

Bio-Wasserstoff

Ein Weg zur dauerhaften Lösung der Energieprobleme

Wege zur energetischen Transformation von
der Stromwirtschaft zur Wasserstoffwirtschaft
in Richtung Energie-Unabhängigkeit

Karl-Heinz Tetzlaff¹, Christine Frenzel², Edmund Lengfelder²

¹ † 2014
vormals H2-GmbH

²Otto Hug Strahleninstitut für Gesundheit und Umwelt
München

Auf dem Sektor der Erzeugung und energetischen Nutzung von Bio-Wasserstoff war der Dipl. Ing. Karl-Heinz Tetzlaff († 2014) ein Vorreiter und genialer Erfinder, viele seiner Erfindungen wurden patentiert. Mit dem Otto Hug Strahleninstitut in München arbeitete er gemeinsam an dem Projekt, in Belarus eine Pilotanlage zur Erzeugung von Wasserstoff aus Biomasse zu errichten. Damit sollte auch die Verwertbarkeit von Biomasse aus der Tschernobyl-Sperrzone untersucht werden.

Thermochemische Vergasung von Biomasse in Belarus

Projektvorschlag zur Errichtung einer Biowasserstoff-Anlage im Oblast Gomel, Belarus

Karl-Heinz Tetzlaff ¹, Christine Frenzel ², Edmund Lengfelder³

¹ Dipl.-Ing. Karl-Heinz Tetzlaff, H2-GmbH, Bad Iburg, Deutschland

² Dr. Christine Frenzel, Otto Hug Strahleninstitut, München und
Internationales MEDUKS Institut, Gomel

³ Prof. Dr. Edmund Lengfelder, Otto Hug Strahleninstitut, München und
Internationales MEDUKS Institut, Gomel

Vortrag an der Akademie der Wissenschaften und vor Behörden in Belarus 2012

**Trotz vorhandener Finanzierung scheiterte das Projekt
an politischen Widerständen.**

Moderne Kriege

Seit dem 1. Weltkrieg geht es um den Zugang und/oder die Kontrolle von Energie. Das betrifft Lagerstätten, aber auch vorhandene und geplante Transitstrecken zu Wasser und zu Lande, mit und ohne Rohrleitungen.

Beispiele für aktuelle heiße und kalte Kriege:

Afghanistan, Balkan, Osteuropa, Arabische Halbinsel (Irak), Turk-Staaten, Libyen, Iran, Sudan, Nigeria, Angola, Südamerika, Weltmeere von Vietnam bis zum Nordpol.

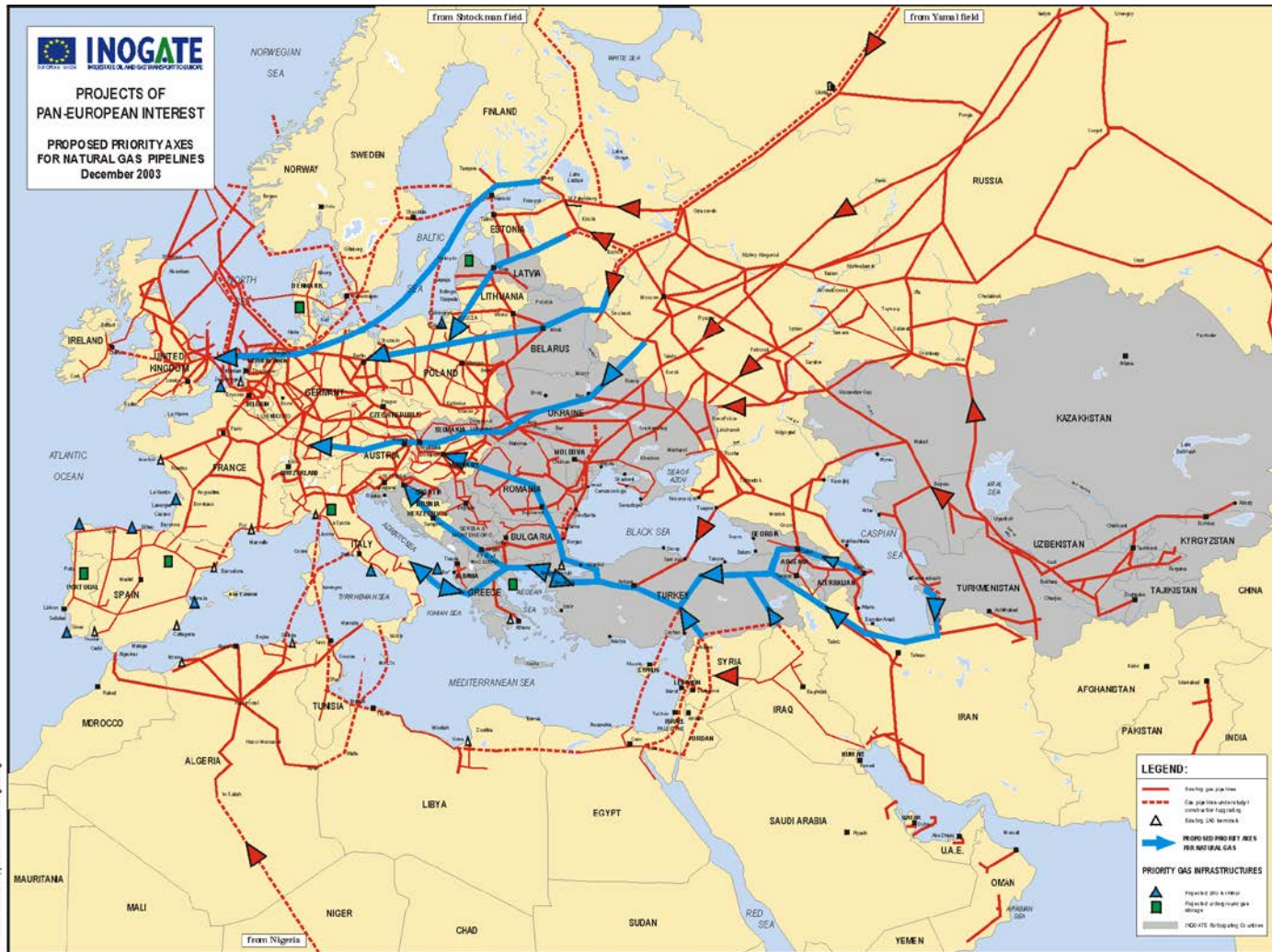
Siehe auch:

T. Seifert u. K. Werner; Schwarzbuch Öl; ISBN 3-552-06023-5
Peter Mass; Öl, das blutige Geschäft; ISBN 978-3-426-27529-0



Seit den 90er Jahren verfolgen die USA das Projekt einer Gas-Pipeline von **Turkmenistan durch Afghanistan** an das Arabische Meer (CIA-Doku)

Europäische Heerstraßen für Gas



Ohne die Interessensgebiete der USA, wie z. B. Afghanistan

Die Klimarechnung

Unabhängig vom Ausgang des wissenschaftlichen und politischen Streites, ob Kohlendioxid ein nennenswerter Klimafaktor ist oder nicht, ist die Erzeugung von Wasserstoff aus Biomasse CO₂-neutral*.

* d. h. kein jährlicher Zuwachs der CO₂-Emissionen

Ein Vorschlag

Mit einer **Wasserstoffwirtschaft** auf Basis Biomasse lässt sich die Abhängigkeit von Öl und Gas im Zeitfenster von 10-20 Jahren stoppen. Es kostet uns lediglich eine intellektuelle Anstrengung – sonst nichts. Wir bekommen sogar noch Geld heraus. Und der Umweltschutz ist auch schon dabei.

Wie geht das?

Wasserstoff - ein sekundärer Energieträger

Wasserstoff ist keine Energiequelle, sondern **ein sekundärer Energieträger** wie Strom. Wasserstoff kann man, wie Strom, aus allen Formen von Energie herstellen.

Es versteht sich heute von selbst, dass nur nachhaltig hergestellter Wasserstoff genutzt werden sollte.

Technisch verfügbar sind zwei Formen der Herstellung:

- **Wasserelektrolyse** mit Strom als Überschussprodukt aus Photovoltaik und Wind
- **Steam-Reforming** mit kohlenstoffhaltigen Energieträgern wie Biomasse

Daneben gibt es eine Vielzahl von Forschungsprojekten, wie thermische und katalytische Zersetzung des Wassers, biologische Prozesse (Grünalgen, Dunkelfermentation) usw.

Wasserstoff hat als Energieträger gegenüber Strom den entscheidenden Vorteil, dass er

- **effizient,**
- **sehr kostengünstig und**
- **in jeder Menge**

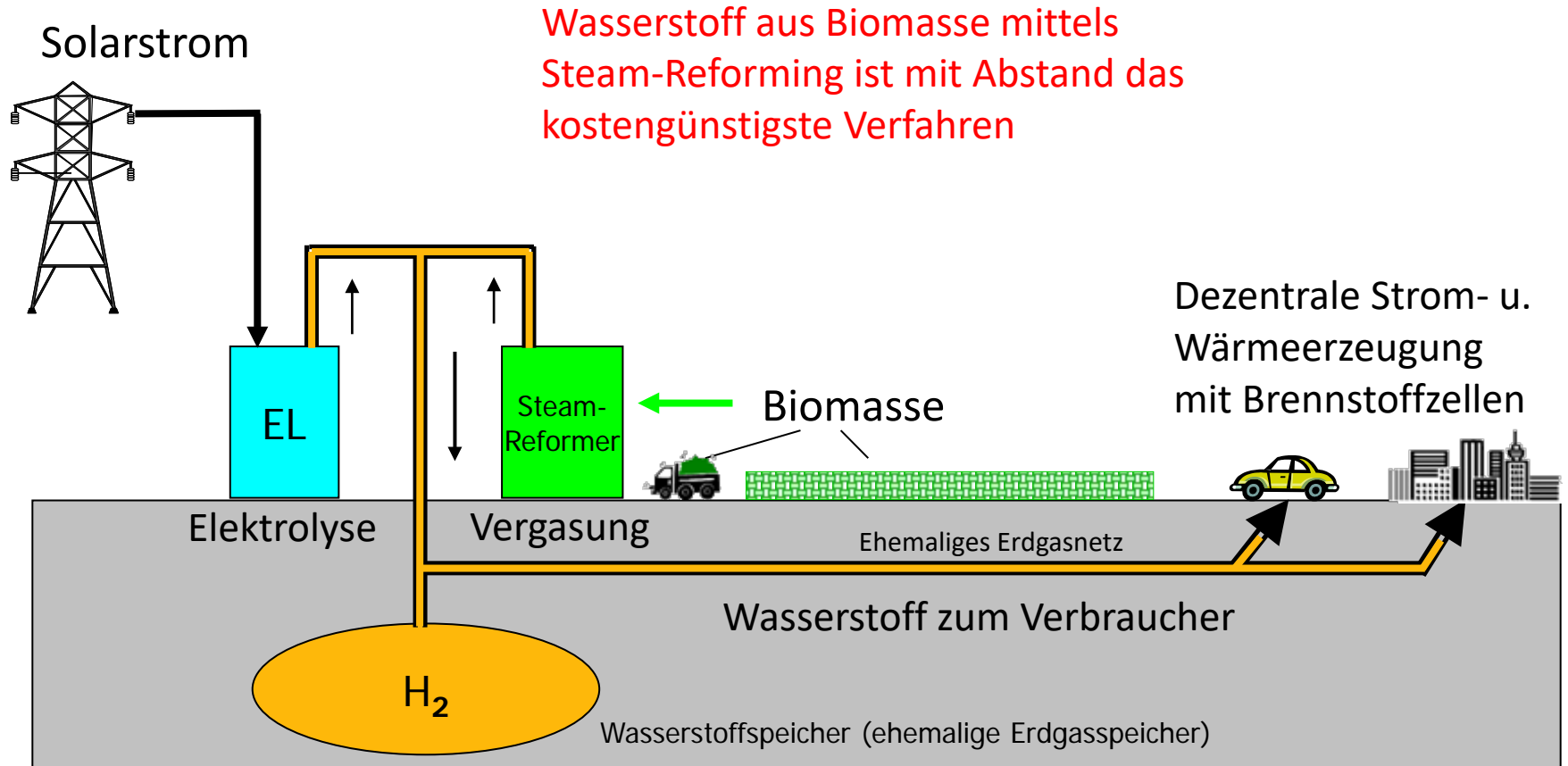
gespeichert werden kann.

In einer Wasserstoffwirtschaft wird auf allen Ebenen mit Wasserstoff gehandelt und gewirtschaftet.

Praktisch bedeutet das, dass der **Wasserstoff zum Endkunden ins Haus gebracht werden muss. Das geschieht vorzugsweise über ein Rohrnetz.**

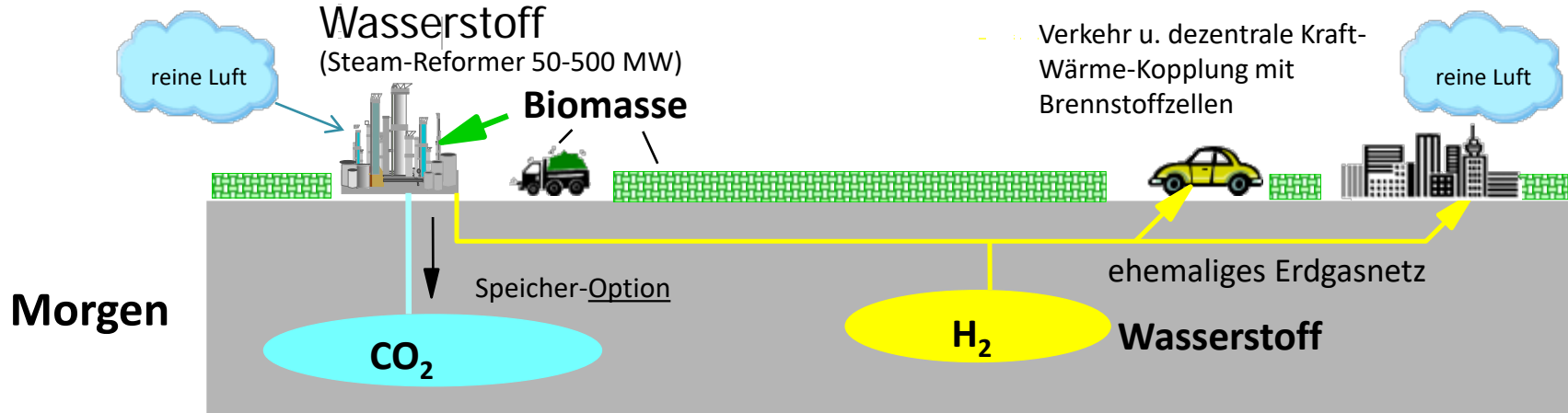
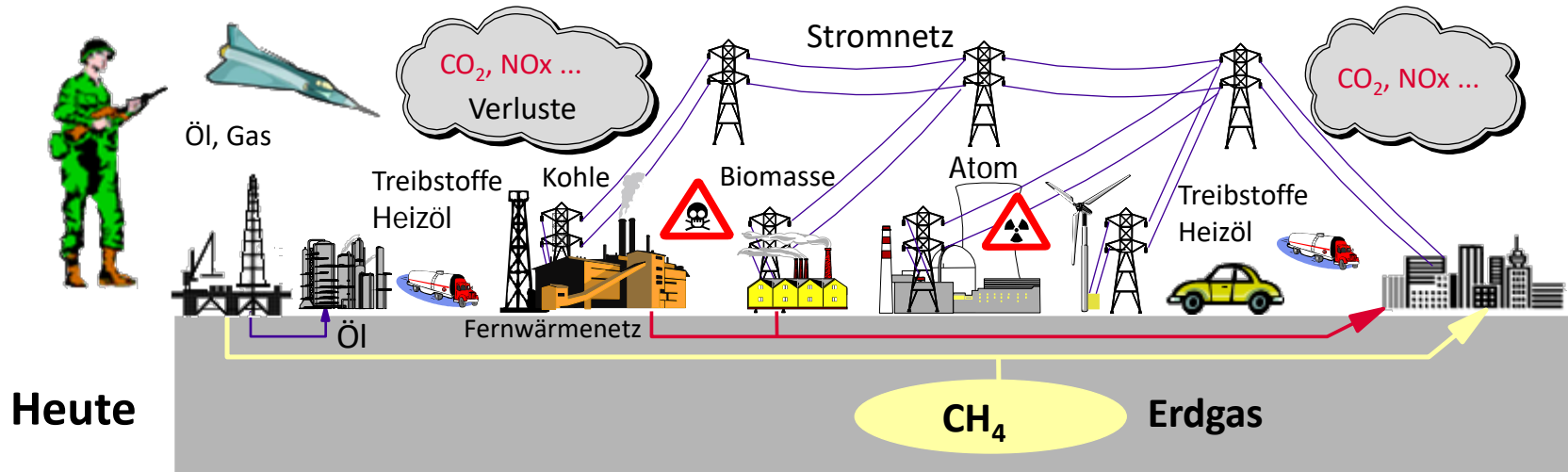
Das Erdgasnetz ist dazu bestens geeignet.

Echte grüne Wasserstoffwirtschaft



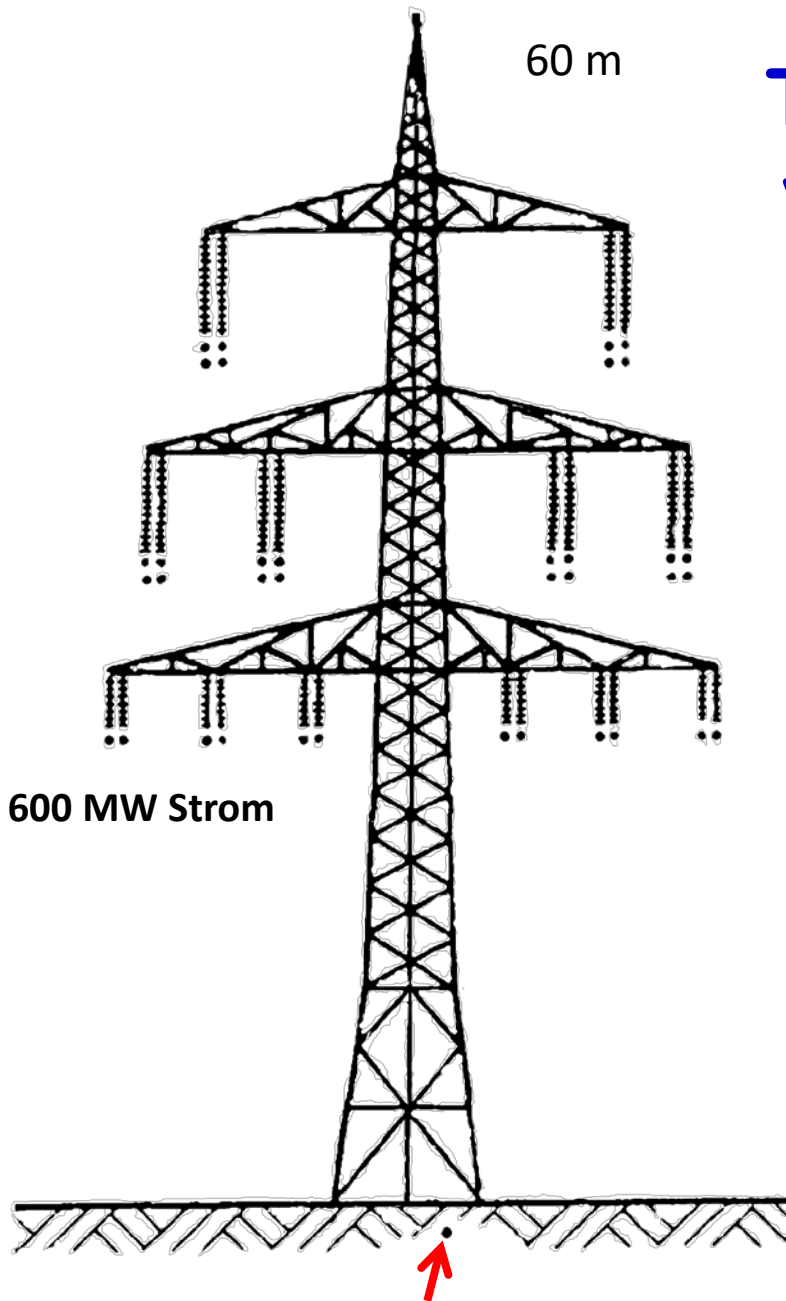
- Systembedingter Stromüberschuss, daher
- Wärmegeführte Energiewirtschaft **ohne Energieverluste**

Paradigmenwechsel



Eine grüne Wasserstoffwirtschaft ist mehr als eine Technologie

60 m



600 MW Strom

Transportkosten vom Erzeuger zum Haushalt

Wasserstoff = 0,7 ct/kWh

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

Beispiele für Stromkosten:

Wasserstoff-Herstellkosten = 2 ct/kWh (typisch)

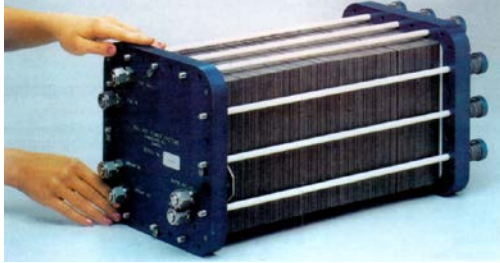
Strom aus eigenen Brennstoffzellen =
 $2 + 0,7 = 2,7$ ct/kWh

Strom aus *abgeschriebenen Atomreaktoren* =
 $2 + 9,3 = 11,3$ ct/kWh

Wüstenstrom (DESERTEC)
 $6 + 3 + 9,3 = 18,3$ ct/kWh

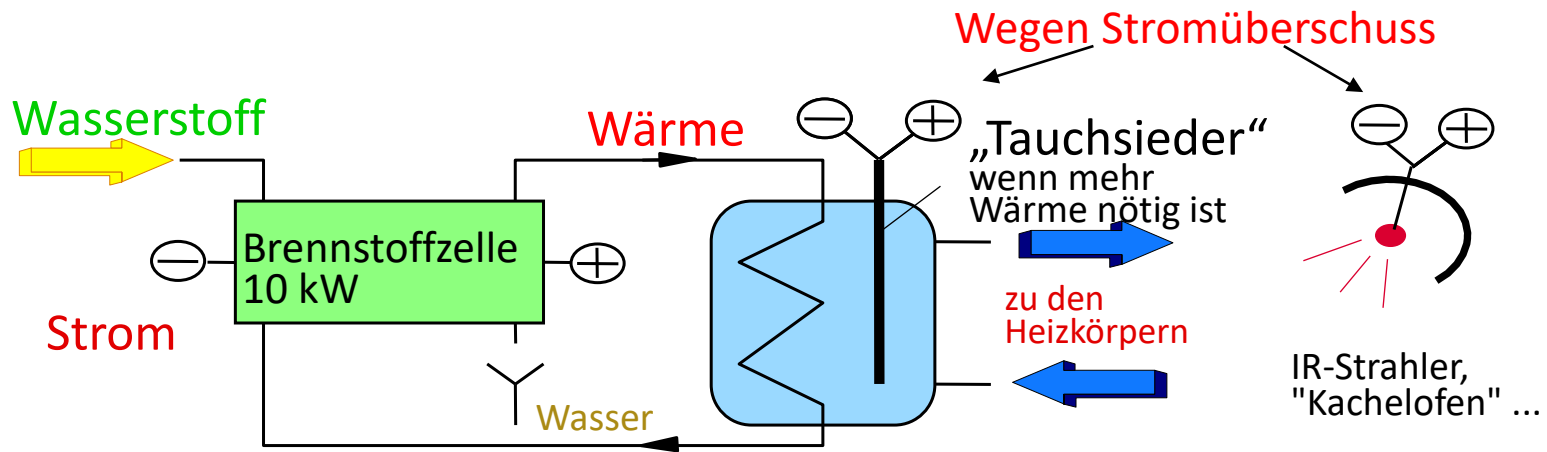
Stand 2012

Beim Verbraucher: Brennstoffzellenheizung mit Wasserstoff



50 kW

Die Brennstoffzelle hat die Funktion eines Brenners, der den Wasserstoff je zur Hälfte in Strom und Wärme wandelt. Überschuss-Strom wird ins Netz eingespeist



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)



PRODUCT SPECIFICATIONS

Rated Power [kW] ¹	3.8	4.8	10.5	14.3	17.2	21.0
DC voltage (at 300A) ¹	12.8	16.0	35.0	48.0	57.4	70.2
Mass (with no coolant) [kg]	7.1	7.2	10.7	13	15	17
Stack core length [mm]	92	104	174	220	255	302
Stack core width [mm]	760	760	760	760	760	760
Stack core height [mm]	60	60	60	60	60	60

Type:	PEM (Proton Exchange Membrane) fuel cell stack	
Performance:	Maximum current	300A
	Shock and vibration	Automotive ²
Fuel:	Fuel composition (pre-humidification)	> 95% H ₂ ³
Oxidant:	Oxidant composition (pre-humidification)	Compressed ambient (filtered to remove particulates)
Stack Temperatures:	Storage temperature ⁴	-40 to 60° C (-40 to 140° F)
	Start-up temperature	> 2° C (> 36° F)

Einsatz Gabelstapler

Brennstoffzellen Serienprodukte Fa. Ballard, Canada



PRODUCT SPECIFICATIONS

Gross Power:		75 kW	150 kW
Performance:	DC voltage	230 – 365V	465 – 730V
	Maximum current	300A	300A
Physical:	Weight (dry)	350 kg (772 lbs)	404 kg (891 lbs)
	Length x width x height (including controller box)	1530 x 871 x 495 mm (60 x 34 x 19 in)	
Fuel:	Gaseous hydrogen	Commercial grade (per SAE J2719)	
Oxidant:	Air		
Coolant:	50/50 Pure Ethylene Glycol and Water		
Operating Conditions:	Coolant Temperature (nominal)	63°C (149°F)	
	Fuel pressure (minimum)	16 barg	

Einsatz Linienbusse

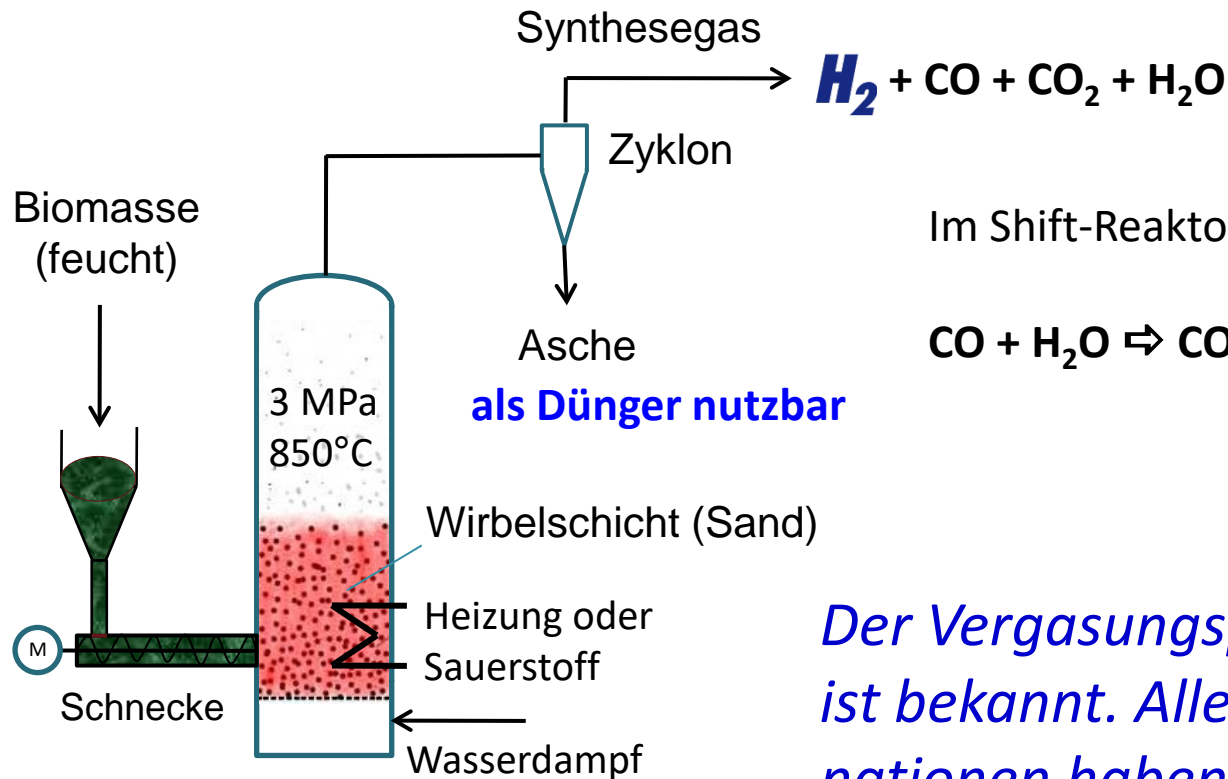
Globale Geldverbrennung



Quelle: Siemens

Projekt DESERTEC

H₂-Herstellung/Schema



Im Shift-Reaktor wird aus:



Der Vergasungsprozess an sich ist bekannt. Alle Industrienationen haben so aus Kohle Stadtgas hergestellt.

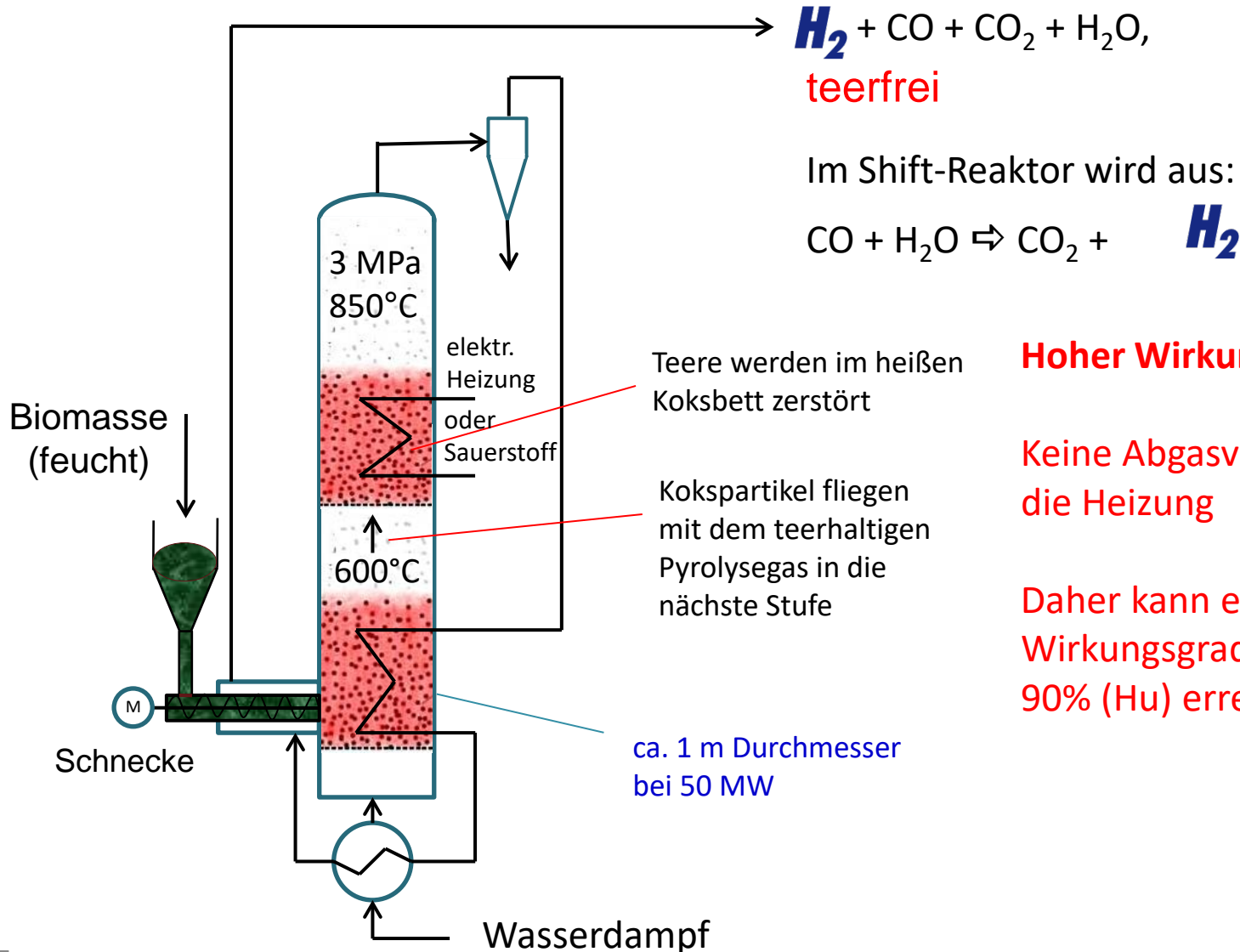
Steam-Reformer

Zusammensetzung Stadtgas (Leuchtgas)

<u>Wasserstoff</u>	H₂ (51 %)
<u>Methan</u>	CH₄ (21 %)
<u>Stickstoff</u>	N₂ (15 %)
<u>Kohlenmonoxid</u>	CO (9 %)
<u>Kohlendioxid</u>	CO₂ (minimal)

Teerfreier Wasserstoff

Synthesegas



Hoher Wirkungsgrad

Keine Abgasverluste durch die Heizung

Daher kann ein sehr hoher Wirkungsgrad von über 90% (Hu) erreicht werden.



Die Vergasungsanlage ist ein „Allesfresser“ für pflanzliche Biomasse

diese wächst:

**z. B. hier
Holz, Laub, Gras**



z. B. hier

**alle Arten von
Ackerpflanzen**

z. B. hier



Bestehende Pilot-Anlage



8 MW Biomasse-Anlage Güssing bei Wien (seit 2001)
Bei einem Druck von 30 bar hätte diese Anlage eine Leistung von 200 MW



Brennstoff in Güssing meist Holz- Hackschnitzel

Vergleich: biologisch – thermochemisch



Projektion auf die weltgrößte Biogasanlage (Penkun)

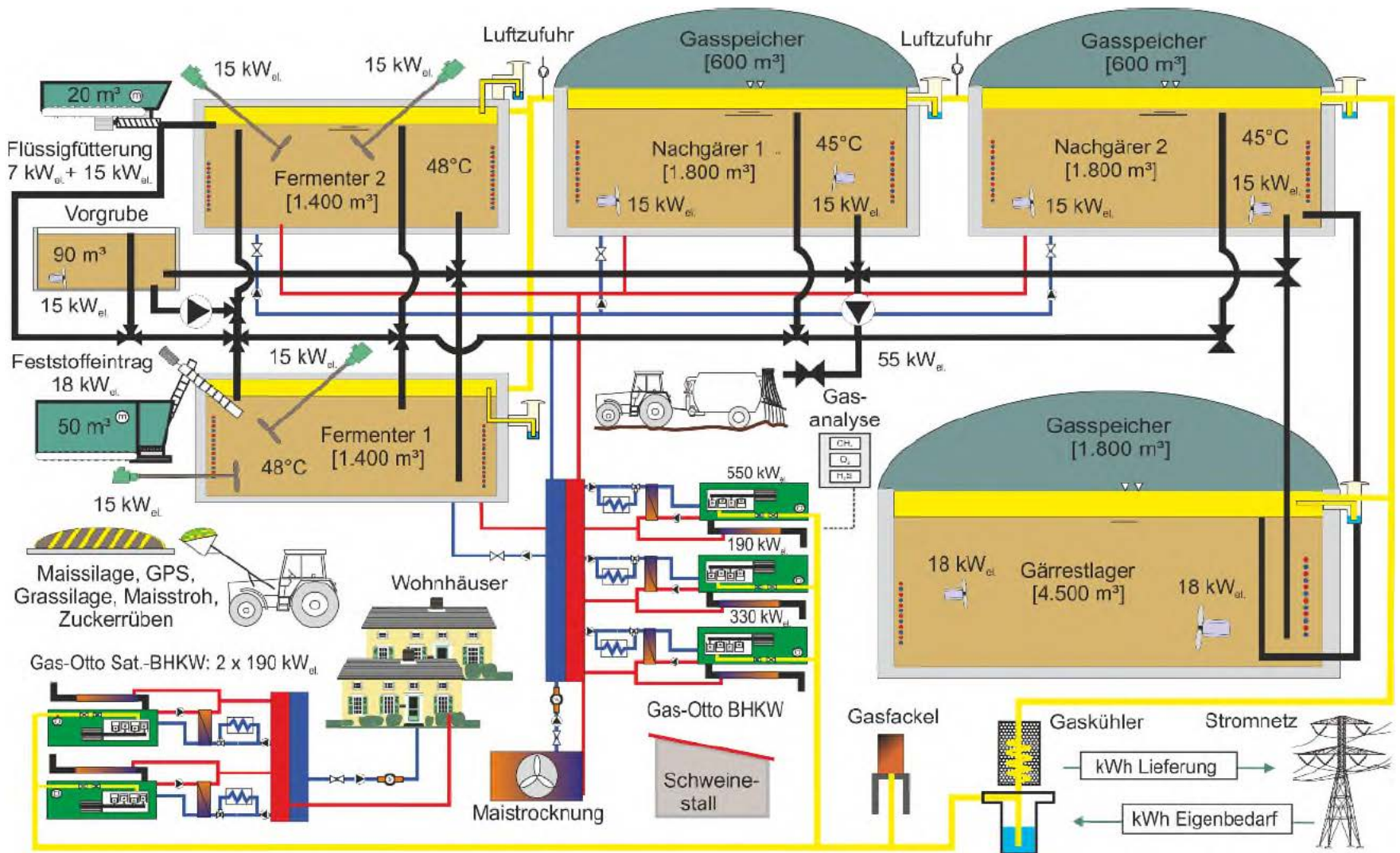
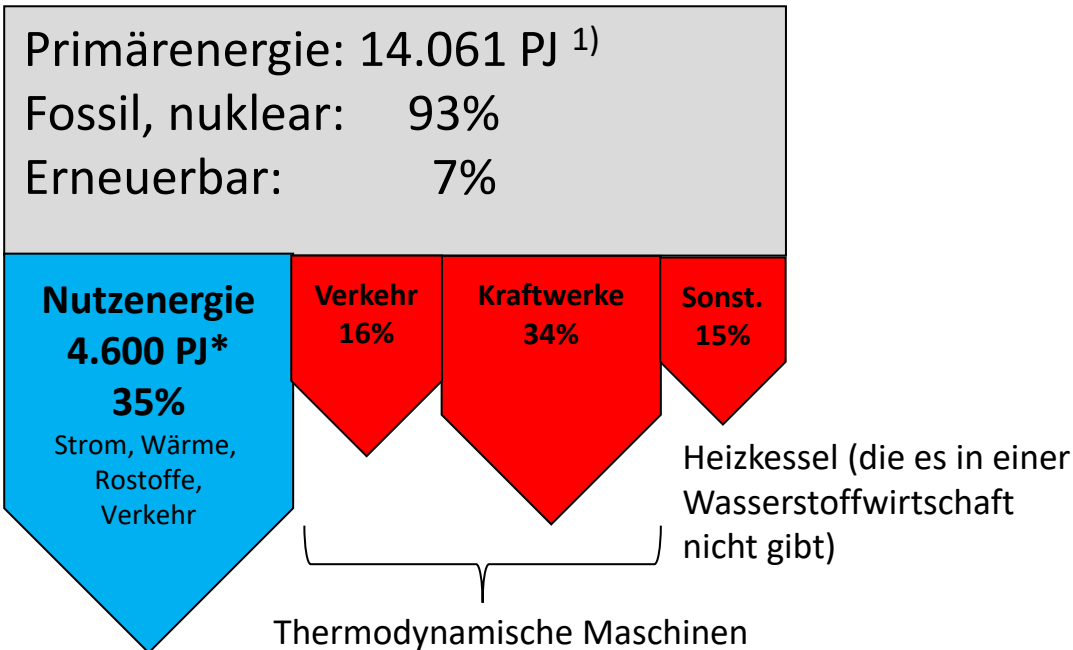


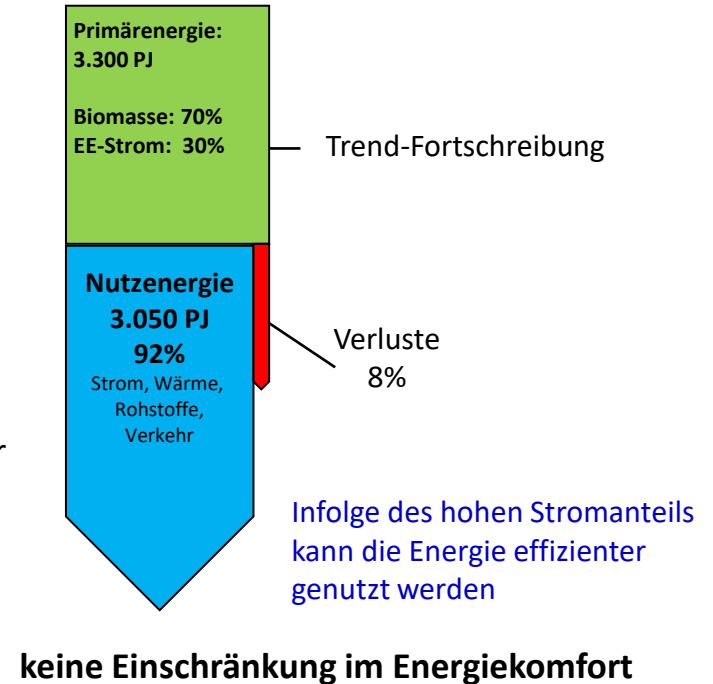
Abbildung 12: Schematischer Aufbau einer landwirtschaftlichen Biogasanlage (Beispiel, LfL 2021)

Energiewirtschaft heute und morgen

Energiewirtschaft DE 2007



Wasserstoff-Wirtschaft DE 2030

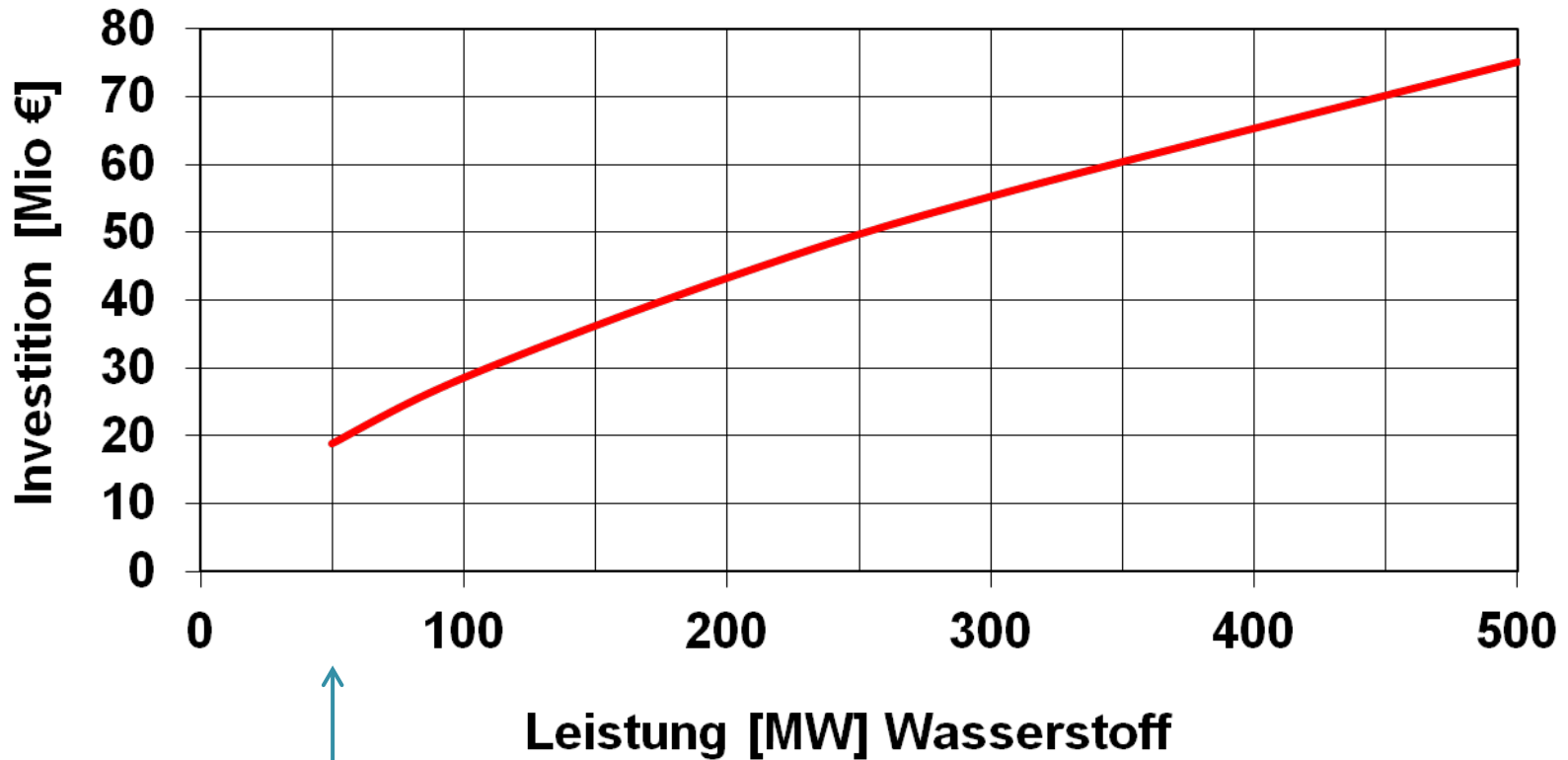


In einer künftigen Wasserstoffwirtschaft sinkt der Primärenergieverbrauch auf ein Viertel – bei gleichem Komfort.

¹⁾ inklusive ca.1.000 PJ nichtenergetischer Verbrauch

* aus BWK61,6 (2009) mit Korrektur: Strom = Nutzenergie (4.400+200=4.600 PJ)

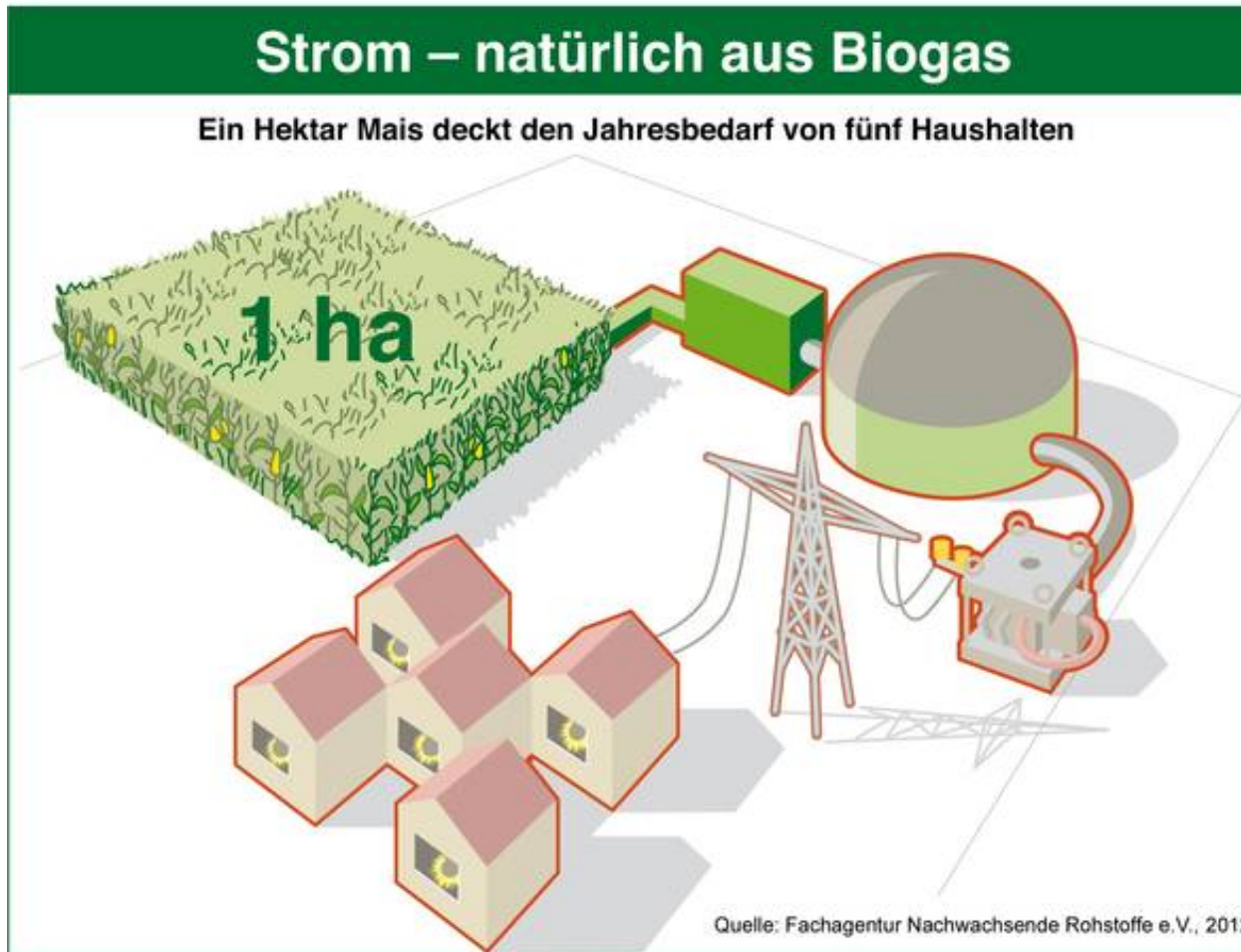
Was kostet eine Wasserstoff-Fabrik?



Stand 2012

kleinste
industrielle
Einheit

Werbung der Biogas-Branche



**Aber: 2,5 mal mehr Strom aus
Biowasserstoff/Brennstoffzelle**

Umbaukosten

Die Installation einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft für Deutschland kostet *einmalig* etwa 40 Mrd. €*. Diesen Betrag investiert die Energiewirtschaft heute *jährlich*.

Es kostet uns also nur eine intellektuelle Anstrengung, um uns aus der Abhängigkeit der fossilen Energieträger zu befreien.

Stand 2012

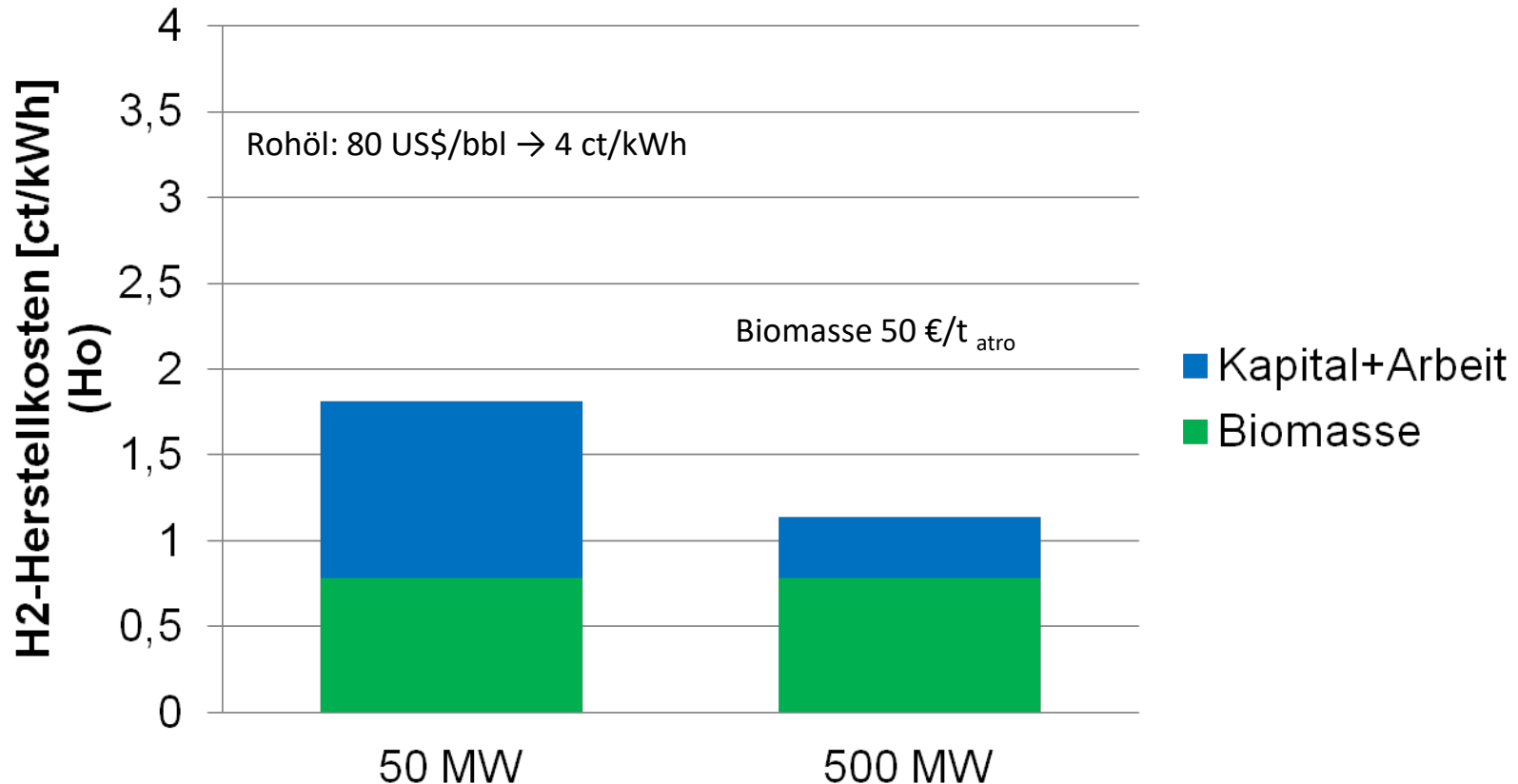
* die Hälfte davon entfällt auf die Wasserstoff-Fabriken, der Rest auf die Erweiterung des Gasnetzes und auf Tankstellen.

Volkswirtschaftlich betrachtet

- Durch die Wertschöpfung im Lande kann Deutschland seine Überweisungen für Energie ins Ausland um rund 100 Mrd. €/a reduzieren.
- Energiekosten können um rund 100 Mrd. €/a gesenkt werden.
- Die sozialen Kosten der Energieerzeugung (externe Energiekosten) können um rund 100 Mrd. €/a reduziert werden.
- Die Zahlungsverpflichtungen von rund 100 Mrd. € (Schulden) durch Zusagen im Rahmen des EEG können abgebaut werden.
- Vollen Umwelt- und Klimaschutz gibt es gratis.

Stand 2012

Bio-Wasserstoff ist billiger als Erdöl und Erdgas



Die **Haushaltstarife** sind 0,7 ct/kWh höher als der Herstellpreis.
Strom bzw. Wärme kostet dann **1,8-2,5 ct/kWh**.

Stand 2012

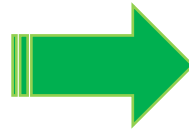
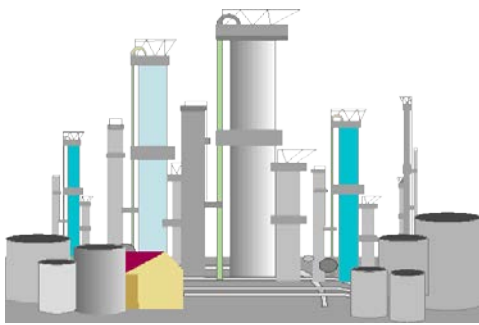
Terra Preta

Durch die **Einbringung von Biokoks** entsteht eine neue Form von Humus, der über 500 Jahre stabil ist. Dadurch ist in tropischen und subtropischen Gebieten eine Landwirtschaft mit sesshaften Landwirten entstanden. Die Hochkulturen der indigenen Völker im Amazonasbecken sind so erst möglich geworden.

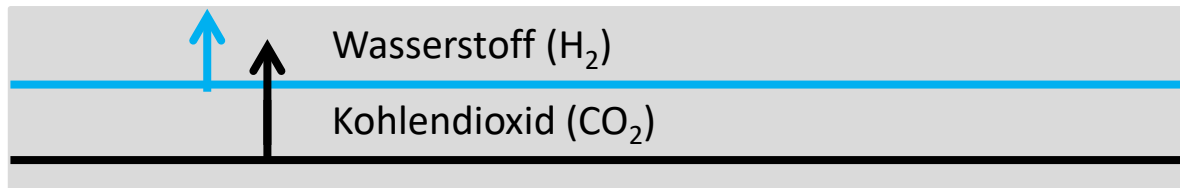
Durch die Bindefähigkeit von Wasser und Nährstoffen im hochporösen Biokoks kann auf niederschlagsarmen und nährstoffarmen Böden Landwirtschaft mit hohen Erträgen betrieben werden.

Das 21. Jahrhundert könnte das Jahrhundert der Landwirtschaft werden, das unsere Hochkultur nachhaltig sichert. Alles: Lebensmittel, Energie und Produkte des täglichen Bedarfs können mit Hilfe der Landwirtschaft erzeugt werden.

Grüne Chemie durch grünen Wasserstoff



Kunststoffe
Schmiermittel
Treibstoffe
Lösungsmittel
Farben
Arzneimittel
Nahrungsmittel (Poteine, Vitamine ...)





Bundeswirtschaftsministerium und Bundesforschungsministerium Förderprogramme (2021)

Grüner Wasserstoff: wird durch Elektrolyse von Wasser hergestellt. Bei grünem Wasserstoff kommt der Strom für die Elektrolyse ausschließlich aus erneuerbaren Energien.

Grauer Wasserstoff: der Ausgangsstoff ist ein fossiler Brennstoff. In den meisten Fällen wird mit der Methode der "Dampfreformierung" Erdgas unter dem Einsatz von Hitze in Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Wasserstoff umgewandelt.

Bei **blauem Wasserstoff** handelt es sich im Grunde um grauen Wasserstoff. Jedoch wird bei blauem Wasserstoff das durch die Dampfreformierung entstandene CO₂ gespeichert. Diese Speicherung wird auch "CCS" genannt, von dem Englischen "Carbon Capture and Storage".

Türkiser Wasserstoff wird über die thermische Spaltung von Methan gewonnen. Dieses Verfahren wird auch als Methanpyrolyse bezeichnet. Anstelle von CO₂ entsteht hierbei ein fester Kohlenstoff.

<https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/eine-kleine-wasserstoff-farbenlehre.html>

Nachteile

im Vergleich zu
Biowasserstoff

- *Die Elektrolyse hat einen geringen Wirkungsgrad.*
- *Erdgas wird importiert.*
- *Methan wird synthetisiert und als Biogas mit geringem Wirkungsgrad durch mikrobielle Vergärung erzeugt.*

Warum haben westliche Industrienationen keine Wasserstoffwirtschaft

In Deutschland und anderen westlichen Staaten wird durch die **privatwirtschaftliche Monopolstruktur des Energie-Marktes** die Einführung der **Wasserstofftechnologie scharf bekämpft**.

- Denn sie führt automatisch zu einer **Dezentralisierung und Kommunalisierung des Energiemarktes** und zu einer deutlichen **Senkung der Energiepreise**.
- **Der Energiegrundstoff wird durch die heimische Landwirtschaft geliefert** und nicht durch Energiekonzerne importiert.
- **Die Energiekonzerne befürchten dadurch den Verlust riesiger Marktanteile und Gewinne, sie üben deshalb massiven Druck auf die Regierungen und Parlamentarier aus.**

Klimaschutzverhandlungen?



Wozu brauchen wir noch Klimaschutzverhandlungen, wenn wir ein Konzept implementieren, bei dem die Energie günstiger ist als heute, nachhaltig erzeugt wird und Umwelt- und Klimaschutz keine Extrakosten verursachen?

Anwendungsbeispiel Nahverkehr



Antrieb mit Wasserstoff/Brennstoffzelle 220 kW

Beispiel: Bedarf für Weiden (43 000 Einw.)

Gaseinspeisung: 534 GWh/a (2010)

Strom: 270 GWh/a (2007)

Wasserstoff-Reaktor Leistung	Elektr. und therm. Leistung jeweils	Landw. Fläche bei 50% Nutzung*
50 MW	200 GWh/a	Durchm. 8 km

* die anderen 50% für Nahrungs- und Futtermittel

Ein 50 MW Wasserstoffreaktor liefert 37% der Wärmemenge
und 74 % des Strombedarfs der Stadt.

**Der Energieträger Biomasse wird zu 100 % durch die heimische
Land- und Forstwirtschaft sichergestellt.**

Fazit

Mit der Installation einer **Wasserstoffwirtschaft durch Biomasse** kann Deutschland

- eine Dezentralisierung und Kommunalisierung des Energiemarktes und eine deutlichen Senkung der Energiepreise erreichen
- die Energieversorgung des eigenen Landes durch Verwendung eigener Energierohstoffe auf Dauer sichern
- Kosten für Import von Öl und Gas einsparen
- einen Technologievorsprung entwickeln
- verlorene Investitionen in nur temporär nutzbare Energiearten wie Photovoltaik und Windkraft vermeiden
- einen Beitrag zur Vermeidung von Öl- und Klimakonflikten leisten



Fachbuch zu Biowasserstoff
von Dipl.-Ing. Karl-Heinz Tetzlaff

512 Seiten, 147 Abbildungen (z. T. farbig), 54 Tabellen
BoD Verlag, Norderstedt, ISBN 978-3-8370-6116-1 (2011) 47,- €

**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit**

Anhang

Maßeinheiten der Energietechnik

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws} \qquad 1 \text{ Joule} = 1 \text{ Wattsekunde}$$

$$1 \text{ PJ} = 0,278 \text{ TWh}$$

$$1 \text{ TWh} = 3,6 \text{ PJ}$$

$$1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ} = 0,113 \text{ m}^3 \text{ Erdgas}$$

$$1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ MPa} = 10 \text{ bar}$$



OHSI-Projekt BHKW (300 kVA el.) in Choiniki mit Rapsöl aus der Tschernobyl-Sperrzone als Treibstoff (2006)



OHSI-Projekt Fernwärme-Heizwerk 330 kW
Wolma/Minsk für Holzbrennstoffe (2008)



Fernwärme-Heizwerk
Wolma/Minsk (2008)
für Holz-Brennstoffe

Montage durch OHSI
und Firmen aus
Deutschland und
Österreich



Selbst denken und entscheiden

Am **Vorabend der Französischen Revolution** schrieb Immanuel Kant (1724-1804) drei Sätze, die die Welt nachhaltiger verändert haben als alle Kriege vorher und nachher:

“Aufklärung ist der Ausgang des Menschen aus seiner selbstverschuldeten Unmündigkeit. Unmündigkeit ist das Unvermögen, sich seines Verstandes ohne Leitung eines anderen zu bedienen. Selbstverschuldet ist diese Unmündigkeit, wenn die Ursache derselben nicht am Mangel des Verstandes, sondern im Mangel der EntschlieÙung und des Mutes liegt, sich seiner ohne Leitung eines anderen zu bedienen.”

Nun ist uns eine neue Feudalherrschaft zugewachsen. Vor der schiereren Machtfülle des Energiesektors müssen alle Regierungen der Welt ihre Knie beugen.

Diese neue Feudalherrschaft ist 1000-mal brutaler als die aristokratische zu Zeiten der Französischen Revolution.

Jean Ziegler, UN-Sonderberichterstatter für das Recht auf Nahrung