



AACHENER VERFAHRENSTECHNIK



Wie viel Öko können wir uns leisten? Globale Bilanzen als Wegweiser in eine nachhaltige Zukunft

Andreas Pfennig
AVT – Thermische Verfahrenstechnik
andreas.pfennig@avt.rwth-aachen.de
www.avt.rwth-aachen.de
Copyright: A. Pfennig 2008

6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt



Der Auslöser

2

Seite 3 AN ABCDE - Nummer 207

Die Seite drei

Mittwoch, 6. September 2006

Landwirt von heute ist der Ölscheich von morgen

In Zukunft kommen Strom und Wärme vom Acker: Alles was Erdöl kann, können Pflanzenöle auch. Nur die Landwirtschaftspolitik muss noch umdenken.

AACHEN. Bauern als Energie- und Rohstoffproduzenten der Zukunft könnten in ihrem Beruf wieder eine Berechtigung für eine bessere Zukunft sehen. Die Biomasse vom Acker und aus dem Wald ist gespeicherte Sonnenenergie und fast auf der ganzen Welt im Feld vorhanden. Hauptächlich die Länder der „Dritten Welt“ brauchen im 21. Jahrhundert viel mehr Energie als heute, um ihre Volkswirtschaften zu entwickeln und den Hunger zu bekämpfen. Ökonomische

Hosen aus Hanf
Alles, was das Erdöl kann, können Hanf und Pflanzenöle auch. Pflanzen werden künftig nicht nur als Nahrungsmittel, sondern auch als Rohstoffe verwendet werden – zum Beispiel in der chemischen Industrie, der Baubranche und der Automobilindustrie für Häute und Autos. Ferner werden auch Kunststoff- und Verpackungsmaterialien, zum Beispiel aus Bioplastik, aus den chemischen Resten der Biomasse, aus Schlämmschlamm und Textilien, aus Sonnenblumen-Samenresten und Autositzen. Das alles ist keine Utopie, sondern realisierbare Vision, die zum Teil bereits umgesetzt wird. 1992 wurden in Deutschland auf etwa 25.000 Hektar nachwachsende Rohstoffe für Industrieprodukte angebaut. 2005 sind es schon über eine Million Hektar.



den Tag so viele organische Substanzen auf unserer Erde, dass wir damit einen Güterzug hätten können, welcher eine Länge von der Erde bis zum Mond hat. Baum- und Pflanzen sind die effektivsten Sonnenkollektoren. In der EU sind heute noch immer Landwirtschaftspolitik nach dem Motto herrschen: „Bauern brauchen wir eigentlich gar nicht, wir haben ja Acker.“ Allein in Deutschland werden jedes Jahr etwa 15.000 Bauernhöfe aufgelassen. Ich habe diesen politischen, aber auch gesellschaftlichen Umgang mit den Bauern für eine Kulturstrategie des größten Bauernsitzes der Geschichte. Aber in einer Zeit, in der Landwirte durch die EU-Ökoverordnung noch mehr Konkurrenz bekommen haben, fördert unumkehrbare Energie vom Acker den Bauern eine Zukunftsperspektive.



Raus aus dem Treibhaus
Die großen deutschen Automobilhersteller, Ford und BMW verstehen, dass nach Wasserkraft kaum noch Biomasse gewonnen werden wird. Die Europäische Kommission schätzt, dass in einigen Jahrzehnten in Europa ein Drittel aller Energie aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden kann – eine bessere Energieeffizienz vorausgesetzt. Schon heute werden Biokraft aus Stroh gewonnen, ebenso wie Wärme aus schnell nachwachsenden Pflanzen. Strom aus Holz in Blockheizkraftwerken, Autogas

aus Pflanzenöl und Biogas aus Launmüllern. Es gibt viel zu tun – pflanzen wir's an! Ein Teil der entscheidenden Vertreter der zentralen Sonnenenergie trägt Biomasse in seine einfache Speicherfunktion. Biomasse nutzt fast überall speicherbar wie Öl oder Kohle und dezentral in allen Aggregatstadien zur Verfügung. Holz, Hüllung oder gasförmig. Aber im deutschen Wald verrotten zu viel etwa 40 Prozent des nachwachsenden Holzes zur Freude der Biokraftwerke. Die Sonne liefert je

den Resten der Welt wieder extrakt. Die Luftfracht kann getroppt werden und landliche Räume können wirtschaftlich genutzt werden. Organischer Müll, Gülle und Klärschlamm können sinnvoll und gewinnbringend genutzt werden. Die Vegetation wird gefördert anstatt vernichtet.

Entwicklung ist jedoch nur möglich mit viel Energie aus erneuerbaren Quellen. Pflanzen und Bäume wachsen nach und können unendlich in Energie verwandelt werden, ohne das Klima zu belasten. Der Schlüssel zu einer kompletten Energieversorgung über Erneuerbare Energien ist eine dezentrale, regionale Versorgung. Und am Beginn einer dezentralen Energieversorgung steht die Land- und forstwirtschaft der primären Wirtschaftssektoren. Die Bauern der Zukunft werden nicht nur ökologisch Lebensmittel erzeugen, sie werden auch Energie

Da fährt ein Ölscheich an seinem Ölfeld vorbei. Raspi ist längst so wertvoll wie Erdöl.

Foto: Keystone

Flugzeuge fliegen mit Spirit aus Zuckerrohr

- Landwirte werden Energieerzeuger oder deutsche Landwirte werden die Ölscheich des 21. Jahrhunderts. Energie aus Acker für diese Entwicklung.
- In Bayern fliegen die ersten Flugzeuge mit Ethanol aus Zuckerrohr.
- In Deutschland investieren BMW und VW Millionen Euro in die Forschung von Biogas.
- In Österreich werden bereits 10 Prozent des gesamten Energieverbrauchs aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen.
- In der Steiermark gibt es viele Ölscheich, die schon in vergangenen Jahren ihre gesamte Energie vom Acker und aus dem Wald beziehen – Strom, Wärme, Kühlung und Fahrzeugkraft.
- In Deutschland investieren BMW und VW Millionen Euro in die Forschung von Biogas.
- In Österreich werden bereits 10 Prozent des gesamten Energieverbrauchs aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen.



Pfennig, 6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt, © A. Pfennig, 2008



Ethische Konsequenzen

3

Misereor warnt vor Ausbau von Biosprit-Einsatz

Aachener Nachrichten
20.02.2009



Pfennig, 6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt, © A. Pfennig, 2008



statische Reichweite

4

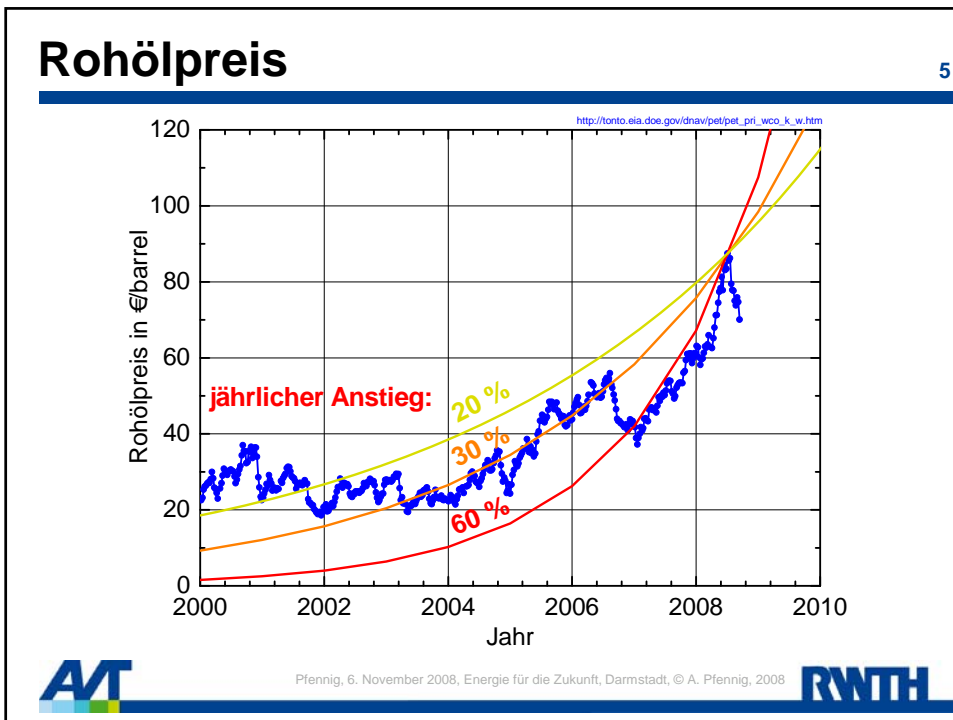
	Statische Reichweite Jahre
Rohöl	42
Erdgas	63
Steinkohle	159
Braunkohle	227

Quelle: Arndt et al., Chem. Ing. Techn. **79**(5), 521 (2007)
Datenbasis 2004/2005



Pfennig, 6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt, © A. Pfennig, 2008



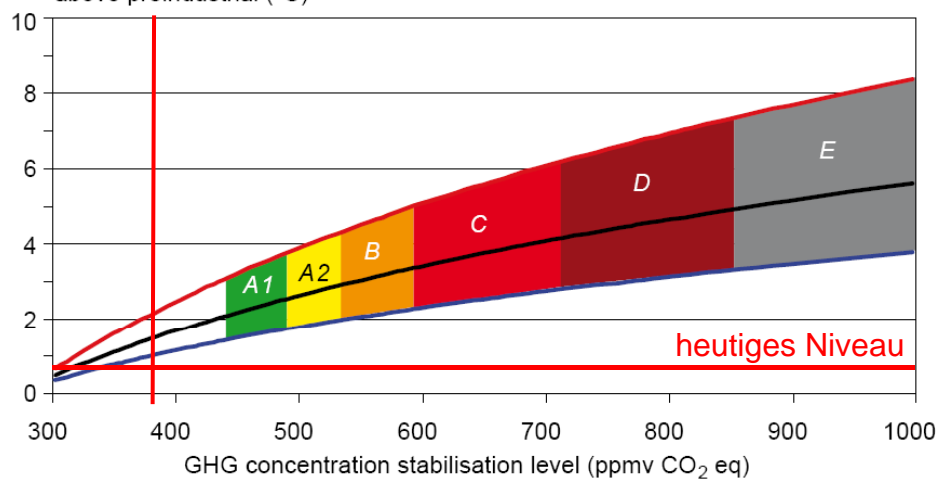


Wie schlimm kann es werden?

Temperatur und CO₂ nach IPCC

8

Equilibrium global mean temperature increase
above preindustrial (°C)



Globale Bilanzen

Atmosphäre

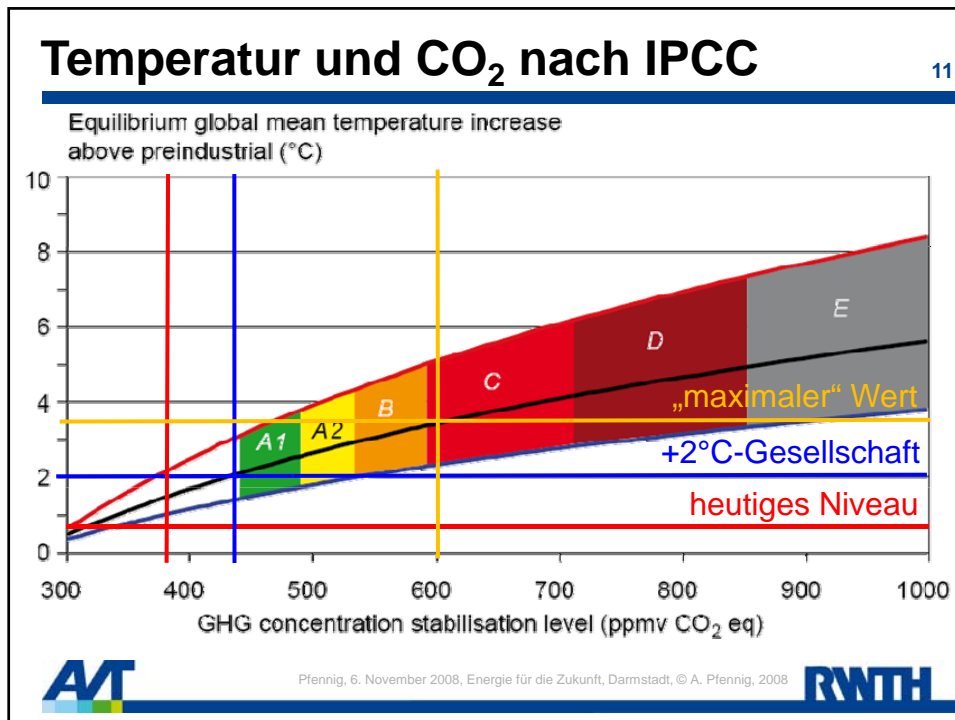


Änderung der Vorräte = - Förderung

Maximaler Klimawandel

10

- Verbrennung aller fossilen Primärenergieträger
 - Vernachlässigung anderer CO₂-Quellen
 - ca. ½ absorbiert von der Natur
- ⇒ 600 ppmv CO₂ in der Atmosphäre

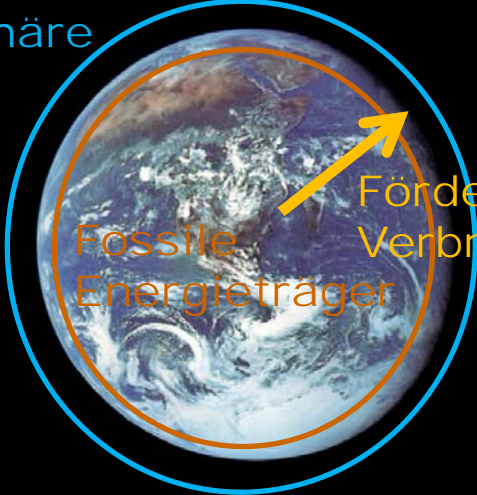


Wie lange reichen
die fossilen Primärenergieträger?

Wo nicht anders angegeben: global!

Globale Bilanzen

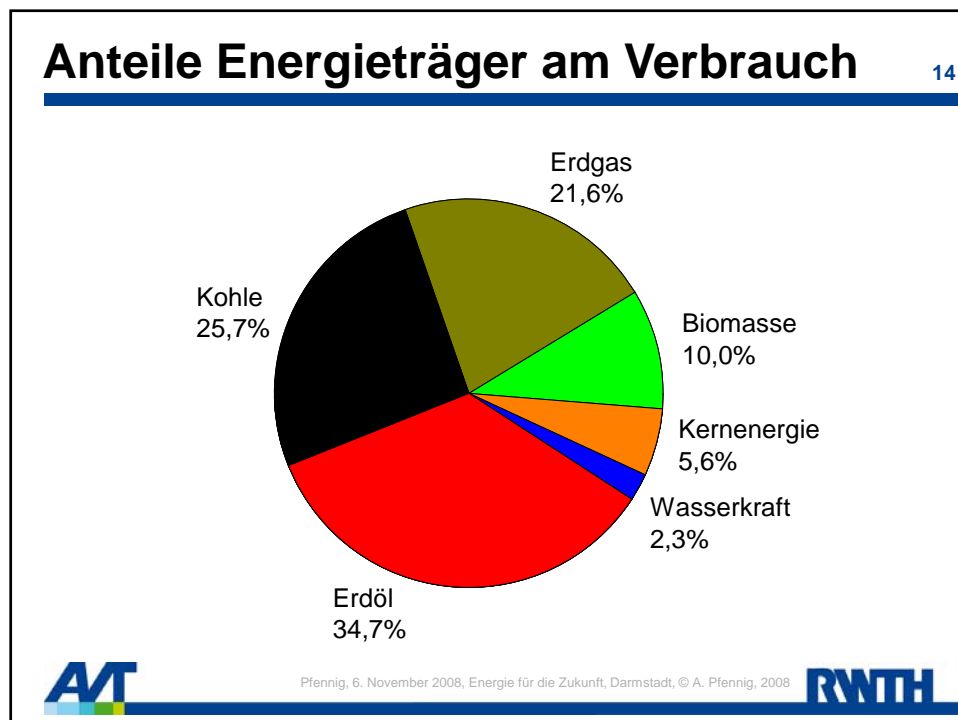
Atmosphäre



Fossile
Energieträger

Förderung und
Verbrennung

Änderung der Vorräte = - Förderung



Verbrauch von Primärenergieträgern 15

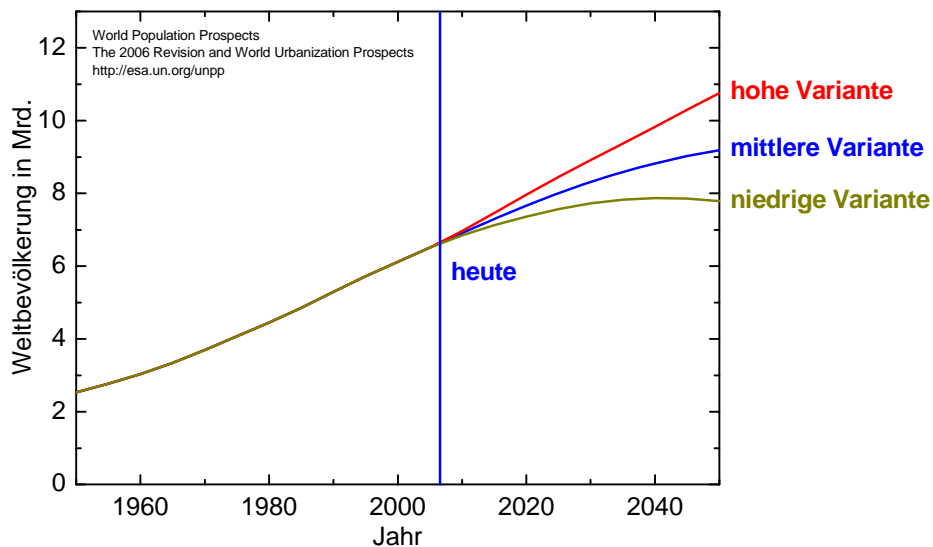
Primärenergieträger	Energie pro Kopf	Menge pro Kopf	
Rohöl	6 905 kWh/a	594 kg/a	1,63 kg/d
Kohle	5 119 kWh/a	614 kg/a	1,68 kg/d
Erdgas	4 297 kWh/a	421 m ³ /a	0,93 kg/d
Biomasse	1 983 kWh/a		
Kernkraft	1 112 kWh/a		
Wasserkraft	451 kWh/a		
Weltmittel (summiert)	19 867 kWh/a		4,24 kg/d
Deutschland	48 609 kWh/a		8,38 kg/d



Pfennig, 6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt, © A. Pfennig, 2008

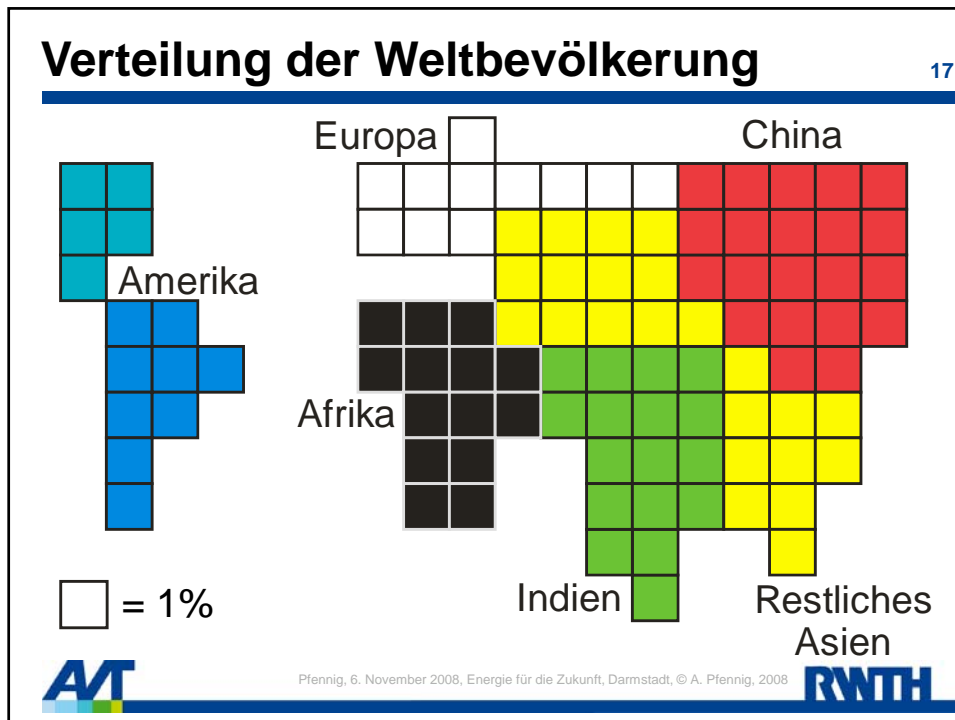


UN-Prognosen Weltbevölkerung 16



Pfennig, 6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt, © A. Pfennig, 2008

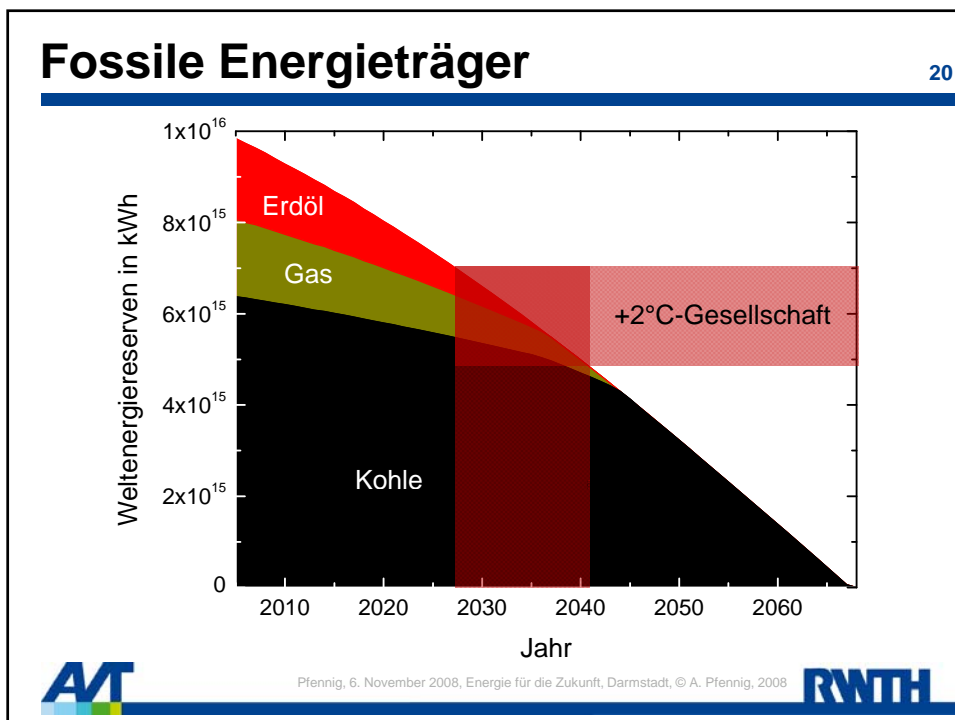
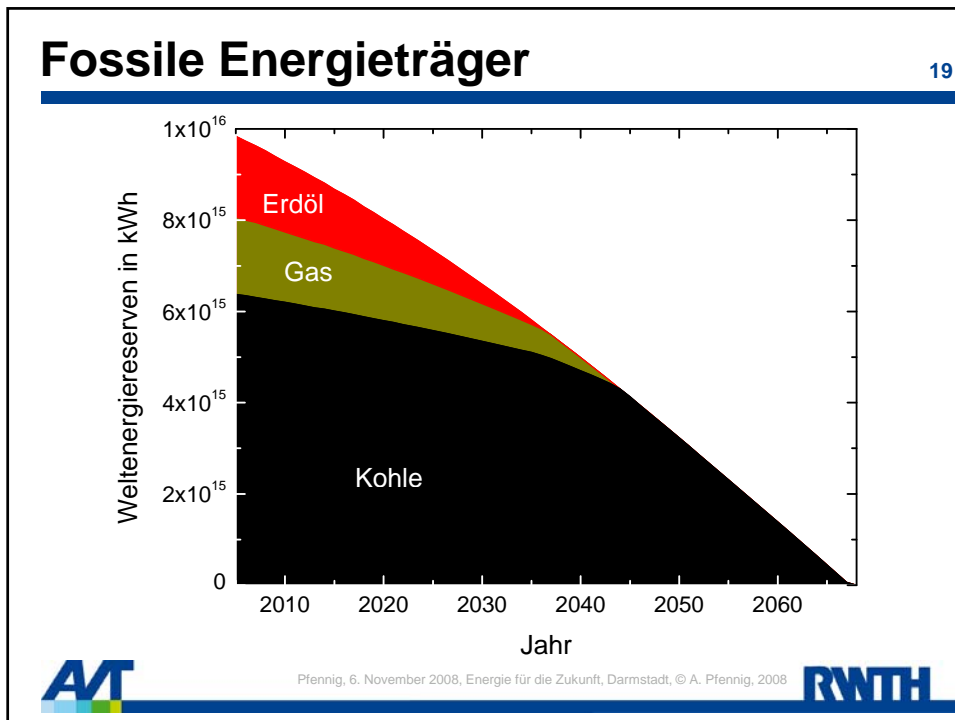




Verbrauch von Primärenergieträgern 18

Staat/Region	Verbrauch	
	pro Kopf kWh/(Kopf Jahr)	insgesamt TWh/Jahr
USA	101 026	30 510
Deutschland	48 609	3 990
Welt	19 272	128 500
China	14 981	19 750
Indien	5 931	6 400
Afrika	4 073	3 930

AT Pfennig, 6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt, © A. Pfennig, 2008 **RWTH**



Welche Alternativen haben wir, um ausreichend Energie bereitzustellen?

Lösen nachhaltiger Bilanzen

22

Heute:

- Landfläche insgesamt 22 000 m²/Kopf
- nutzbare Landfläche 15 500 m²/Kopf

2050:

- Landfläche insgesamt 15 200 m²/Kopf
 - nutzbare Landfläche 11 068 m²/Kopf
 - Erhaltung der Umwelt -1 107 m²/Kopf
 - Siedlungsfläche -750 m²/Kopf
 - Ackerfläche -2 300 m²/Kopf
 - Weide -5 300 m²/Kopf
 - Biomasse als Chemierohstoff -400 m²/Kopf
 - Rest für Energiepflanzen 1 211 m²/Kopf
- Das entspricht maximal 18% der Primärenergieträger bei 4 kWh/(m² Jahr)!



Pfennig, 6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt, © A. Pfennig, 2008



Mögliche alternative Wege (pro Kopf) 23

UN-Bevölkerungs-Szenario	niedrig	mittel	hoch
Weltbevölkerung	7,79 Mrd.	9,19 Mrd.	10,76 Mrd.
	konventionelle Ernährung:		
verbleibende Nutzfläche	0 m ²	0 m ²	-238 m ²
Fläche für Photovoltaik	64 m ²	121 m ²	161 m ²
maximaler Anteil von Biomasse an der Energieerzeugung	44%	18%	0



Pfennig, 6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt, © A. Pfennig, 2008



Pflanzliche Nahrung in Deutschland 24

	Energiedichte kcal/m ²
Tomaten	3050
Mais	2740
Kartoffel	2560
Weizen	2261
Möhren	1450
Äpfel	1430
Rot-/Weißkohl	990
Blumenkohl & Brokkoli	450
Gurken	292
Salat	230
Spargel	50



Pfennig, 6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt, © A. Pfennig, 2008



Mögliche alternative Wege (pro Kopf) 25

UN-Bevölkerungs-Szenario	niedrig	mittel	hoch
Weltbevölkerung	7,79 Mrd.	9,19 Mrd.	10,76 Mrd.
konventionelle Ernährung:			
verbleibende Nutzfläche	0 m ²	0 m ²	-238 m ²
Fläche für Photovoltaik	64 m ²	121 m ²	161 m ²
maximaler Anteil von Biomasse an der Energieerzeugung	44%	18%	0
pflanzliche Ernährung:			
verbleibende Nutzfläche	2 315 m ²	296 m ²	0 m ²
Fläche für Photovoltaik	0 m ²	0 m ²	38 m ²
maximaler Anteil von Biomasse an der Energieerzeugung	78%	81%	64%



Pfennig, 6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt, © A. Pfennig, 2008

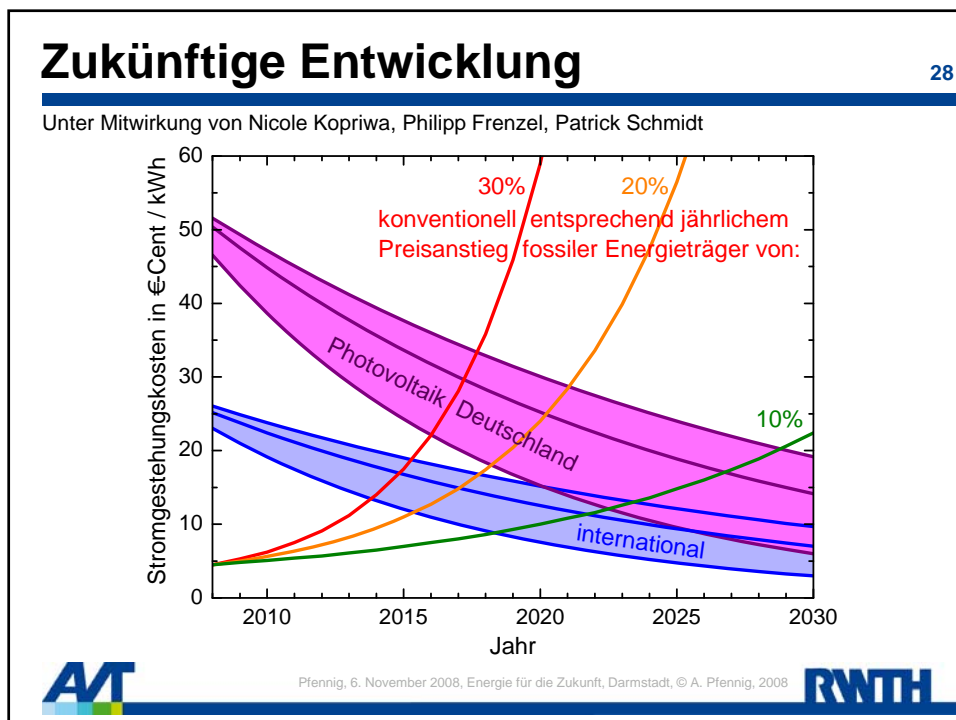
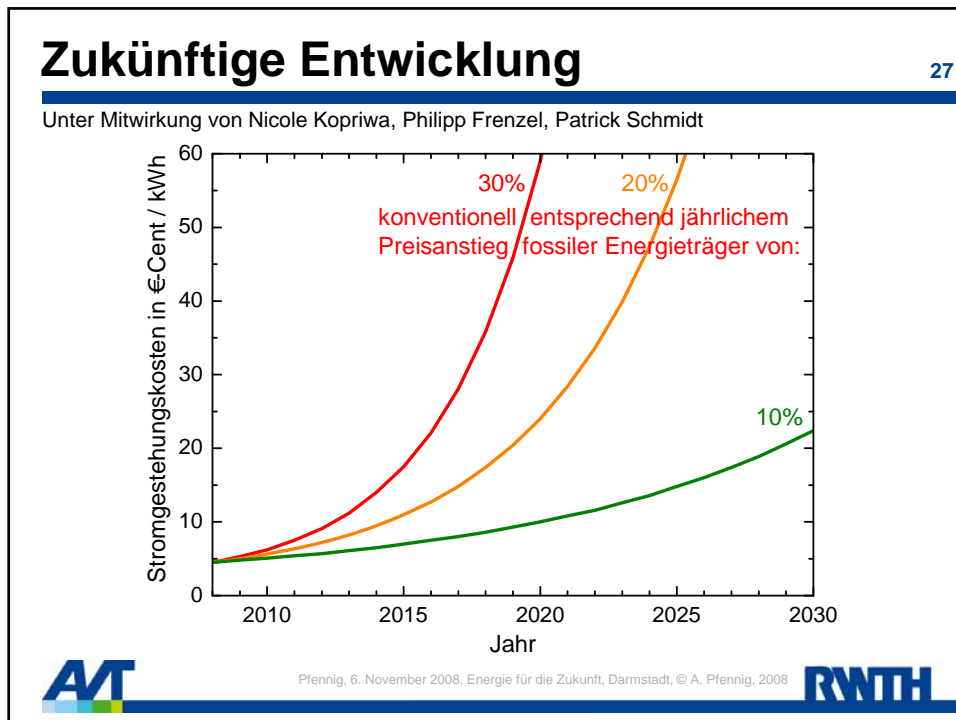


Eine Frage der Technik? 26



...nig, 2008





Sonnennutzung in Deutschland

29

Sonneneinstrahlung	ca. 1000 kWh/(m ² a)
Biodiesel	1,5 kWh/(m ² a)
Biogas	2,5 kWh/(m ² a)
Biomass to Liquid (BtL)	3 kWh/(m ² a)
Photovoltaik heute	95 kWh/(m ² a)



Pfennig, 6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt, © A. Pfennig, 2008



Schritte in eine nachhaltige Zukunft

30

Nutzung aller technologischen Möglichkeiten

Hinterfragen aller Paradigmen:

- Pflanzliche Ernährung
- Recht auf wie viele Kinder?
- Alternative zu Religion als Basis der Werte-Definition und einer Umwelt-Ethik?

Gerechtigkeit inter-national, inter-generationell, transitorisch:

- Wie werden Lasten für Umweltschutz verteilt?
- Wie werden Lasten für Entwicklung verteilt?
- Wie erfolgt zukünftig Handel mit Nahrung und Energie?

Sofortiges nachdrückliches Handeln!



Pfennig, 6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt, © A. Pfennig, 2008



Schlussfolgerungen

31

- Konkurrenz Energie-Biomasse - Nahrungsmittel
- Ohne Änderung des Verhaltens:
 - Biomasse alleine kann Nachhaltigkeit nicht sicherstellen
 - machbare technologische Lösungen stoßen an Grenzen
- Verhalten überdenken: Ernährung, Energie, Kinder
- Biomasse bleibt nachhaltiger chemischer Rohstoff
- Alternative Technologien: Photovoltaik, Wasserstoff

vgl. auch: Pfennig, Biotechnol. J. 2007, **2**, 1485-1496
<http://www.avt.rwth-aachen.de/AVT/index.php?id=651>
 andreas.pfennig@avt.rwth-aachen.de



Pfennig, 6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt, © A. Pfennig, 2008



Fin

33

Vielen Dank!
Fragen, Anregungen?



Pfennig, 6. November 2008, Energie für die Zukunft, Darmstadt, © A. Pfennig, 2008

