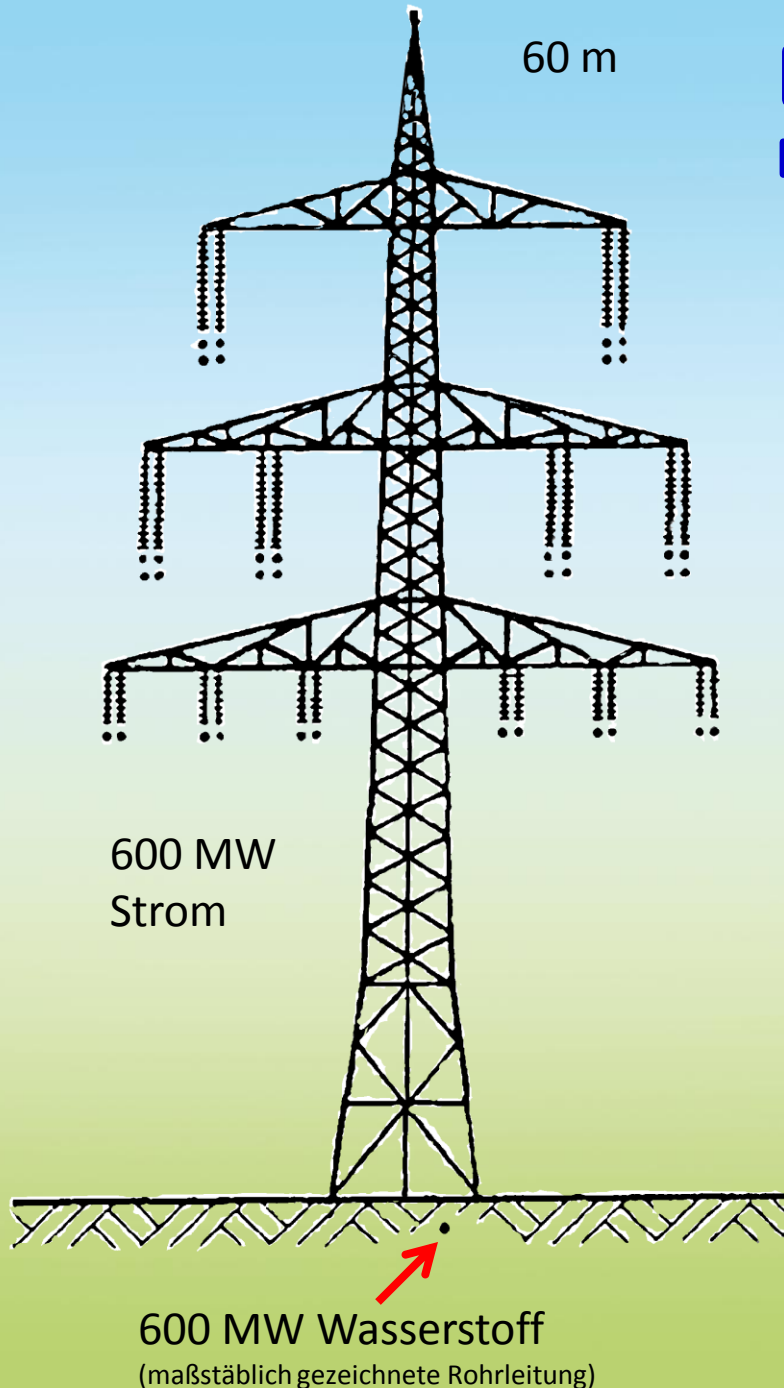
Es wird eine Standzeit von 100.000 h erwartet.

(Final Report Roads2HyCom 2009; DOE Fuel Cell Market Report 2011)

Eine Brennstoffzellenheizung (im Wasserstoffnetz) kostet weniger als ein konventioneller Heizkessel

Energiekostenverteilung

Kosten vom Erzeuger zum Haushalt



Transportkosten für Haushaltskunden:

Wasserstoff = 0,7 ct/kWh

Strom = 9,3 ct/kWh (für 2009 genehmigt)

Beispiele für Stromkosten, Haushaltstarif*:

Strom aus eigenen Brennstoffzellen =

$4 + 0,7 = 4,7$ ct/kWh

Strom aus *abgeschriebenen* Atomreaktoren =

$2 + 9,3 = 11,3$ ct/kWh

Vision Wüstenstrom (DESERTEC)

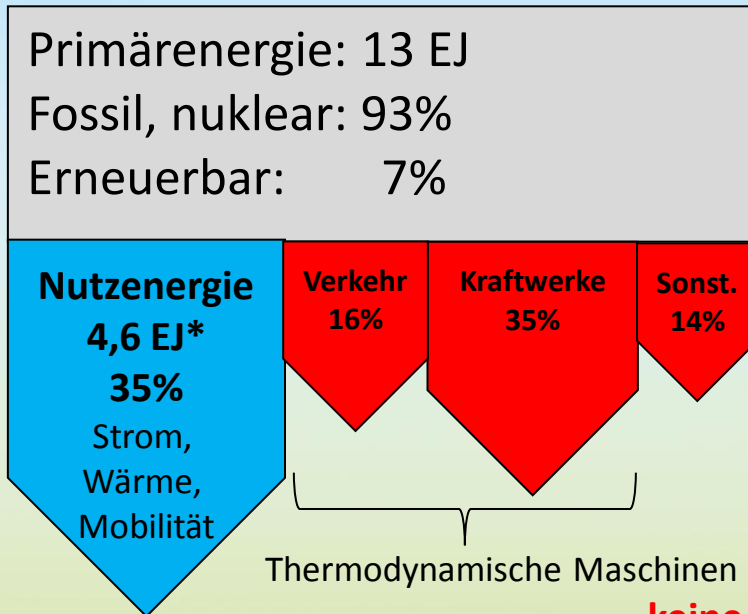
$6 + 3 + 9,3 = 18,3$ ct/kWh

* ohne Steuern

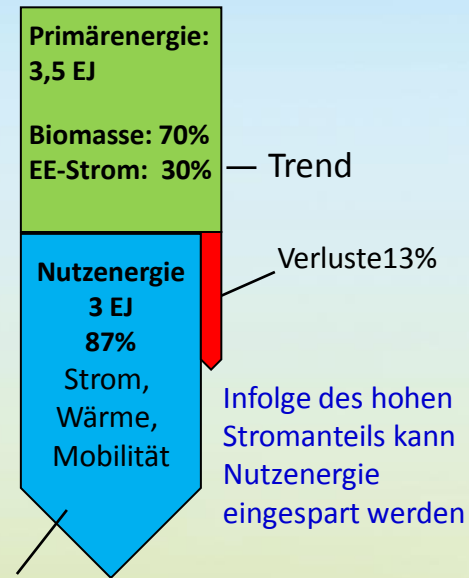
**Was bedeutet das
volkswirtschaftlich?**

Energiewirtschaft heute und morgen

Energiewirtschaft DE 2007



Wasserstoffwirtschaft DE 2030



keine Einschränkung im Energiekomfort

In einer künftigen Wasserstoffwirtschaft sinkt der Primärenergieverbrauch auf ein Viertel – bei gleichem Komfort.

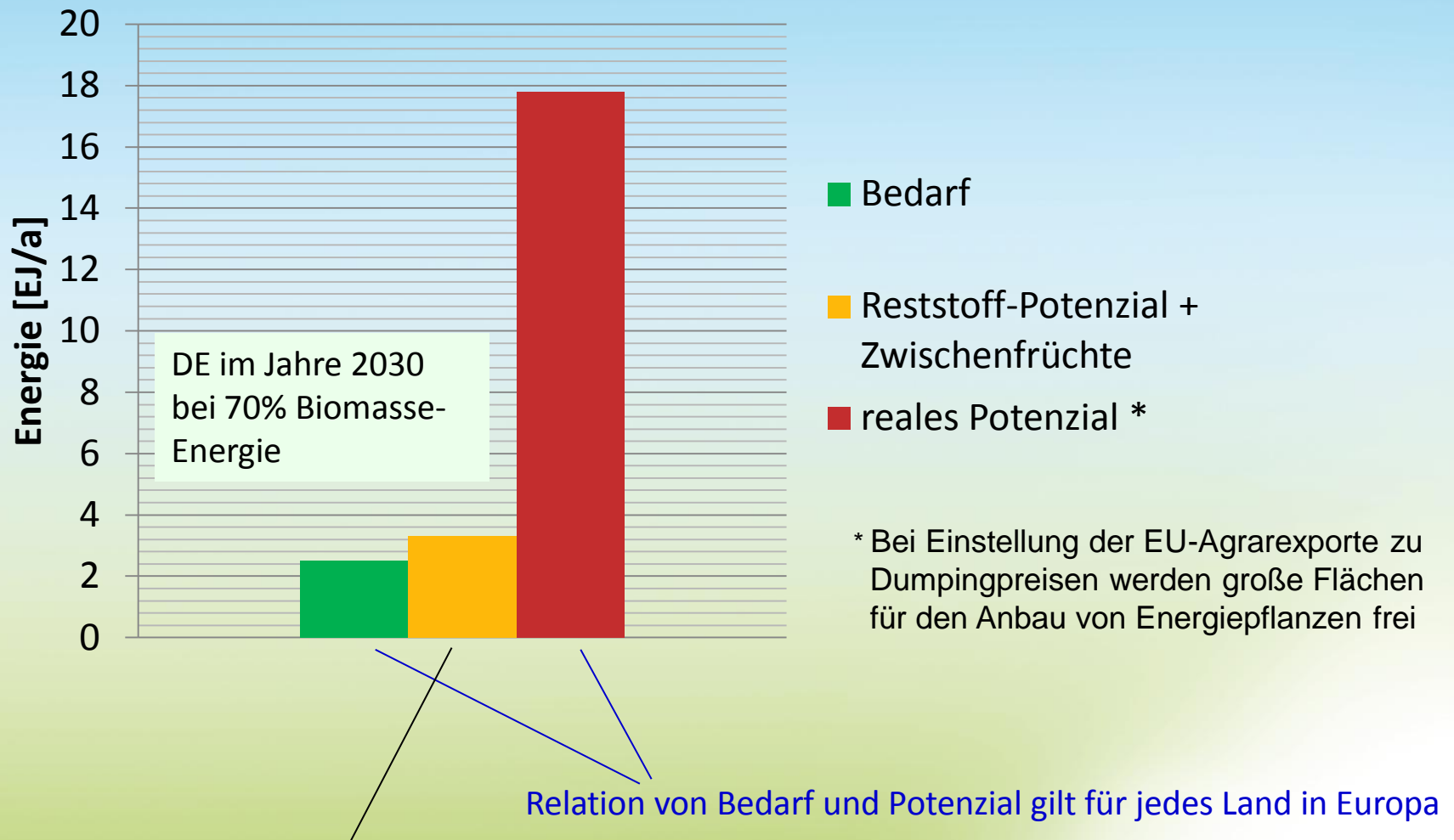
* aus BWK61,6(2009) mit Korrektur: Strom=Nutzenergie (4,4 +0,2 = 4,6 EJ)

Faktor Vier

Eine Effizienzsteigerung um den Faktor 4 bedeutet:

- Energiekosten sinken mindestens auf ein Viertel
 - Darüberhinaus sinken die Kosten weil:
 - Biomasse kostengünstiger ist als atomare und fossile Energien,
 - die Technologien zur Energiewandlung kostengünstiger sind,
 - das Stromnetz nicht mehr benötigt wird,
 - keine sozialen Kosten der Energieerzeugung anfallen.
- Das Potenzial der Biomasse steigt um *mehr* als den Faktor 4

Bio-Potenzial wissenschaftlich betrachtet



Wir könnten also ohne Bio-Importe oder Anbau von Raps (Biodiesel), Weizen und Mais (Ethanol und Biogas) **alle atomaren und fossilen Energien ersetzen**, wenn wir uns auf die Wasserstoffwirtschaft einlassen.

Investitionen für die neue Wasserstoffwelt

Versorgungsumfang	Wasserstoff-Fabriken [Mrd. €]	Netz [Mrd. €]	Σ [Mrd. €]
75 %	15	5	20
100%	20	20	40

Mit einer einmaligen Investition von 40 Mrd. € schaffen wir aus lokalen Ressourcen eine dauerhaft sichere und nachhaltige Energieversorgung zu Preisen, die in allen Marktsektoren niedriger sind als heute.

Zum Vergleich:

- 40 Mrd. €/a Investitionen des Energiesektors
- 80 Mrd. €/a Energie-Importe (Wertschöpfung bleibt zukünftig im Lande)
- >100 Mrd. €/a Kostenentlastung von Industrie und Haushalten
- 20 bis 200 Mrd. €/a Entlastung von sozialen Kosten der Energiegewinnung

Die Installation einer Wasserstoffwirtschaft wird ein Feuerwerk der Prosperität entfachen!

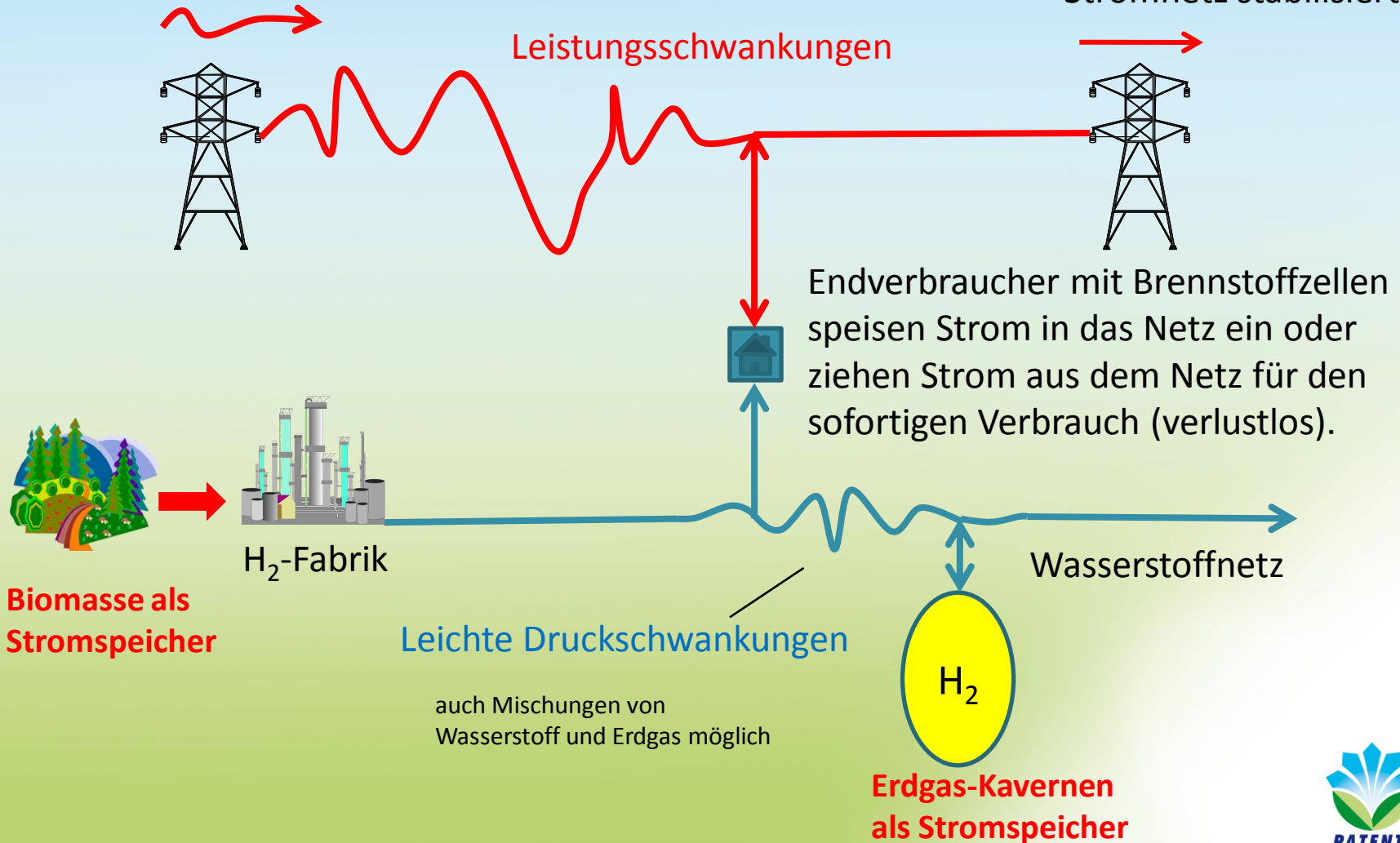
Stabilisierung des Stromnetzes

Ein willkommener Synergie-Effekt
der Wasserstoffwirtschaft

Netzstabilität durch Parallelbetrieb mit einem Wasserstoffnetz

Instabilität durch Nutzerverhalten und fluktuierende Einspeisungen

Stromnetz stabilisiert



Netzstabilität durch Parallelbetrieb mit einem Wasserstoffnetz

Instabilität durch Nutzerverhalten und fluktuierende Einspeisungen

Stromnetz stabilisiert



Solarstrom *just in time* – durch Bio-Wasserstoff

- Es sind **keine zusätzlichen Investitionen** erforderlich
 - Eine Wasserstoffwirtschaft wird aus ökonomischen Gründen kommen.
- Es entstehen **keine Verluste**
 - Strom wird nicht konvertiert, sondern anstelle von Brennstoffzellenstrom genutzt.
- Die Stabilisierung ist **zeitlich unbegrenzt**
 - ehemalige Erdgaskavernen: 2 Monate,
Biomasse: zeitlich unbegrenzt
- Die Stabilisierung geschieht **verbrauchsnahe**
 - Keine neue Speicher-Infrastruktur erforderlich

Damit gäbe es für den Ausbau von Wind- und PV-Strom keine Restriktionen mehr.

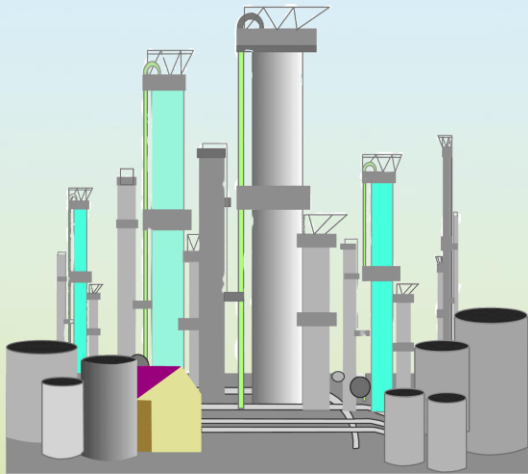
„Wenn das Speicherproblem gelöst ist, werden die Erneuerbaren Energien fliegen!“

A. Brabeck, Pressesprecher RWE, 2010

Wie mit der Wasserstoffwirtschaft beginnen?

Einspeisung in eine Haupt-Erdgasleitung

Wasserstoff-Fabrik



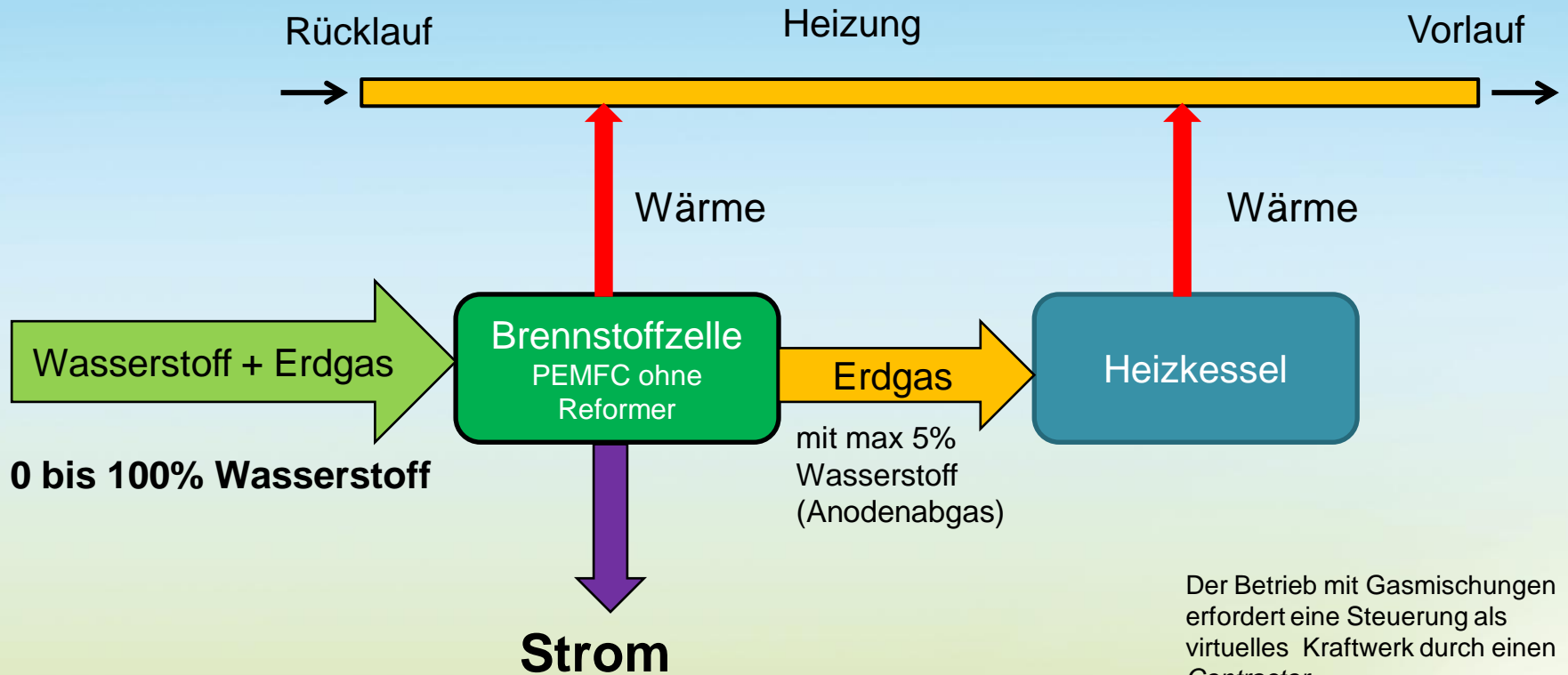
H_2 ↓
Vorhandenes Erdgasnetz

Bis zu 20% Wasserstoff im Erdgas



Bilanztechnische Versorgung von Erdgas-BHKWs mit grünem Gas (Umstellung von KWK-Bonus auf EEG). Reduzierter *Carbon Footprint*.

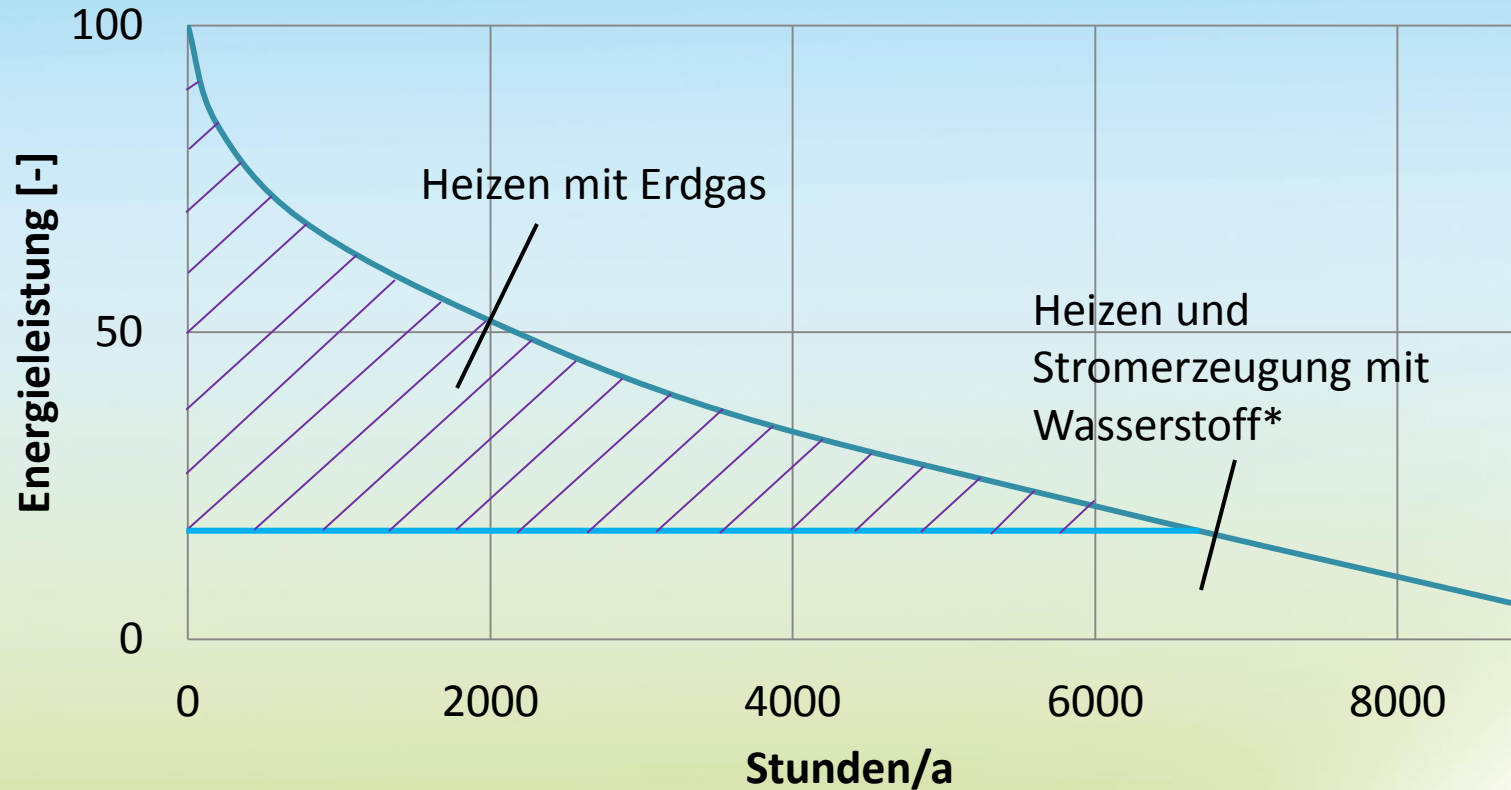
Brennstoffzellen-Vorsatz für die alte Heizung



Die Brennstoffzelle wird einfach vor den alten Heizkessel gesetzt. Die Spitzenlast im Winter übernimmt das Erdgas. Bei Revision der H₂-Fabrik wird kurzzeitig der alte Zustand automatisch wieder hergestellt.

Stromerzeugende Heizung

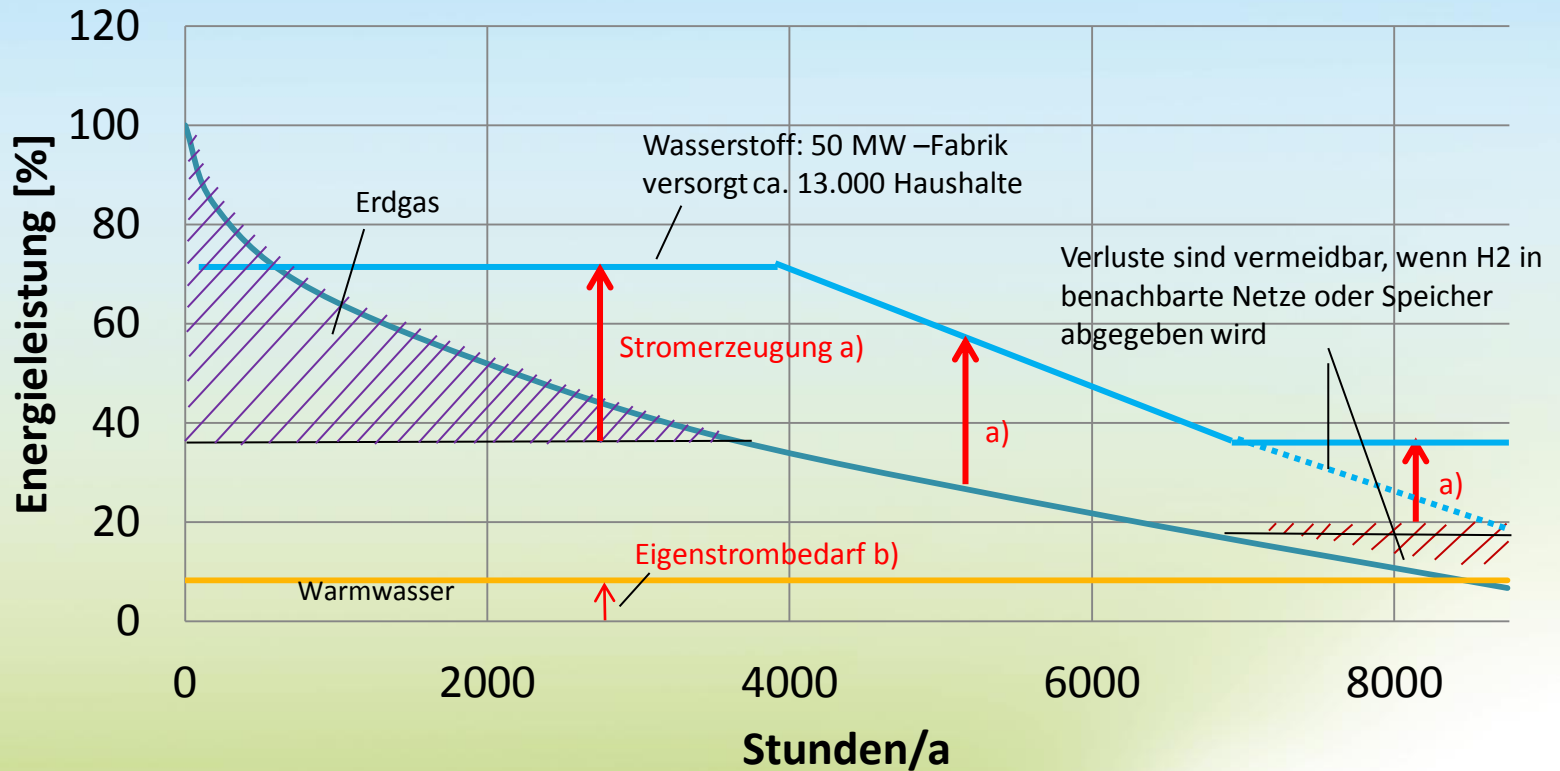
mit Brennstoffzelle und Heizkessel ohne Reformer
(ohne H₂-Speicher)



* Export von Überschuss-Strom nach EEG möglich

Stromerzeugende Heizung

mit Brennstoffzelle und Heizkessel ohne Reformer
(ohne H₂-Speicher)



Thermochemische Herstellung von Wasserstoff

Verfahrensprinzip



Energiegehalt:
Gas: 80%
Holzkohle: 20%

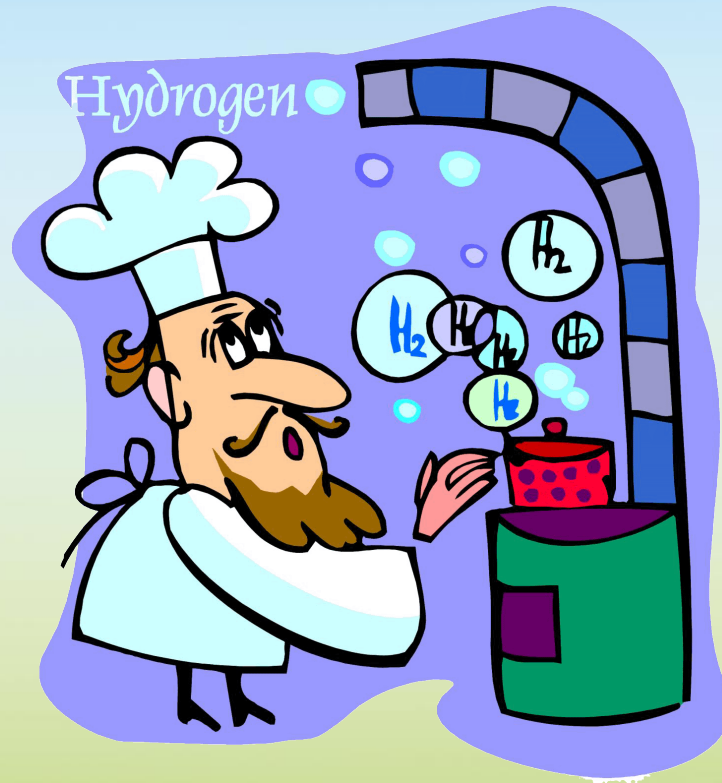
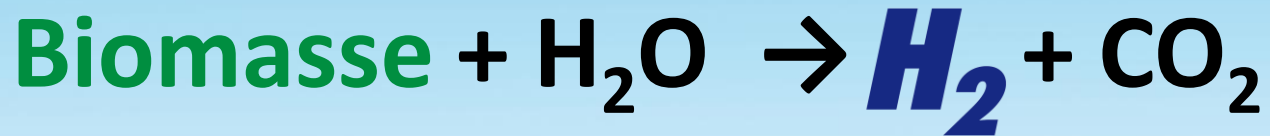
Köhlerei

Nur die Nutzung hat sich geändert.
Wir sind heute am Gas interessiert.

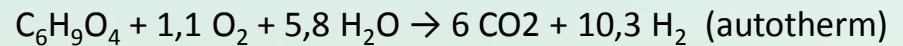
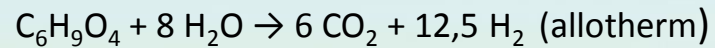
Die Herstellung von Koks aus Steinkohle (Hochofen) nach diesem Prinzip und die Nutzung des Gases (Stadtgas) hat die industrielle Revolution des 19. Jahrhunderts eingeleitet. Die Nutzung von Wasserstoff aus Biomasse wird eine ähnliche Revolution einleiten.*

* Written Declaration 0016/2007 of the European Parliament: “**on establishing a green hydrogen economy** and a **third industrial revolution** in Europe through a partnership with committed regions and cities”

Rezept



Holz:

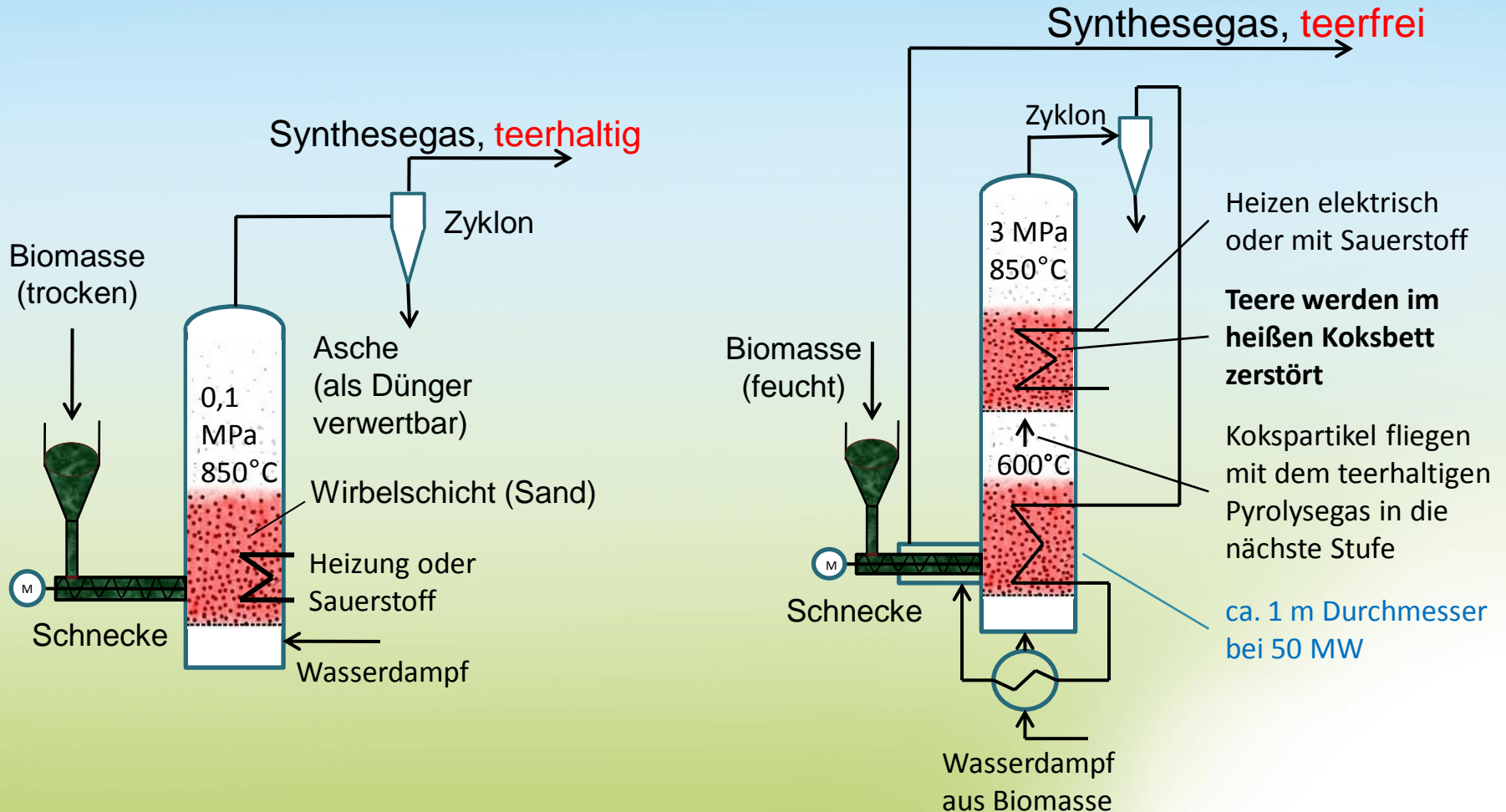


ca. 850°C

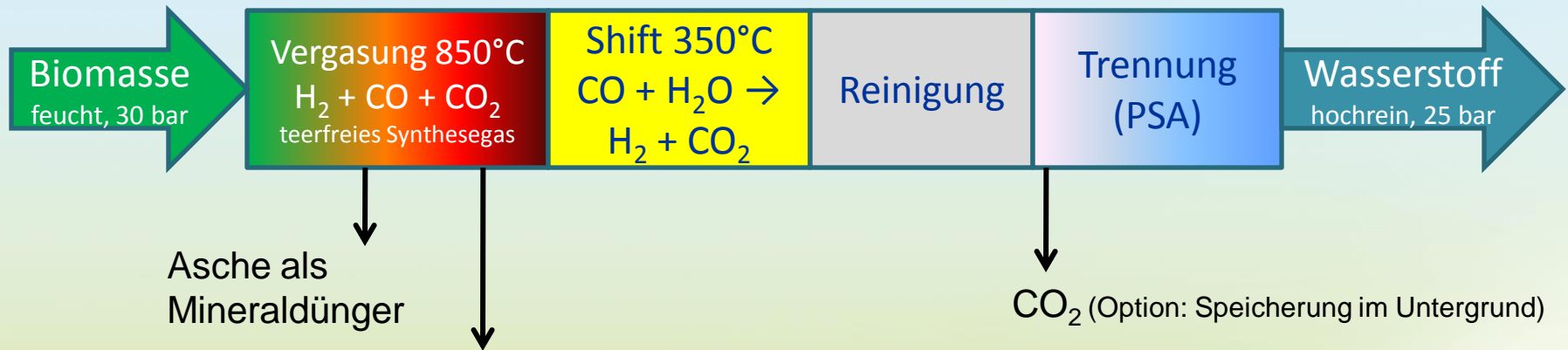
Es handelt sich um eine endotherme Energiewandlung, bei der prinzipiell keine Energieverluste entstehen.

Vergasung in einer Wirbelschicht

Stand der Technik und innovativ



Aus Synthesegas wird Wasserstoff



Option:

Holzkohle als Bodenverbesserer (Terra Preta)

- macht Wüsten grün
- macht den Treibhauseffekt rückgängig

Vergleich biologisch/chemisch



Biologisch 5 MW

Biogas (Methan)

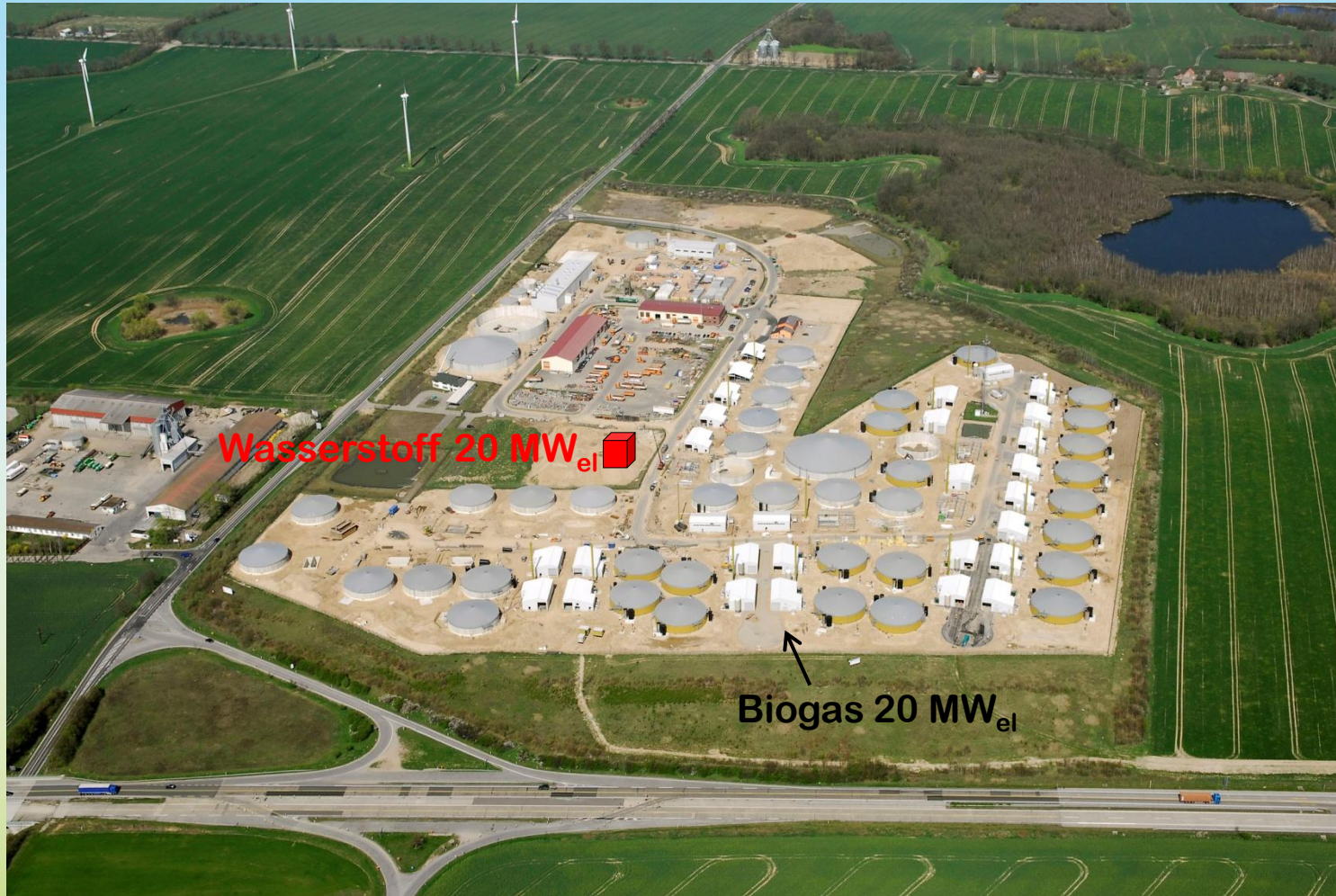


8 MW Vergasungsanlage in Güssing (Österreich) nutzt Synthesegas direkt zur Stromerzeugung. Synthesegas (40% H₂) ist die Vorstufe zum reinen Wasserstoff.

Hauptreaktor:
1,6 m
Durchmesser

Bei Umstellung auf Wasserstoff nach Innovationen der H₂-Patent GmbH könnte diese Anlage **200 MW Wasserstoff** produzieren. Heute werden hier 2 MW Strom und 4,5 MW Wärme aus Synthesegas produziert.

Vergleich Biogas - Biowasserstoff



Projektion Penkun

Überlebensfrage

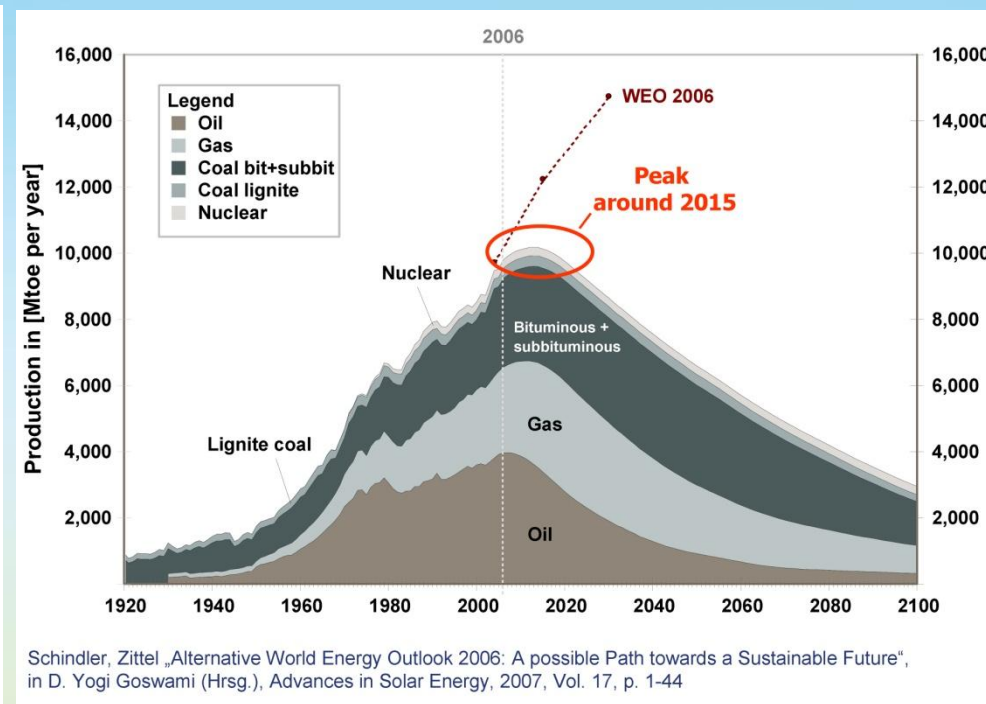
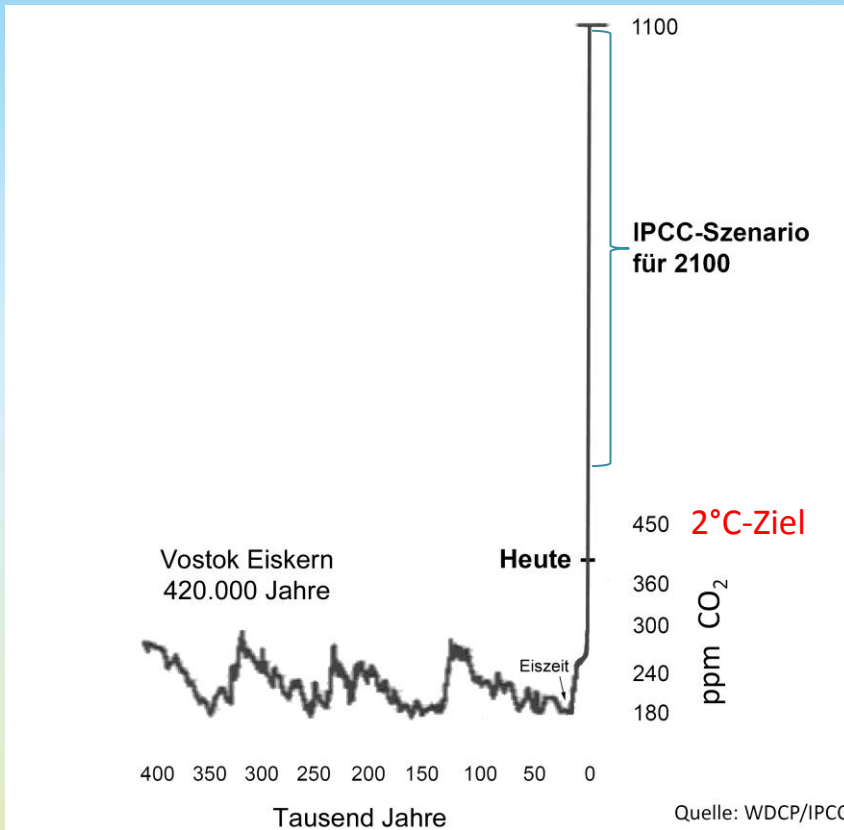
Einsteinzitat vollständig:

„Wir können Probleme nicht mit den Denkmustern lösen, die zu ihnen geführt haben. **Eine neue Art von Denken ist notwendig, wenn die Menschheit weiterleben will.**“

Albert Einstein

**Warum brauchen wir
eigentlich eine
bezahlbare
nachhaltige
Energiewirtschaft?**

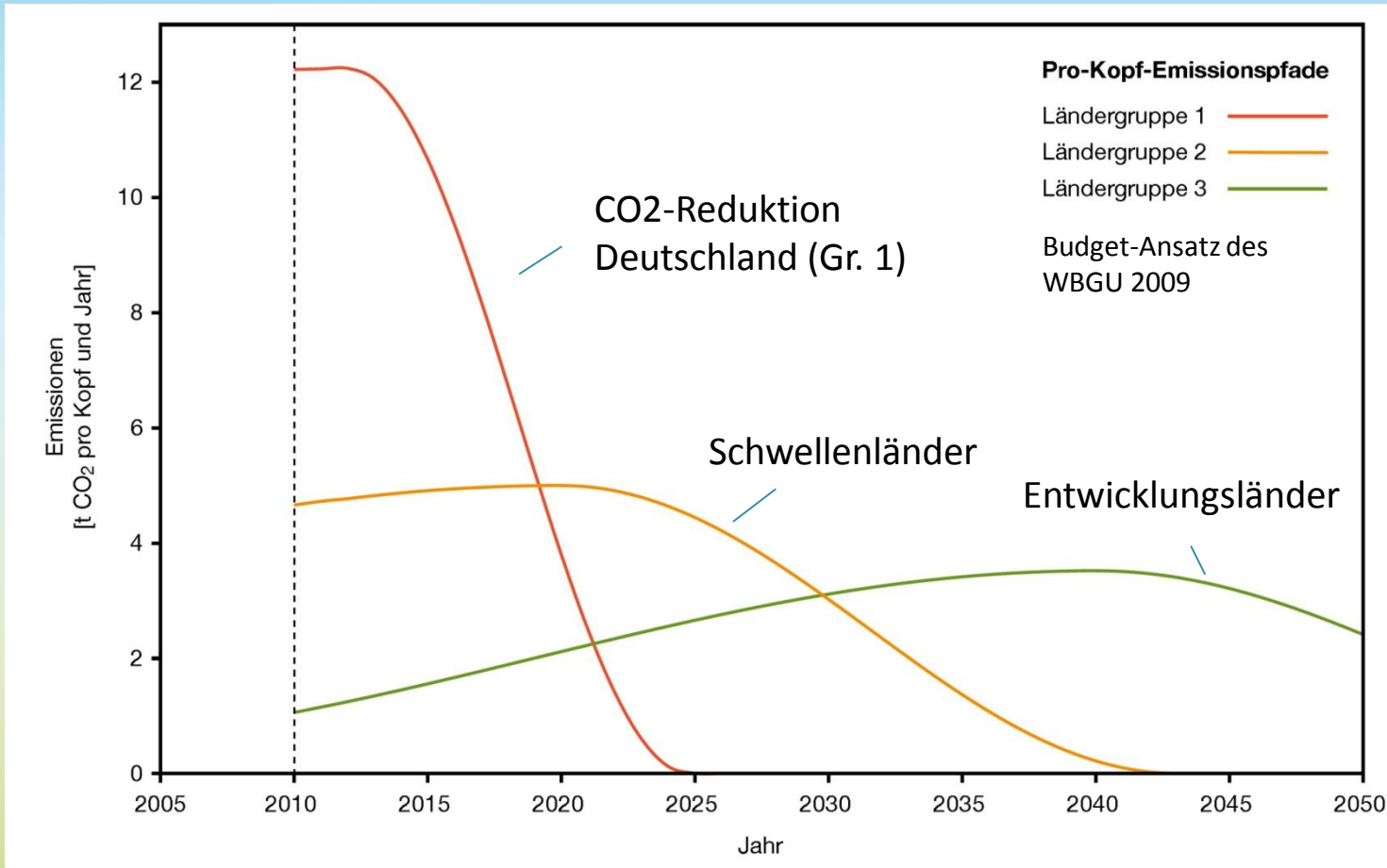
Die Uhr tickt



Wir haben ein Zeitfenster von 10-20 Jahren für einen quantitativen Umstieg auf Erneuerbare Energien. Danach werden wir kein Geld mehr haben dies zu tun.

Rasant steigende Energiepreise führen zu einer Systemkrise!
(Eine Systemkrise ist eine unendliche Finanzkrise)

Was bedeutet das 2°C-Ziel?



Selbst das hehre 2°C-Ziel bedeutet das Fluten von Gorleben und den Untergang der meisten Weltstädte:

Der Meeresspiegel wird nach 2100 um 40-50 m steigen.
(Schellnhuber 2010)

Das tatsächliche Handeln der Regierung lässt nicht erkennen, dass die CO₂-Emissionen bis 2025 auf „0“ gebracht werden könnten.

Aussitzen?



Lebewesen sind durch ihre DNA so konditioniert, dass sie auf allmähliche Veränderungen durch genetische Anpassung oder durch Aussterben der Art reagieren.

Können die Völker der Welt dem mit Vernunft beikommen?

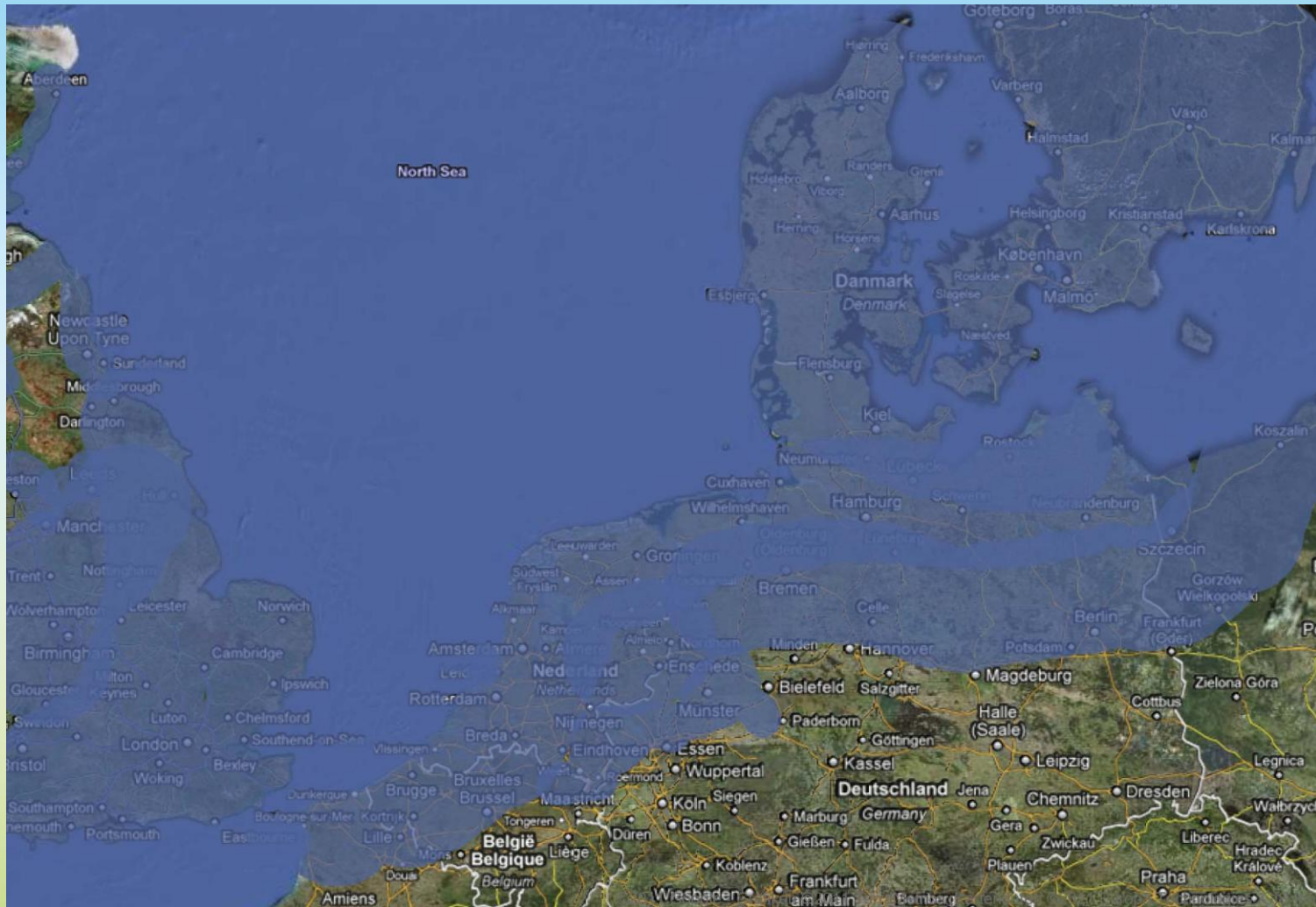
Hitze als Normalfall



Quelle: diepresse.com

Das 2°-Ziel der Bundesregierung

Land unter nach 2100



Das 2°-Ziel der Bundesregierung

Klimaschutzverhandlungen?



Nach herrschender Meinung kosten Klima- und Umweltschutz extra.

Deshalb gibt es globale Verhandlungen zur Lastenteilung, bei der alle darauf achten, dass die Wettbewerbsfähigkeit des eigenen Standortes nicht gefährdet wird.

Wozu brauchen wir noch Klimaschutzverhandlungen, wenn wir ein Konzept implementieren, bei dem die Energie nachhaltig erzeugt wird und kosten günstiger ist als heute?

Klimaschutz gibt es umsonst.

Stadtwasserstoff



Eine zukunftsfähige Energieversorgung muss auch große Städte vollständig und zuverlässig mit Strom, Wärme und Treibstoffen versorgen können.

Eine grüne Wasserstoffwirtschaft kann das. Sie ist emissionsfrei, nachhaltig, wirtschaftlich und leistungsfähiger als die heutige Energieversorgung.

Das heutige Erdgasnetz bietet schon jetzt die notwendige Infrastruktur!

Worauf warten wir noch?

An der Machbarkeit kann es keinen rational begründbaren Zweifel geben!

Anhang

Teller-und Tank-Diskussion
Elektrochemie für Schüler
Warum Wasserstoff?

Tank-und-Teller-Diskussion

Angesichts der gewaltigen Agrarüberschüsse eine Täuschung der Öffentlichkeit

Business as usual?

Unsere Nahrungsmittel können locker in Öl aufgewogen werden.



In allem was wir kaufen sind heute etwa 40% Energiekosten enthalten.

Die Nutzung von Biomasse in der real existierenden Energiewirtschaft führt dazu, dass wir bei steigenden Energiepreisen weder genug Energie noch genug zu essen haben werden (bzw. es nicht bezahlen können). Es steht dabei nicht in unserer Macht, das abwenden zu können.

Der Hunger in der Welt

Durch die Agrarexporte zum Dumpingpreisen wird der Landbevölkerung die Existenzgrundlage entzogen.

Die Folge:

- Die Landbevölkerung (70%) ist ohne Einkommen
→ Hunger, Krankheit und Verslummung sind die Folge
- Die landwirtschaftlichen Flächen degenerieren
- Die Entwicklungsländer sind abhängig von den Industrieländern (erpressbar)

Hunger ist ein „Exportschlager“ der Industrieländer!

Wenn wir diese strukturelle Gewalt unterlassen, haben alle Nahrungsmittel und Energie im Überfluss!

Die Tank-und-Teller-Diskussion unterstützt nur die Gewalttäter.

Agrarexporte zu Dumpingpreisen



Die Industriestaaten geben **1 Milliarde € pro Tag** aus, um die Landwirtschaft in der 3. Welt zu zerstören.

Niemand auf der Welt kann unsere Preise unterbieten.

Wenn ein afrikanischer Bauer 16 Stunden am Tag schuftet und sein Gemüse zum Markt bringt, stellt er fest, dass EU-Gemüse zu einem Drittel des Preises angeboten wird. ... **Wir sehen an das Elend, senken die Exportpreise und sammeln für „Brot für die Welt“.**

Die Folgen des Agrarterror



Landflucht und Verslumung der Städte

Verzicht auf Menschenrechte und Verkauf der Arbeitskraft zu Dumpinglöhnen, gegen die wir hierzulande konkurrieren müssen.

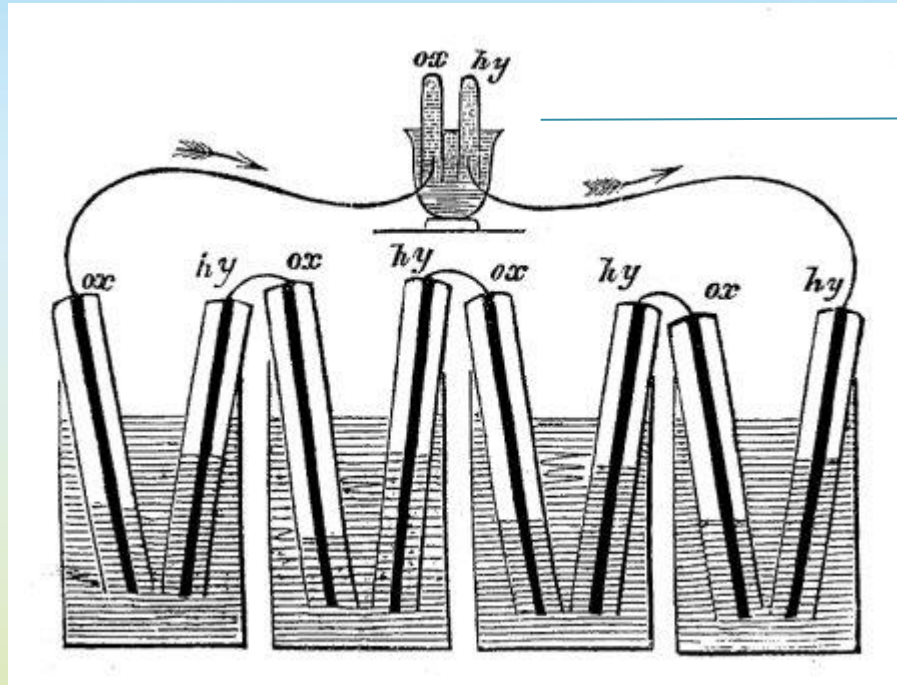
Die kleinen Steuerzahler in den westlichen Ländern finanzieren ihren wirtschaftlichen Niedergang also mit 1 Milliarde €/Tag.



Die offizielle Abhilfe:
Krieg den Nusschalen

Elektrochemie für Schüler

Gas Battery

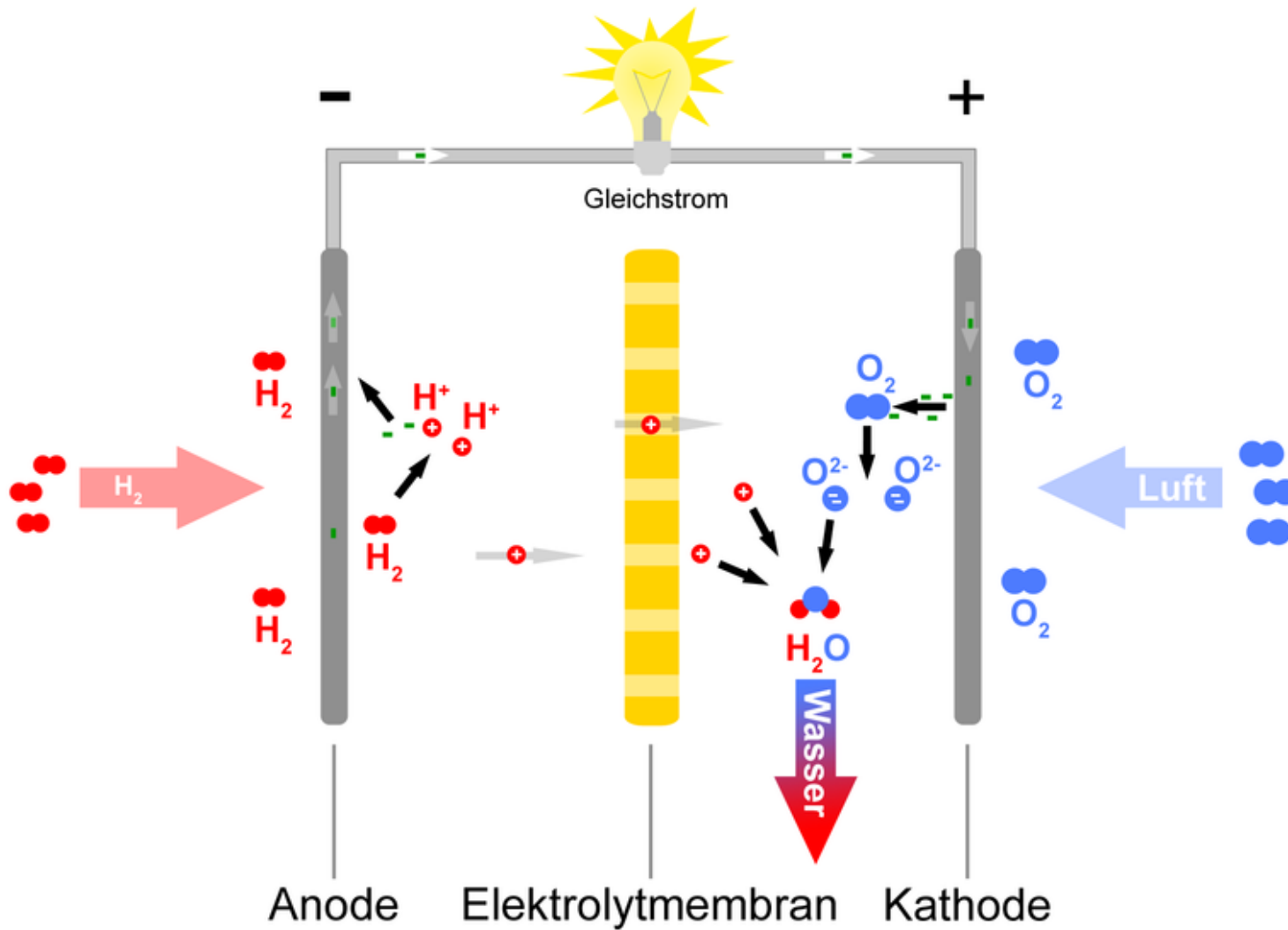


Elektrolyse als Messinstrument

Brennstoffzellen
(Serienschaltung)

Sir William Grove und
Christian Friedrich Schönbein 1839

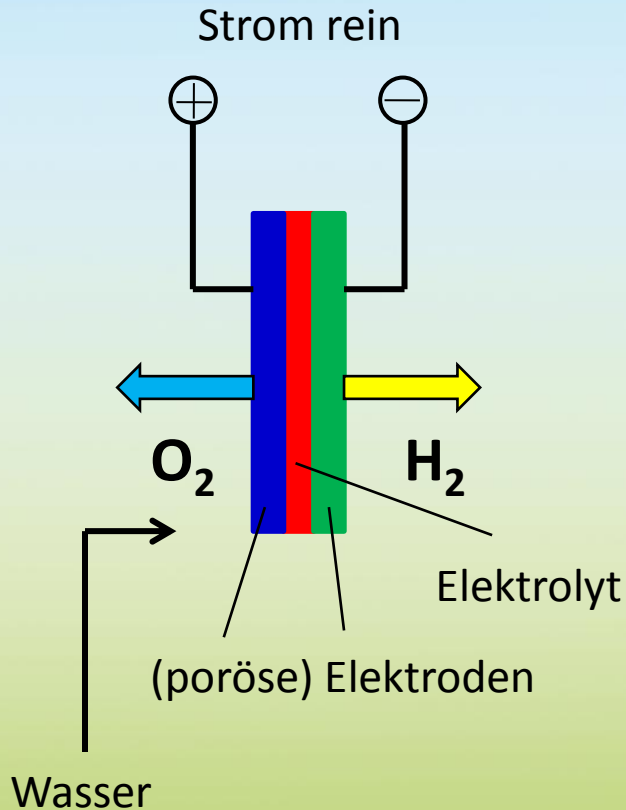
Brennstoffzelle im Prinzip



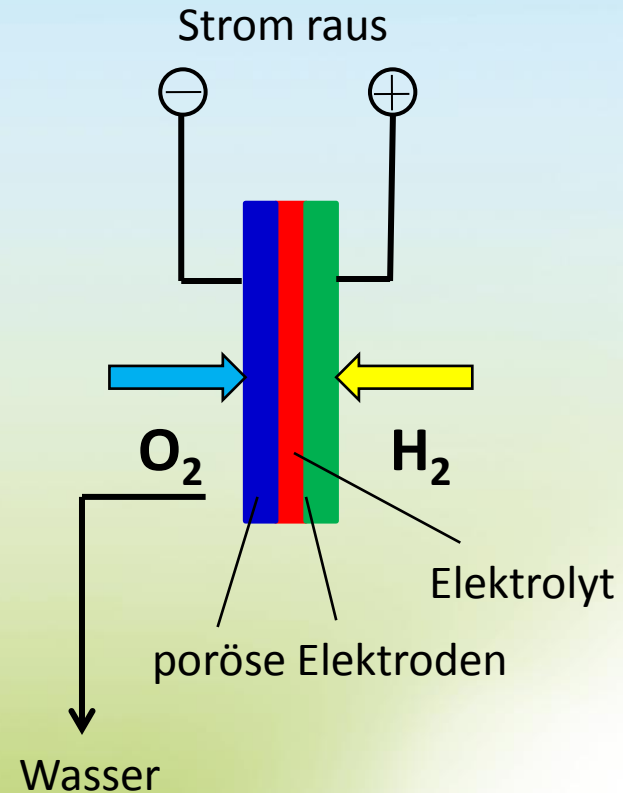
Die Energie steckt in den Elektronen!

Elektrochemische Zellen

Elektrolysezelle



Brennstoffzelle



Industrielle Elektrochemie

Elektrolyseur



Lurgi

Große Einheiten

Alkalisch, nur bedingt regelbar

Brennstoffzellen-Stack



Proton Motor

Kleine dezentrale
Anwendungen

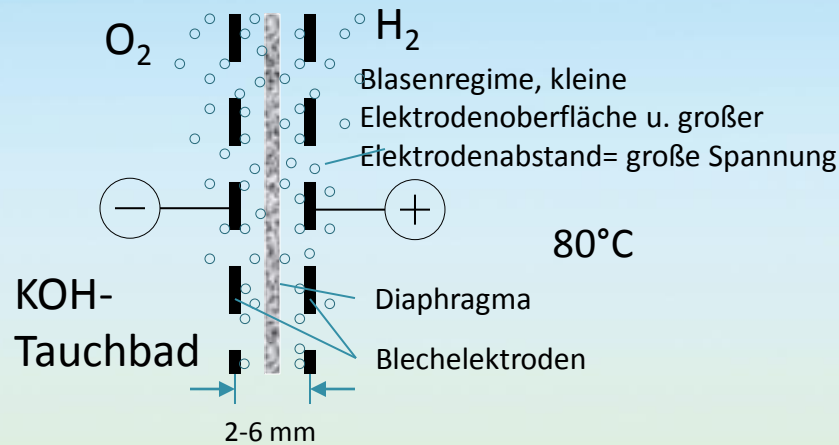
Hochdynamische Elektrolyseure braucht das Land

Die heute käuflichen industriellen Elektrolyseure wurden vor ca. 50 Jahren für Staudamm-Projekte entwickelt. Die Beherrschung fluktuierender Stromeinspeisung ist mit ihnen nur bedingt möglich.

Für heutige Anforderungen sind prinzipiell geeignet:

1. PEM-Elektrolyseure (Entwicklung vor 2 Jahren von Siemens begonnen)
 1. Nachteil: teuer, schlechter Wirkungsgrad
2. Fallfilm-Elektrolyseure (Eine Erfindung der Hoechst AG, lizenzfrei, die weiterentwickelt werden sollte)
 1. billig, kompakt, guter Wirkungsgrad, Nachteil: weitgehend unbekannt

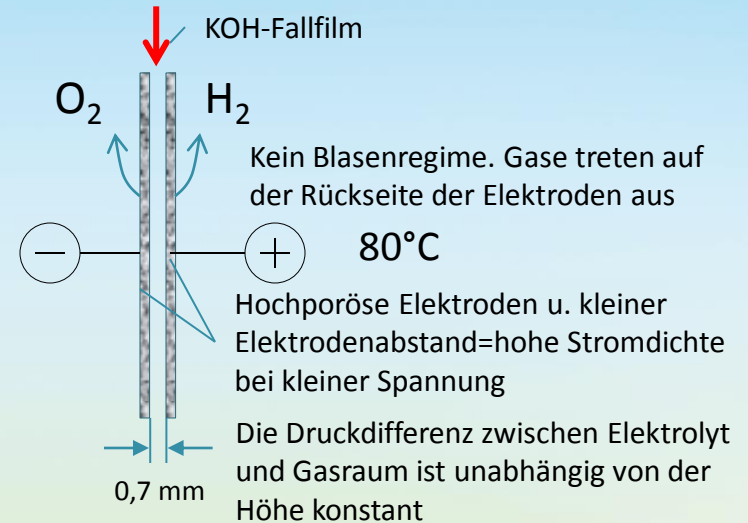
Elektrolyse-Wasserstoff



Standard-Elektrolyse

Typische Spannung = 1,76 V, 1 bar

Wirkungsgrad = 81 %



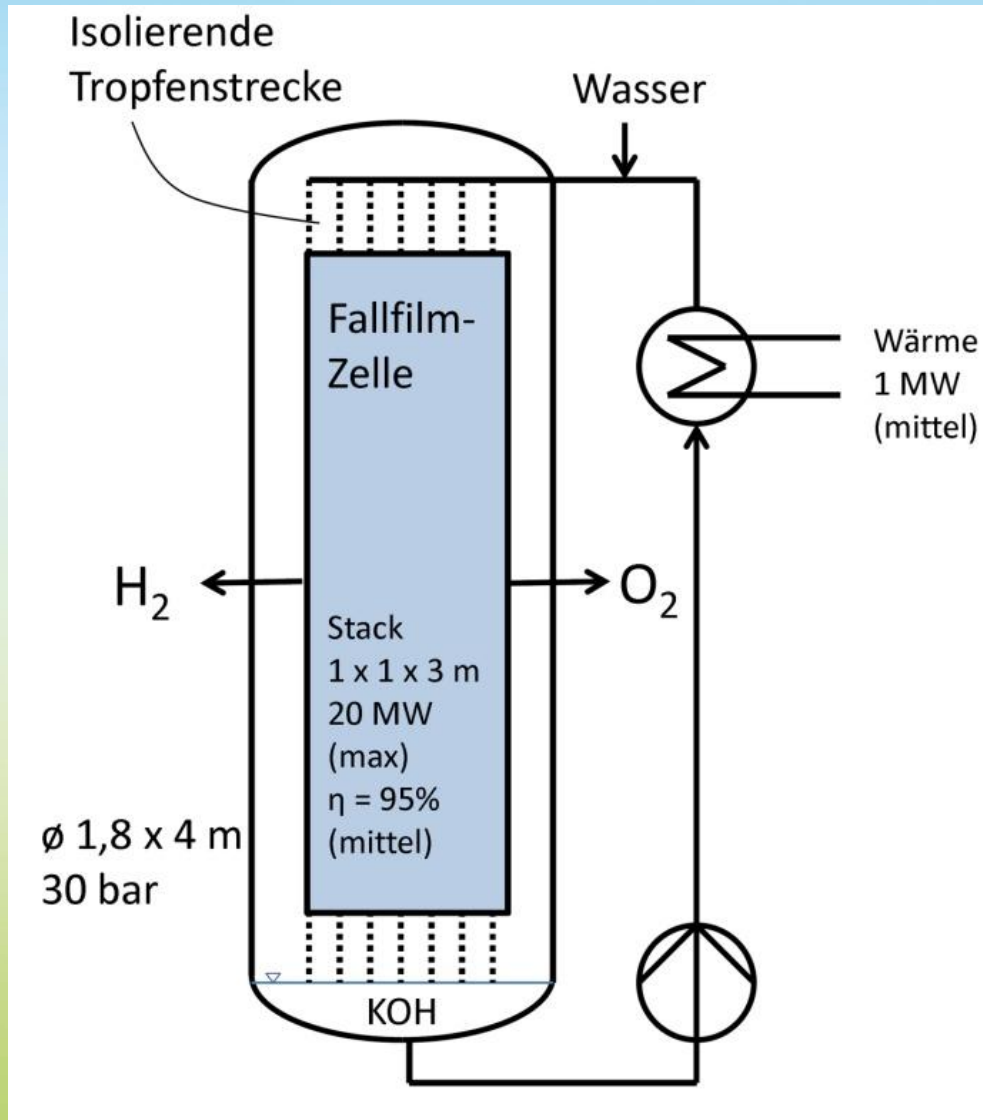
Fallfilm-Elektrolyse ¹⁾

Typische Spannung < 1,6 V, 30 bar

Wirkungsgrad > 94 %

¹⁾ Patentschrift DE 3401636 A1

Kompakter Fallfilm-Elektrolyseur



Der Apparat ist auch als Brennstoffzelle zu betreiben

Warum Wasserstoff?

Vergleiche mit etablierten
Technologien

Etablierte Technologien

1. Biogas
2. SNG aus thermochemischer Vergasung von Biomasse
3. SNG aus Strom zu Methan
4. Holzkraftwerke
5. Pelletheizung
6. Biotreibstoffe

Etablierte Biotechnologien nutzen?

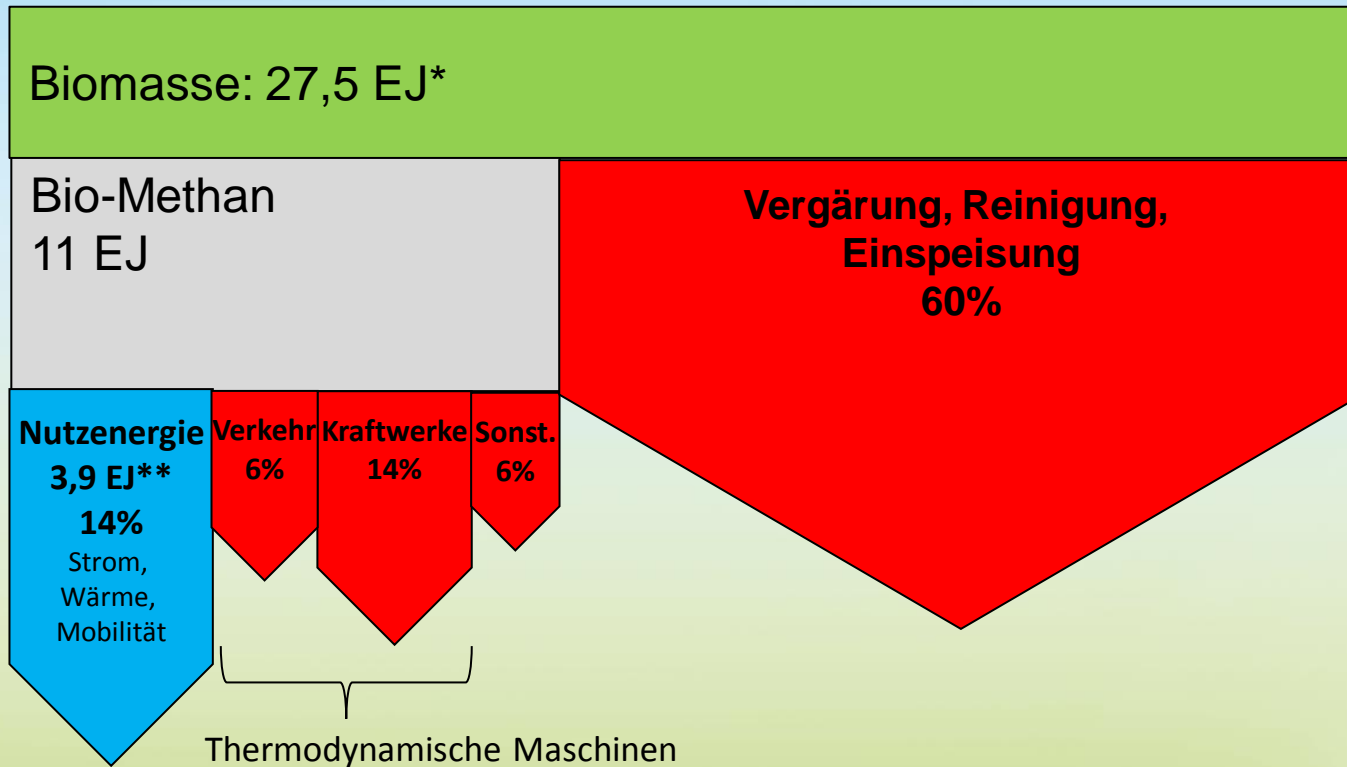
Durch einen vorgelagerten Prozess kann man Biomasse in einen Energieträger umwandeln, der sich nahtlos in die bestehende Energieversorgung einfügt:

allerdings mit der gleichen desaströsen Effizienz!

1. Biogas-Konzept

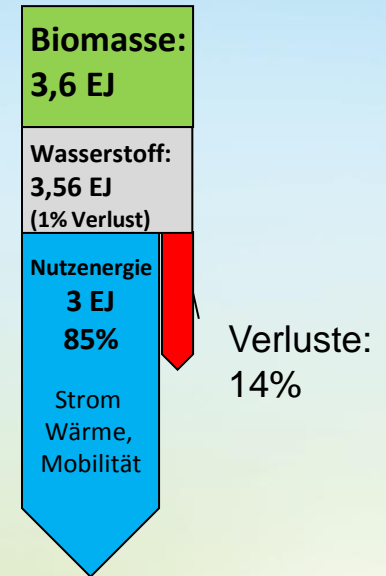
Eine theoretische 100%-Betrachtung für 2030

Methan aus Biogas in historischer Energiewirtschaft



Strom ist knapp und teuer

Wasserstoff-Wirtschaft



Stromüberschuss zur Effizienzsteigerung genutzt

Biogas erfordert 7,6-mal mehr Biomasse als Biowasserstoff bei gleichem Energiekomfort

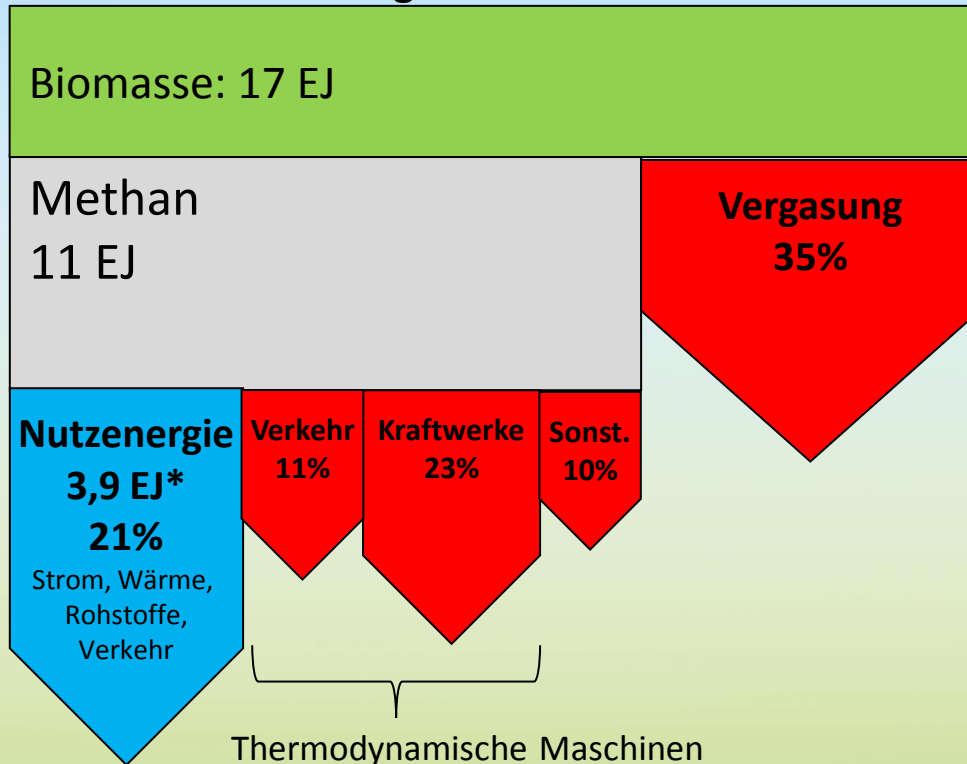
* \emptyset Gasausbeute von Silomais gemäß Leitfaden Biogas der FNR 2010

** Nutzenergie von 4,6 EJ aus 2007 mit 0,5%/a auf 2030 extrapoliert

2. SNG aus thermochemischer Vergasung

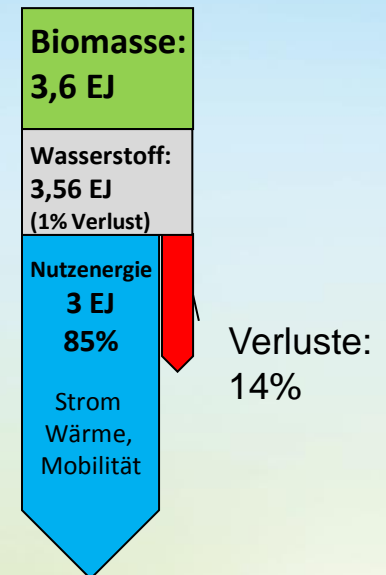
Eine theoretische 100%-Betrachtung für 2030

Methan aus thermochemischer Vergasung von Biomasse
in historischer Energiewirtschaft



Strom ist knapp und teuer

Wasserstoff-
Wirtschaft



Stromüberschuss zur
Effizienzsteigerung genutzt

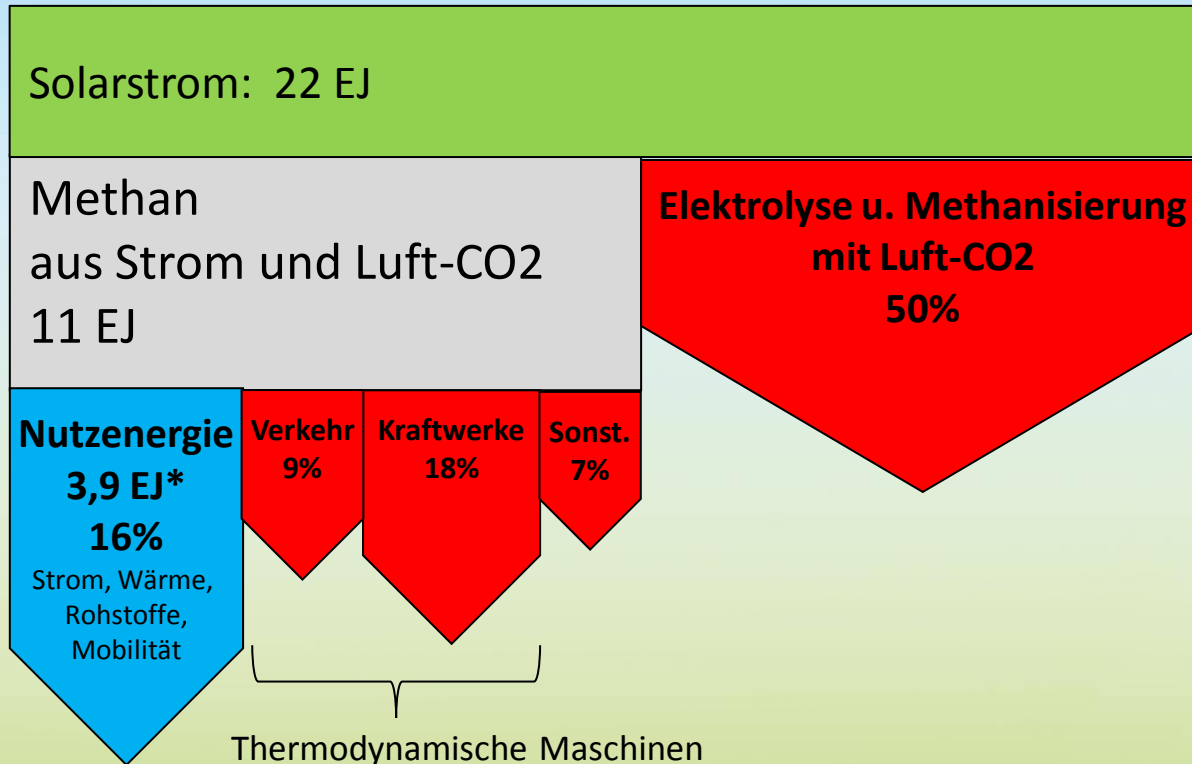
SNG erfordert 4,7-mal mehr Biomasse als Biowasserstoff bei gleichem Energiekomfort

* Nutzenergie von 4,6 EJ aus 2007 mit 0,5%/a auf 2030 extrapoliert

3. SNG aus Strom-zu-Methan

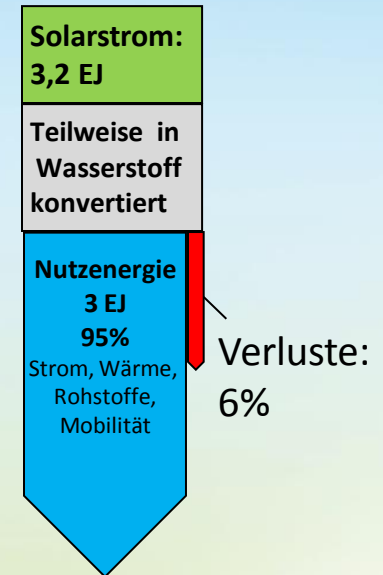
Eine theoretische 100%-Betrachtung für 2030

Strom-zu-Methan-Konzept (ZSW, IWES) in historischer Energiewirtschaft



Strom ist knapp und teuer

Wasserstoff-Wirtschaft



Stromüberschuss zur Effizienzsteigerung genutzt

Das Strom-zu-Methan-Konzept erfordert 6,9-mal mehr Strom als das Wasserstoffkonzept

* Nutzenergie von 4,6 EJ aus 2007 mit 0,5%/a auf 2030 extrapoliert

4. Holzkraftwerke

Holz ist ein Ersatz für Kohle, Heizöl und Erdgas. Der Wirkungsgrad ist jedoch deutlich niedriger.

Holzkraftwerk: $\eta = 26\%$

Kohlekraftwerk : $\eta = 43\%$

Gaskraftwerk: $\eta = 60\%$

Würde man vermehrt Holz zur Stromerzeugung nutzen, würde der Primärenergiebedarf steigen und damit die Effizienz der Energiewirtschaft sinken.

Dass man bei Holzkraftwerke oft die Abwärme nutzt, liegt an der hohen Subventionierung dieser Anlagen, denn Abwärmenutzung wäre bei fossilen Kraftwerken auch möglich, was ja auch mit BHKW's gemacht wird.

5. Pelletheizung

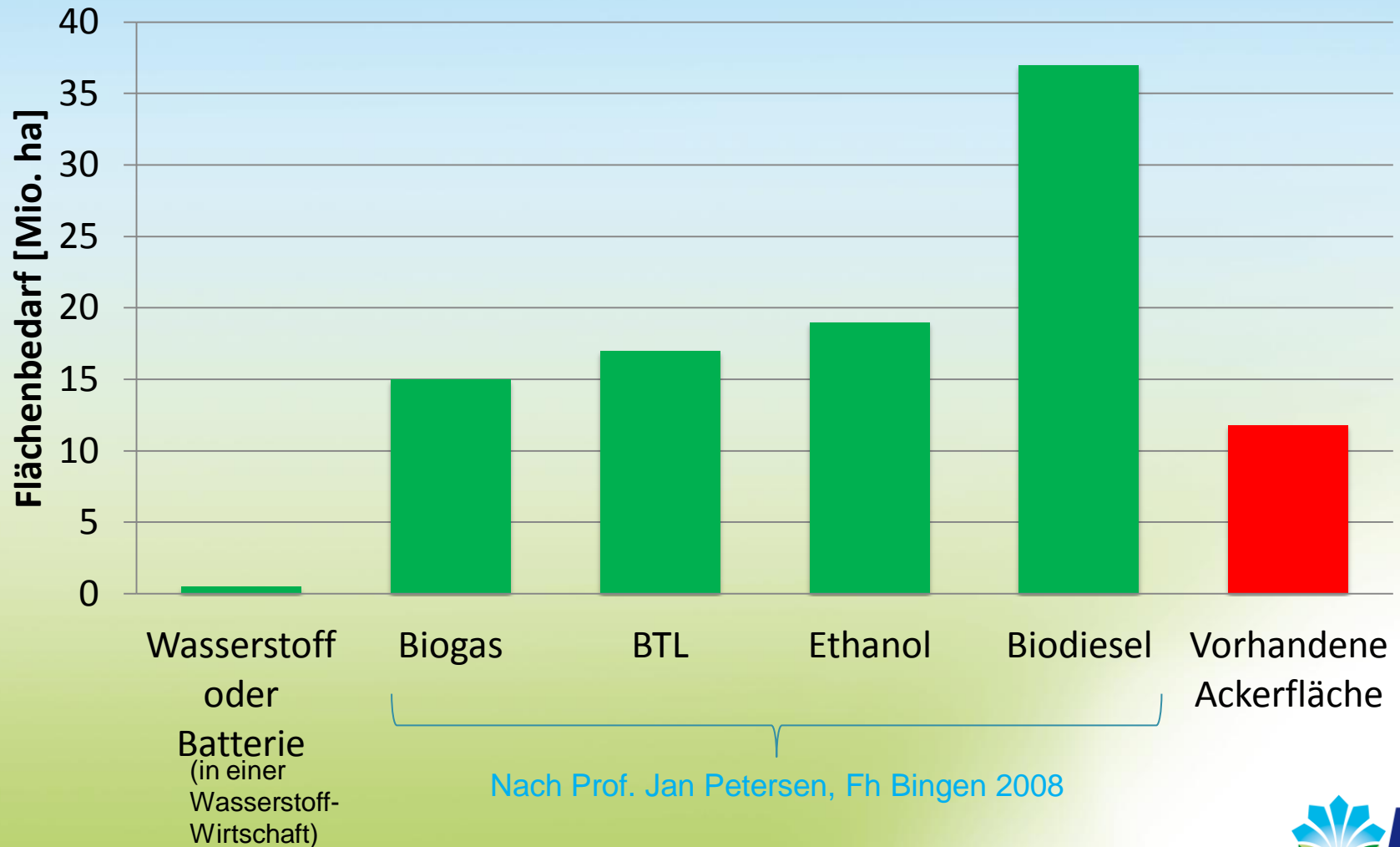
Heizen mit Pellets ist eine komfortable Art mit Holz zu heizen. Das hat allerdings seinen Preis.

- Pellets kosten 2-3-mal mehr als der Rohstoff Holz und sind damit teurer als Wasserstoff aus Holz
- Es sind erhebliche Aufwendungen für Technik und Lagerung erforderlich

Eine Wärmenutzung ohne gleichzeitige Stromerzeugung führt anderenorts (Kraftwerke) zu erheblichen Energieverlusten und müsste eigentlich verboten werden. Pellet-KWK in Haushaltsgröße mit Stirling-Motoren erreichen nur Wirkungsgrade von ca. 12%. Das ist zu wenig. Zur Vermeidung von Großkraftwerken sollte der Wirkungsgrad in KWK mindestens 25% betragen.

6. Biotreibstoffe

Flächenbedarf für den Ersatz aller fossilen Treibstoffe in DE



Was wir in einer Wasserstoffwelt nicht brauchen:

- Wärmenetze
- Wärmedämmung
 - über das wirtschaftliche Maß hinaus
- Erhöhung der Effizienz von Kraftwerken
- Schattenkraftwerke
 - Ausfallsicherung für Strom aus Sonne, Wind und Wasser
- Stromspeicher
 - Pumpspeicher, Batterien, Druckluftspeicher, Wasserstoffspeicher, Strom zu Methan
- Ausbau der Stromnetze
- Intelligente Stromnetze
 - Super Grid, Smart Meters, Verbrauchssteuerung, Abschaltsteuerung
- DESERTEC
 - Stromerzeugung und Vernetzung von Sibirien bis Arabien

Das alles sind *stranded investments*

Wasserstoff aus Energieblumen



Blühende Landschaften

Blumen haben den gleichen Trockenmasse-Ertrag /ha wie Mais*

Bis 2030 sind in Deutschland mehr als 7 Mio. ha Land für Bio-Energie verfügbar.**
Damit allein können mehr als 12 EJ Wasserstoff erzeugt werden. Das sind $12/2,5 = 4.8$ -mal mehr als man braucht. Prinzipiell wären Reststoffe aus Wald und Flur schon ausreichend, um alle atomaren und fossilen Energien zu ersetzen.

Ökonomie, Umwelt- und Naturschutz stehen so nicht im Widerspruch. Jungtiere können durch späte Mahd geschützt werden.

* Quelle: Bayrische Landesanstalt für Wein- u. Gartenbau (2010)

** Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien (2011)