

**Universität Frankfurt**  
**12.06.2019**

# **Nachhaltige Energie heißt weniger Energie, aber mehr Wohlstand**

**Prof. Ernst Ulrich von Weizsäcker**

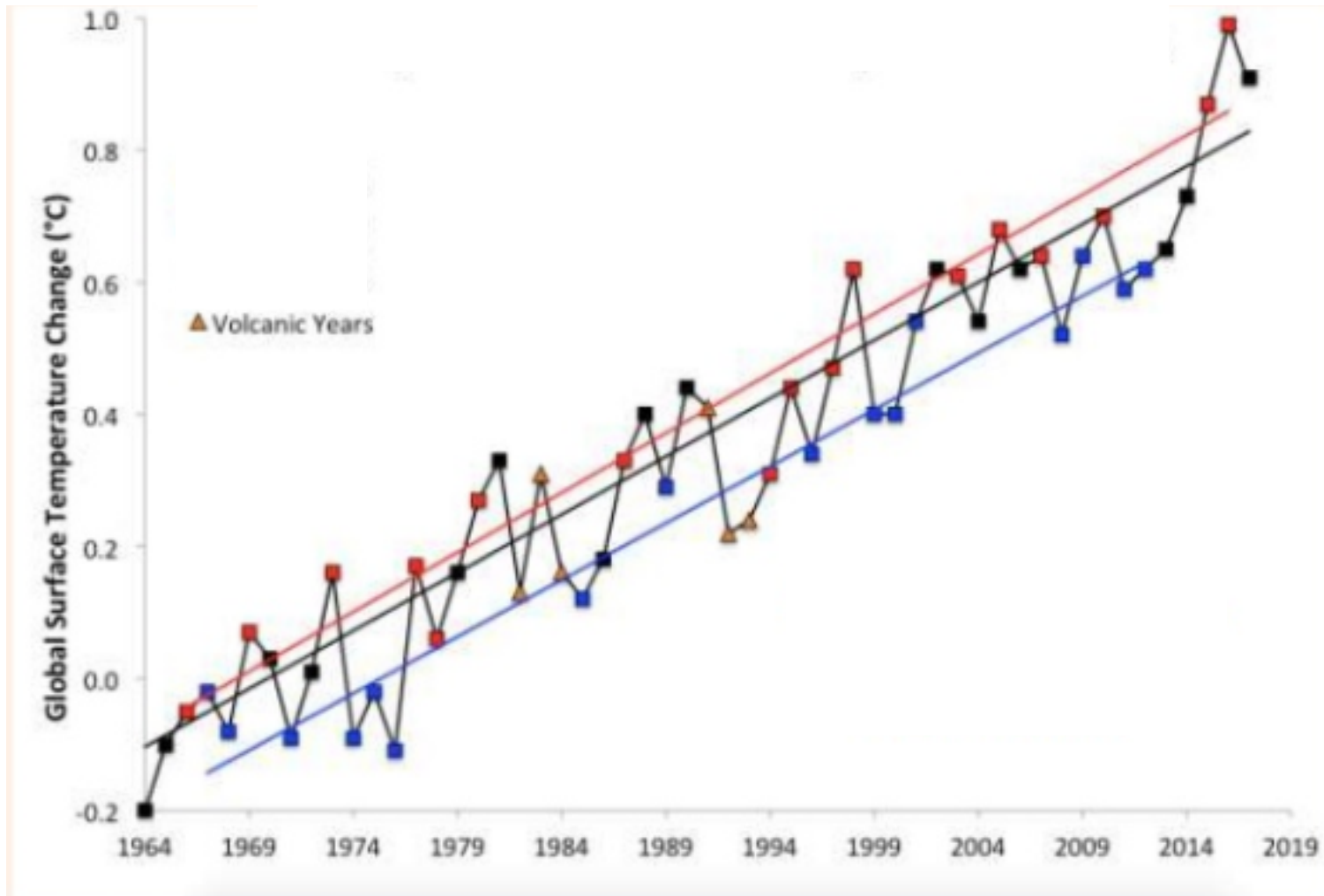
**Past Co-Chair**



**Ehrenpräsident**



# Globale Erwärmung gnadenlos



Courtesy Jeremy Leggett 2018

# 2018 war weltweit ein Klima-Katastrophenjahr!



**Borkenkäferbefall**



**Vertrocknete Ernten**

**... für Förster,  
Landwirte,  
Hauseigentümer!**



**brennende Häuser in Malibu**

vor 3 Tagen

# Taifun Jebi in Japan 5. September 2018. Eine große Welle wirft Autos wie Spielzeug durch die Luft.

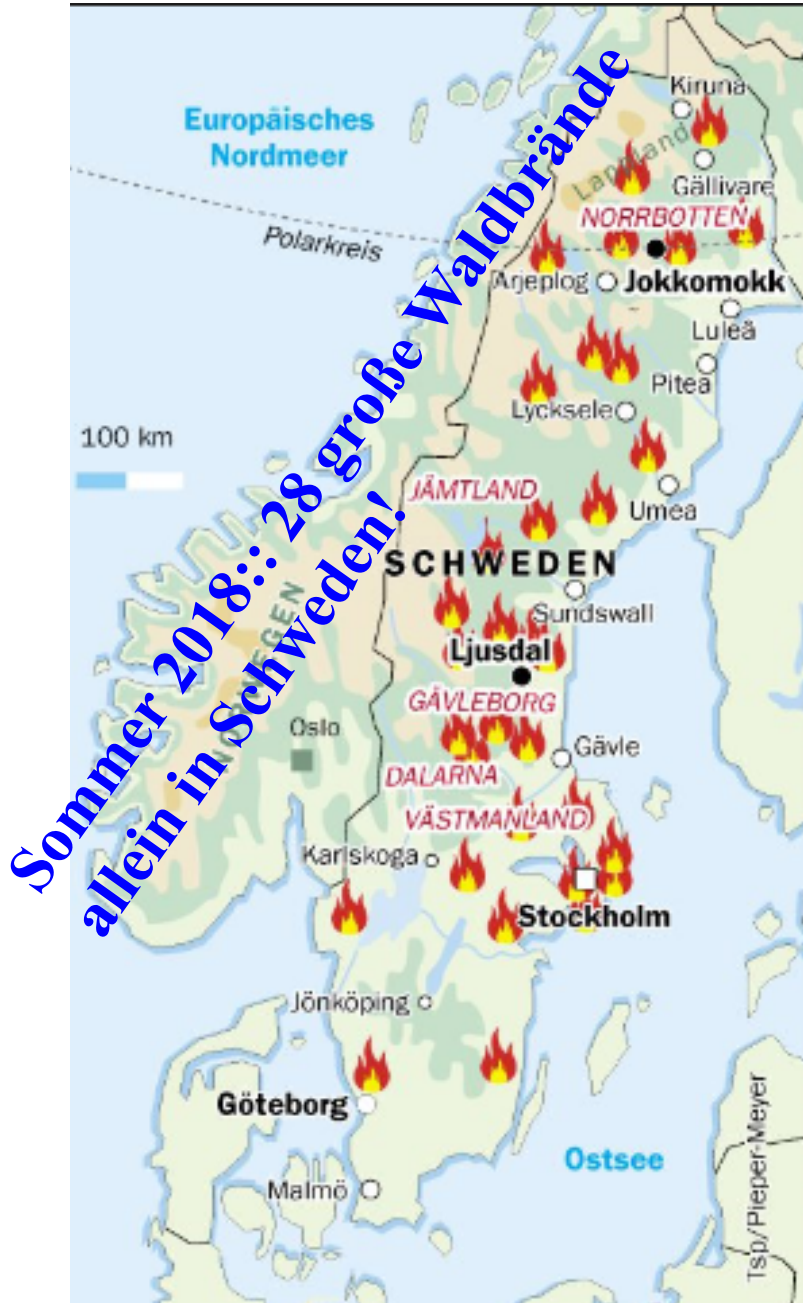


[www.suedostschweiz.ch](http://www.suedostschweiz.ch)

## Hurrikan Florence 13.9.18. Land unter auch für Wildpferde!



Quelle: Inquisitr 13.9.18



**Der Klimaschock von 2018 hat den großen Erfolg von Greta Thunberg erst möglich gemacht.**



**Und 2019:**

# **Jahrhundertdürre in Australien!**

(im Hintergrund eine Schafherde, die in  
direktem Körperkontakt weniger  
austrocknet!)

Bild: Deckblatt TIME 4. März 2019



# Viel bedrohlicher als Waldbrände: Meeresspiegelanstieg

- Italien während der letzten Eiszeit (vor 20 000 Jahren)

- .... und während der letzten Heiss-Zeit (vor 2 Mill. Jahren) .....

Italy during the last ice age 20000 years ago



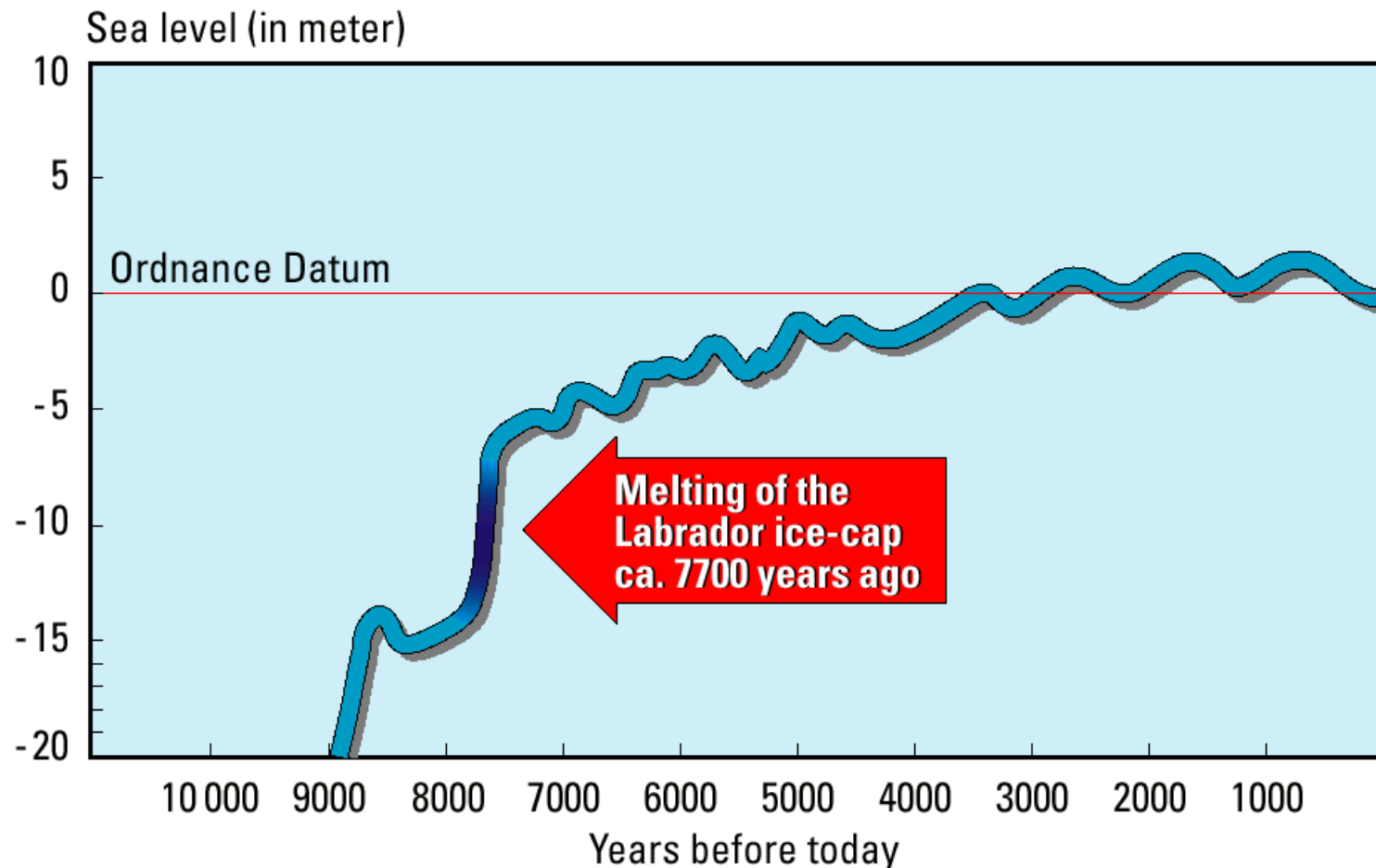
Italy during the Pliocene 2 million years ago



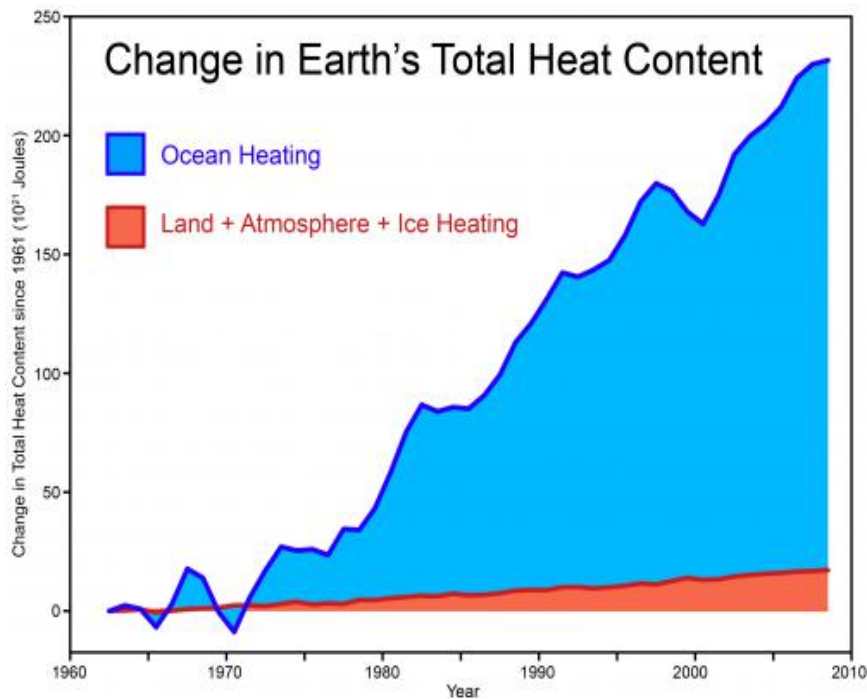


# Und die Übergänge können plötzlich kommen! Den Sprung kennen wir als „die Sintflut“!

(nach Michael Tooley. Global sea-levels: floodwaters mark sudden rise. Nature 342 (6245), p 20 - 21 1989)



**Die Lufterwärmung ist noch harmlos. Die Weltmeere sind viel stärker betroffen als die Atmosphäre. Also ist die Bedrohung durch Meeresspiegelanstieg sehr real!**



Source: Skeptical Science, Church et al 2011

**Zur Zeit wird die Wärme hauptsächlich in den Weltmeeren gespeichert, weniger in der Atmosphäre.**

# **Makabre Posse: Trump und Klimaschutz.**

**Klimaschutz lehnt er ab, aber climate engineering fördert er gewaltig.**

**Das erhält den Wert von fossilen Schürfrechten, also das Vermögen der Brüder Koch, der größten Finanzierer der Republikaner!**



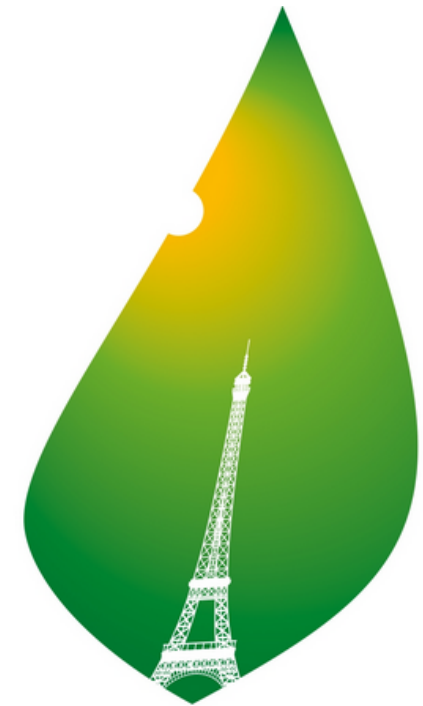
**David und Charles Koch**

**Natürlich waren wir froh über  
das Klimaabkommen von Paris.**

**Aber wie reagiert die Politik?**

**„Tja, wir müssen uns mehr ums  
Klima kümmern. Aber das wird  
verdammt teuer. Also brauchen  
wir jetzt erstmal viel mehr  
Wachstum!“**

**Ist das die richtige Antwort?**



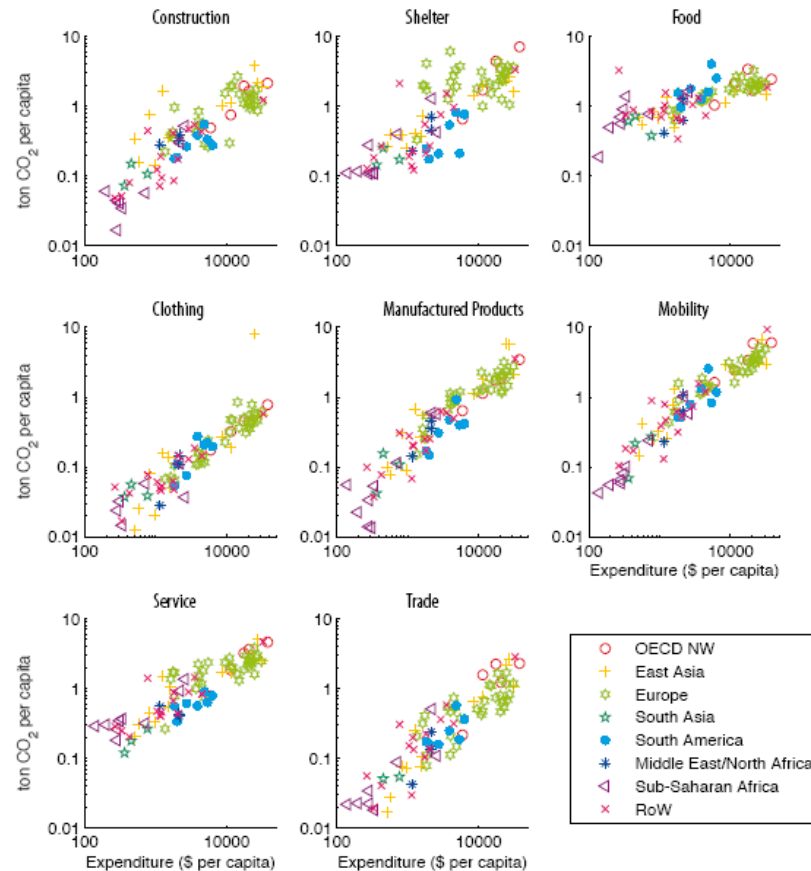
COP21 • CMP11

**PARIS 2015**

UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE

**Nein, es ist die  
falsche Antwort!**

**Das Wachstum geht  
ziemlich strikt mit  
CO<sub>2</sub>-Ausstößen  
einher, - in den 8  
wichtigsten Sektoren  
gemessen!**



Quelle: Hertwich, E.; Peters, G. P. Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis  
Environ. Sci. Technol. 2009, 43 ( 16) 6414– 6420

**Soviel zum Klima und zur problematischen  
Antwort der Politik.**

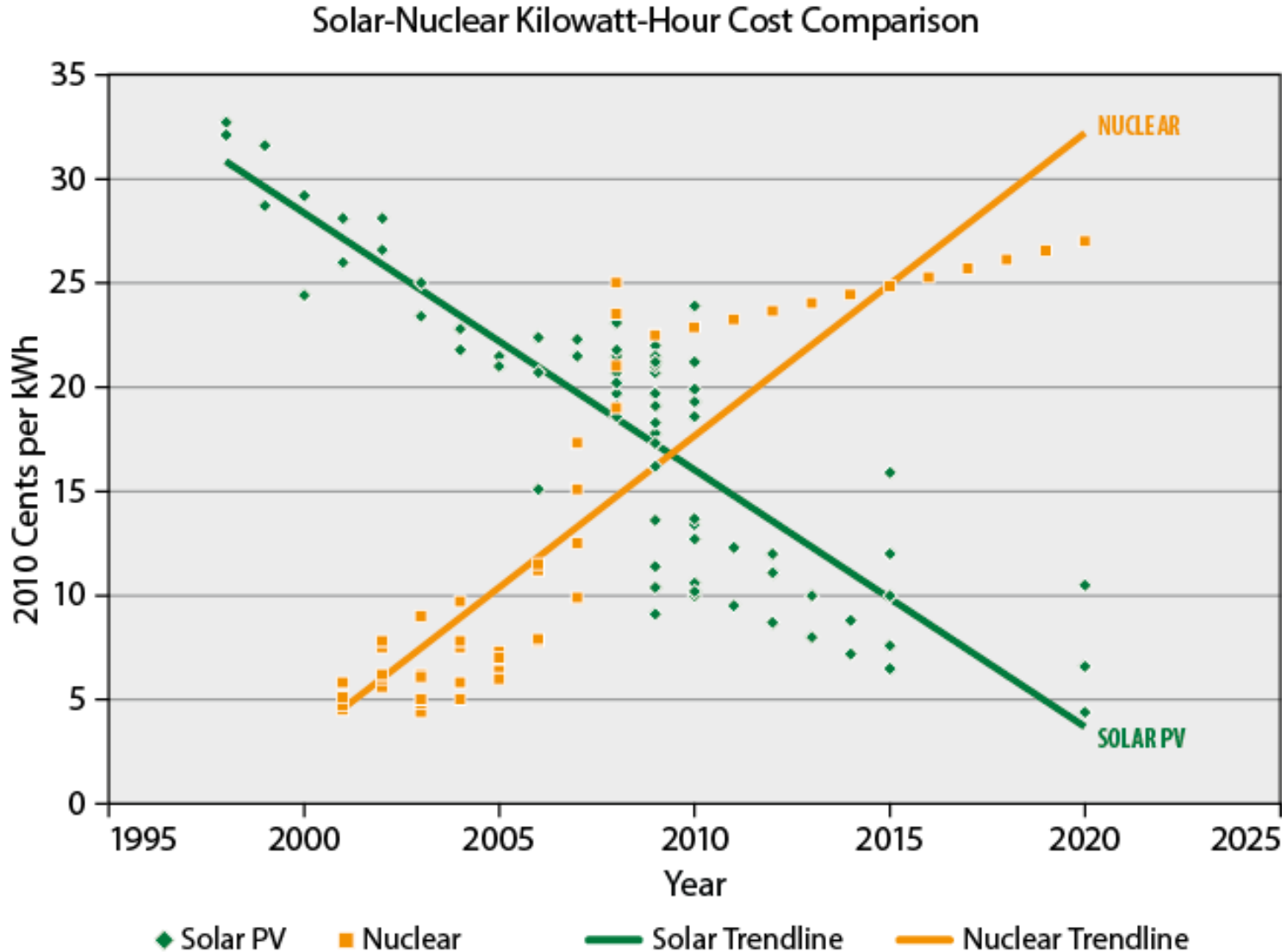
**Jetzt zur Frage, was denn die richtige  
Antwort wäre.**

**Das EEG (1999) hat den Boom bei  
erneuerbaren Energien angestoßen.**

**Der große Antreiber war  
Dr. Hermann Scheer MdB.  
Er starb viel zu früh!**



# Der riesige Erfolg des EEG: Solarenergie schlägt Kernenergie beim Preis!!



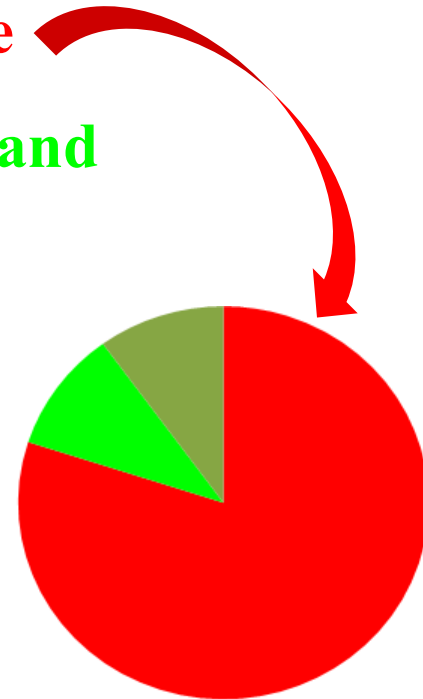
Quelle: Zachary Shahan. [www.cleantechnica.com](http://www.cleantechnica.com)



## Eine Folge: So stellt man sich Klimaschutz vor:

- **80%: Weniger CO<sub>2</sub> in der Energie**
- **10%: Weniger Energie im Wohlstand**
- 10%: Weniger Wohlstand

**100%**



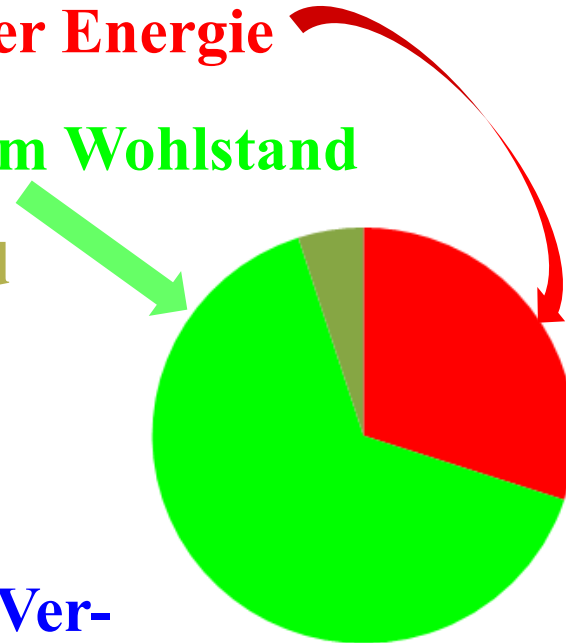
**Ich schlage aber eine andere Aufteilung vor:**

**•30%: Weniger CO<sub>2</sub> in der Energie**

**•65%: Weniger Energie im Wohlstand**

**•5%: Weniger Wohlstand**

**100%**



**(das ist immer noch eine Ver-  
zehnfachung der erneuerbaren Energien,**

**Also keine Angst, liebe Solarfreunde!)**

# Erneuerbare Energien, unsere Lieblinge! Aber wieviel?



PV so groß wie Flughäfen? (Waldpolenz, Sachsen)



Windräder, angenehme Nachbarn?

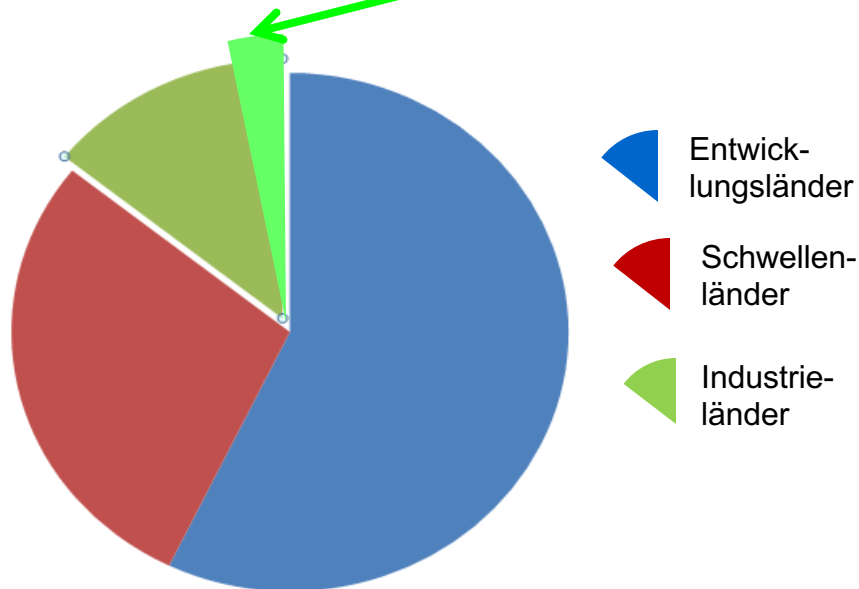


Wasserkraft? Jede Menge Konflikte!



Mais statt artenreiche Landwirtschaft??

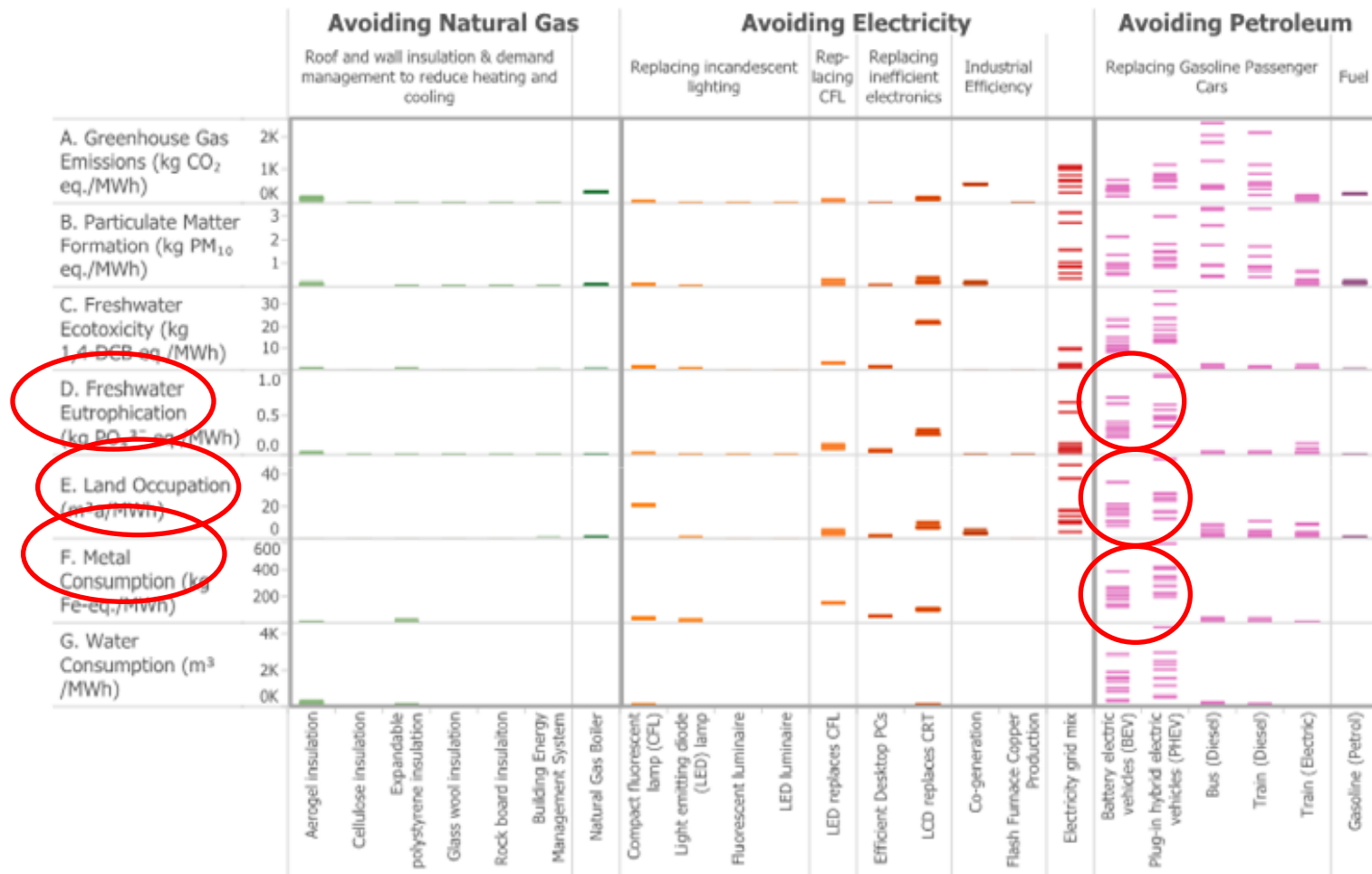
**Dennoch gibt es Grenzen. Wenn die reichste Milliarde 20% EE erreicht, wäre erst  $1/35$  des „Bedarfs“ von 7 Milliarden Menschen.**



**Und jetzt stellen wir uns einmal eine Verfünfunddreißigfachung der heutigen Maisplantagen, Windkraft, Wasserkraft, Sonnenenergie usw vor! Ein *ökologischer* Albtraum!  
Also muss man den „Bedarf“ senken**

# Es gibt auch ökologische Kosten – bei Wasser, Land und Metallbedarf

Figure 1: Comparison of the present-day environmental impacts for selected energy-saving technologies. ¶



# Das Bild stammt aus einem IRP-Bericht über ökologische Kosten von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien

- ¶
- **The Benefits, Risks and Trade-offs of Demand-side Low-carbon Energy Technologies** ¶
- *A fact sheet from the International Resource Panel* ¶
- ¶



International  
Resource  
Panel

2015

# Herausforderungen bei erneuerbaren Energien:

1. Herstellung: PV, Wind, Geothermie, H<sub>2</sub> oder CH<sub>4</sub> (power to gas), Magnete (Seltene Erden!)  
Vermeidung von Biogas-Monokulturen
2. Nutzung: Stromspeicher, v.a. Batterien (u.a. Lithiumproblem) und Brennstoffzellen (klein und groß); Lastmanagement (smart grids auch im Industrieformat).
3. Kapitalschonung: die heutigen Infrastrukturen basieren vielfach auf Verbrennung. Kann das klimaneutral werden?



**Energieeffizienz: Technisch ist eine Verfünffachung allemal machbar!**





**Stellen Sie sich  
einen 10 kg  
schweren  
Wasser-eimer  
vor.**

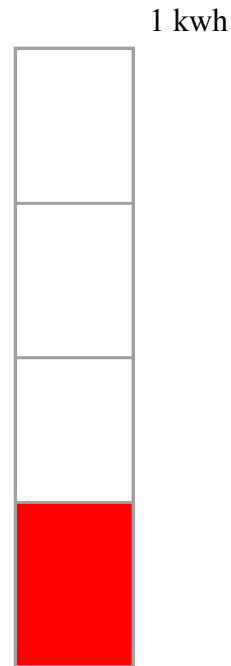
**Wieviele  
Kilowatt-  
stunden**

**braucht man, um  
ihn von Meeres-  
höhe auf den  
Gipfel des  
Mount Everest zu  
heben?**



**Die Antwort ist  
überraschend:  
Eine Viertel  
Kilowattstunde!**

**(Eine Wattsekunde ist ein  
Newtonmeter;  $\frac{1}{4}$  Kwh ist  
900.000 Wattsekunden)**



## Neue Autotypen 5 mal effizienter als der Schnitt:

Heutige Flotte  
5-10 l/100km

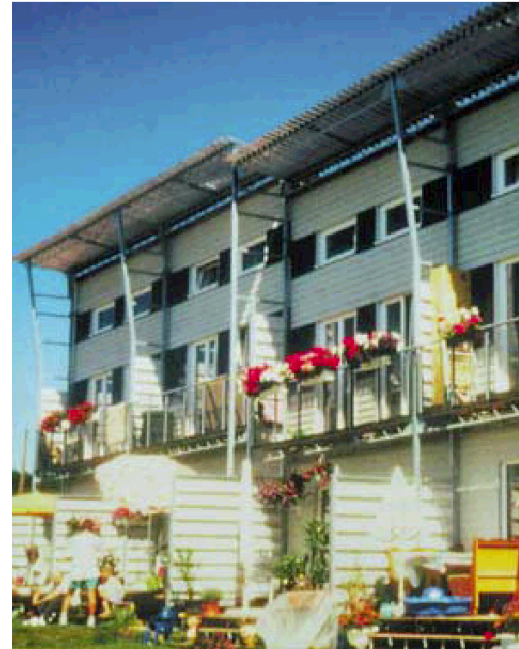
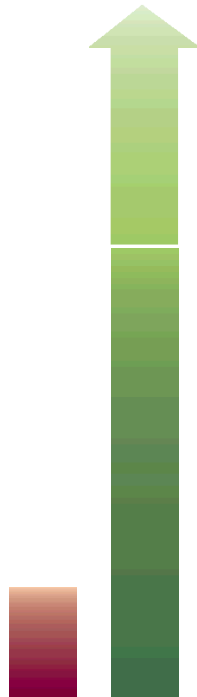


Volkswagen  
Konzeptauto XL 1  
0,9 l/100km



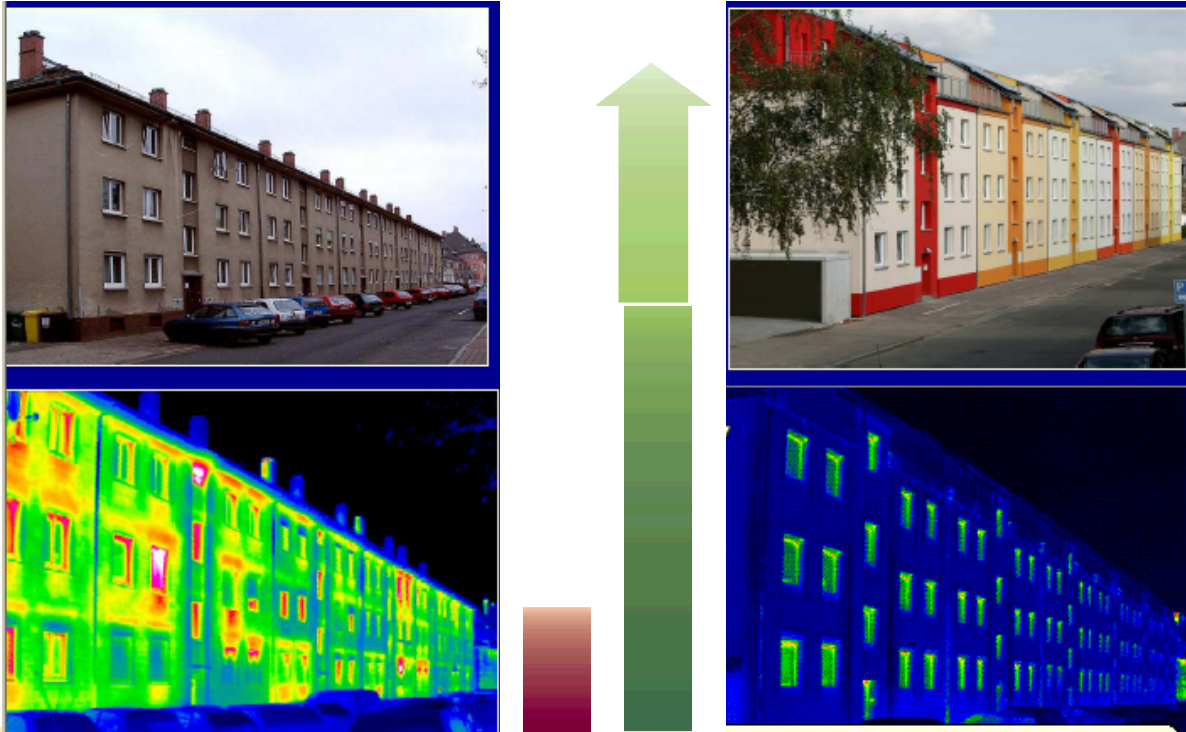
Energieeffizienz

## Passivhäuser (Wolfgang Feist): zehnfache Energieeffizienz:



Energieeffizienz

## Altbausanierung nach Passivhausstandard



Oben: Photos  
Unten: Thermogramme



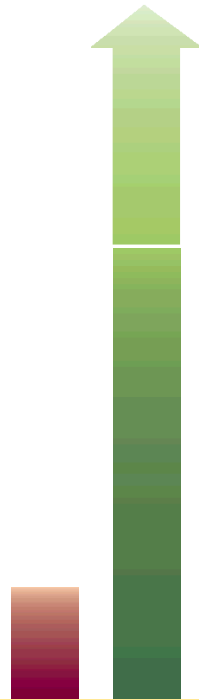
**Plusenergiehäuser in Freiburg: Solarsiedlung**

**Architekt: Rolf Disch**



**und „Heliotrop“**

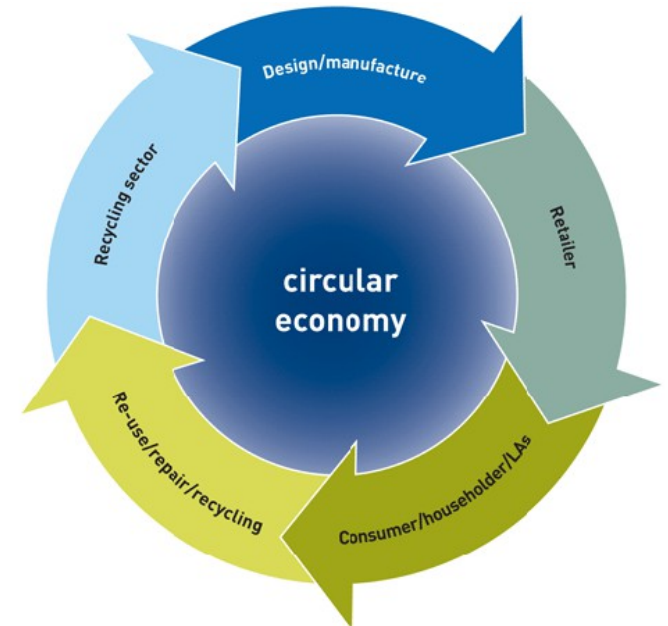
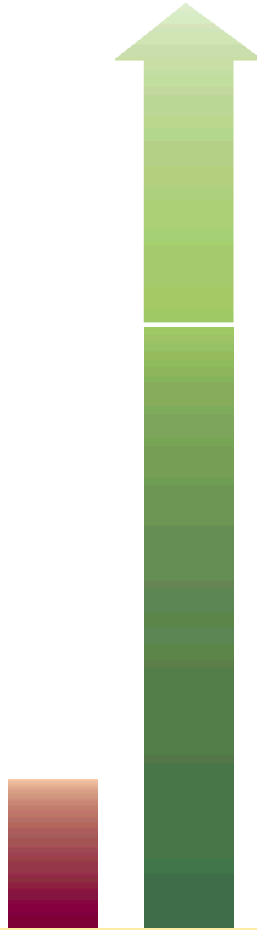
# LED statt Glühbirnen: ein Faktor 10.



Philips 7W Master LED

Energieeffizienz

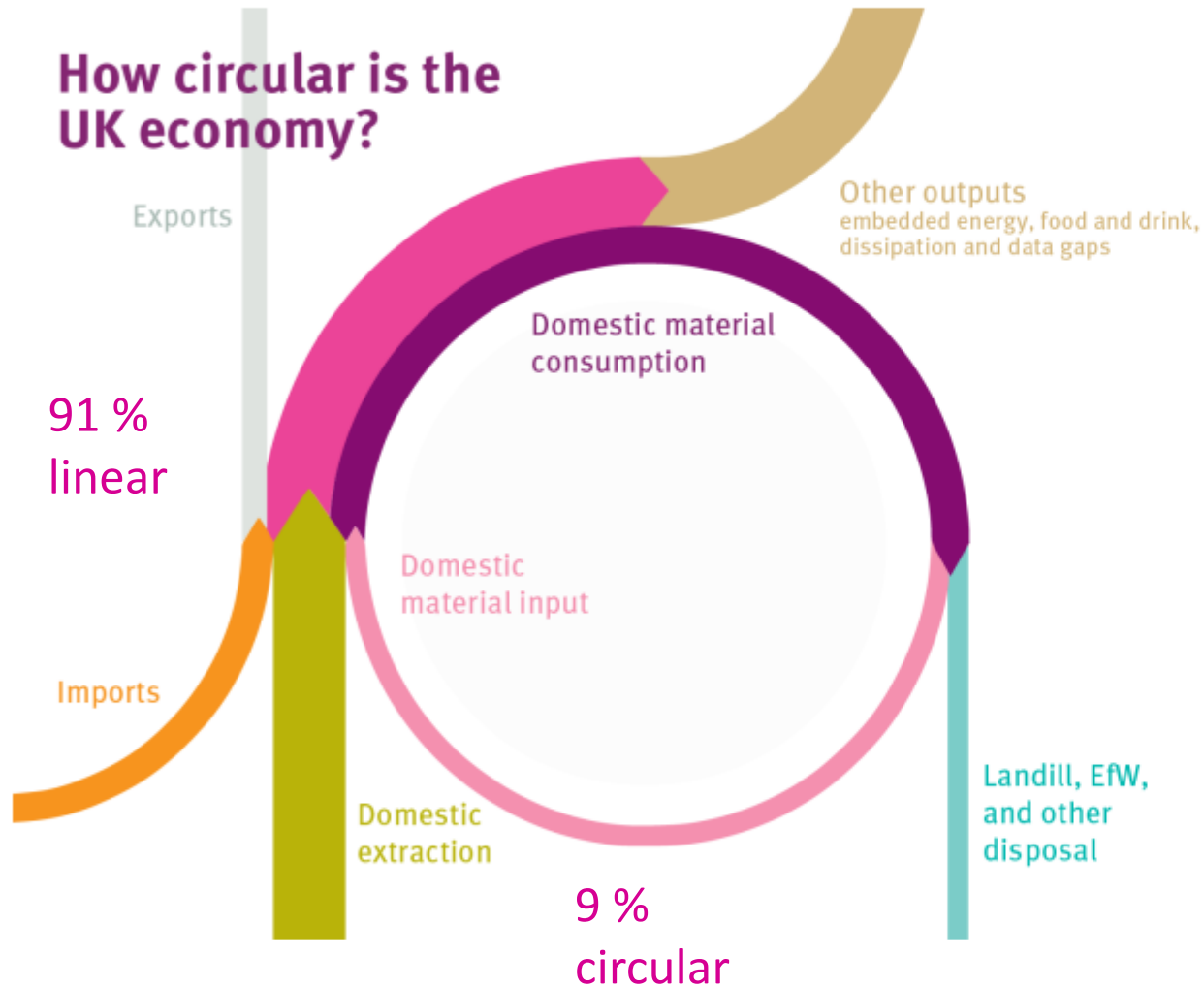
# Mineralien: Vom großen Baggern zur Kreislaufwirtschaft.



Materialeffizienz



Aber wir sind von der Kreislaufwirtschaft noch **weit entfernt**.  
Die britische Wirtschaft ist nur **9%** kreislaufend, **91%** linear!





# ... und die Recyclingraten von fast allen Hochtechnologie-Metallen liegen unter 1%!!

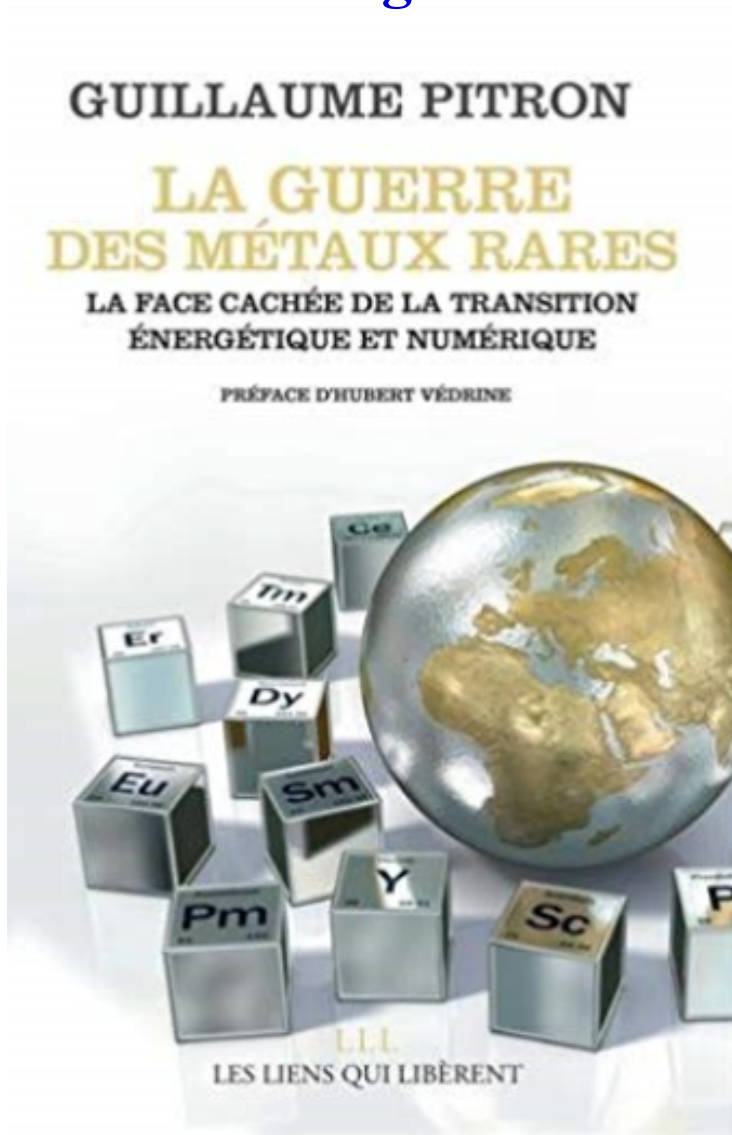
Source: Thomas Graedel et al 2011 (in preparation)  
Recycling Rates of Metals. UNEP, Paris

1																	2
<u>H</u>																	<u>He</u>
3	4											5	6	7	8	9	10
<u>Li</u>	<u>Be</u>											<u>B</u>	<u>C</u>	<u>N</u>	<u>O</u>	<u>F</u>	<u>Ne</u>
11	12											13	14	15	16	17	18
<u>Na</u>	<u>Mg</u>											<u>Al</u>	<u>Si</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Cl</u>	<u>Ar</u>
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Sc</u>	<u>Ti</u>	<u>V</u>	<u>Cr</u>	<u>Mn</u>	<u>Fe</u>	<u>Co</u>	<u>Ni</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>Ga</u>	<u>Ge</u>	<u>As</u>	<u>Se</u>	<u>Br</u>	<u>Kr</u>
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
<u>Rb</u>	<u>Sr</u>	<u>Y</u>	<u>Zr</u>	<u>Nb</u>	<u>Mo</u>	<u>Tc</u>	<u>Ru</u>	<u>Rh</u>	<u>Pd</u>	<u>Ag</u>	<u>Cd</u>	<u>In</u>	<u>Sn</u>	<u>Sb</u>	<u>Te</u>	<u>I</u>	<u>Xe</u>
55	56	*	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
<u>Cs</u>	<u>Ba</u>		<u>Hf</u>	<u>Ta</u>	<u>W</u>	<u>Re</u>	<u>Os</u>	<u>Ir</u>	<u>Pt</u>	<u>Au</u>	<u>Hg</u>	<u>Tl</u>	<u>Pb</u>	<u>Bi</u>	<u>Po</u>	<u>At</u>	<u>Rn</u>
87	88	**	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	(117)	118
<u>Fr</u>	<u>Ra</u>		<u>Rf</u>	<u>Db</u>	<u>Sg</u>	<u>Bh</u>	<u>Hs</u>	<u>Mt</u>	<u>Ds</u>	<u>Rg</u>	<u>Uub</u>	<u>Uut</u>	<u>Uuq</u>	<u>Uup</u>	<u>Uuh</u>	<u>(Uus)</u>	<u>Uuo</u>

* <u>Lanthanides</u>	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	<u>La</u>	<u>Ce</u>	<u>Pr</u>	<u>Nd</u>	<u>Pm</u>	<u>Sm</u>	<u>Eu</u>	<u>Gd</u>	<u>Tb</u>	<u>Dy</u>	<u>Ho</u>	<u>Er</u>	<u>Tm</u>	<u>Yb</u>	<u>Lu</u>
** <u>Actinides</u>	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	<u>Ac</u>	<u>Th</u>	<u>Pa</u>	<u>U</u>	<u>Np</u>	<u>Pu</u>	<u>Am</u>	<u>Cm</u>	<u>Bk</u>	<u>Cf</u>	<u>Es</u>	<u>Fm</u>	<u>Md</u>	<u>No</u>	<u>Lr</u>

>50%   
  >25-50%   
  >10-25%   
  1-10%   
  <1%   
  ???

# Dass die Recyclingraten für seltene Metalle so jämmerlich niedrig sind bringt auch Guillaume Pitron auf die Palme!



2018

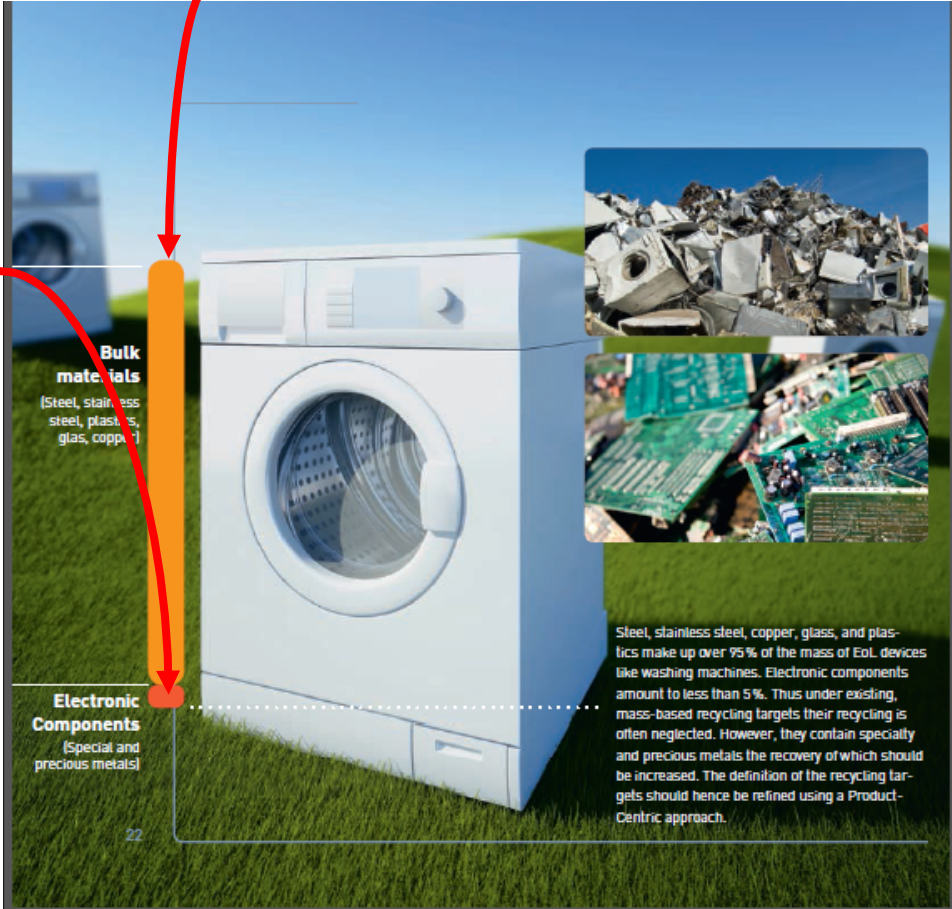


Guillaume Pitron



Schlimme Zustände  
bei Metallgewinnung

# Recycling geht bei den „großen“ Metallen über den Schrott. Bei high tech-Metallen über den Design.



**Design führt zum **Remanufacturing**.**

**Früher galt: Produkte leben länger als ihre Komponenten. Dann heißt es Reparieren und Austauschen.**

**Heute sind die Produkte kurzlebig. Etwa Tablets und Smartphones. Dann heißt es, die *Komponenten* so konstruieren, dass sie verlustfrei ins neue Produkt eingebaut werden können. Denn in den Komponenten sitzen die „kleinen“ wertvollen Metalle!**



Sue Weisler, Rochester Inst. of Tech.

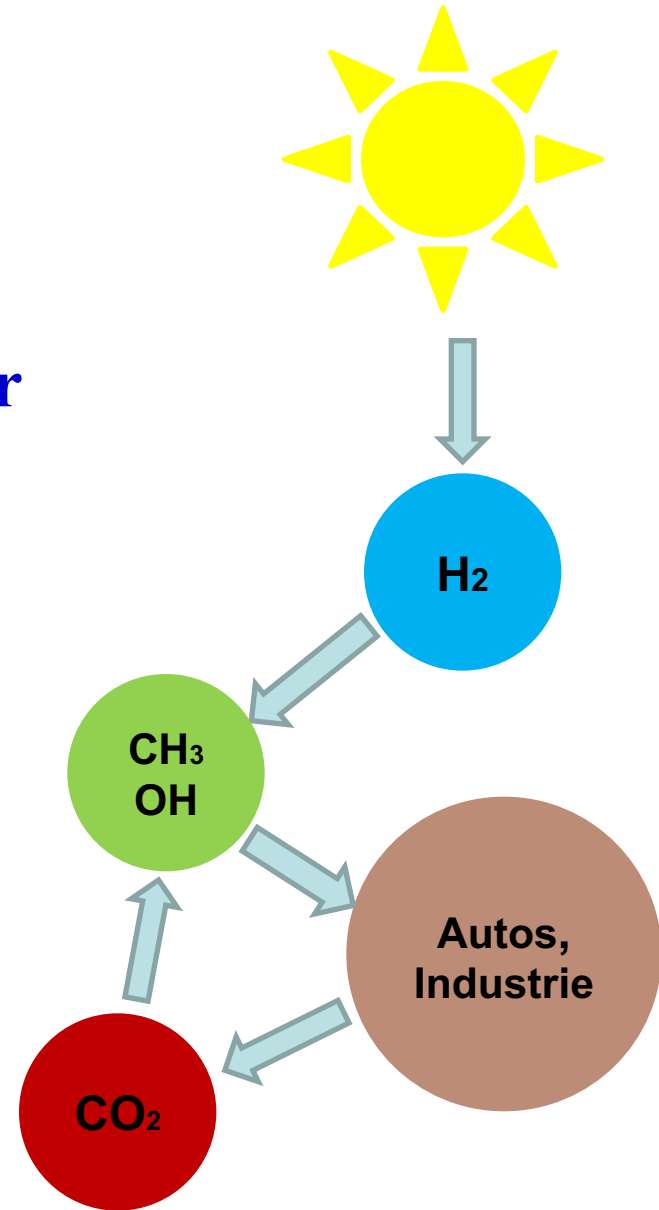
**Im Panel ist Prof. Nabil Nasr der Guru für Remanufacturing.**



# Klimaneutrale Verbrennungsmotoren ? Ja, das geht: Power to gas und CO<sub>2</sub>- Recycling.

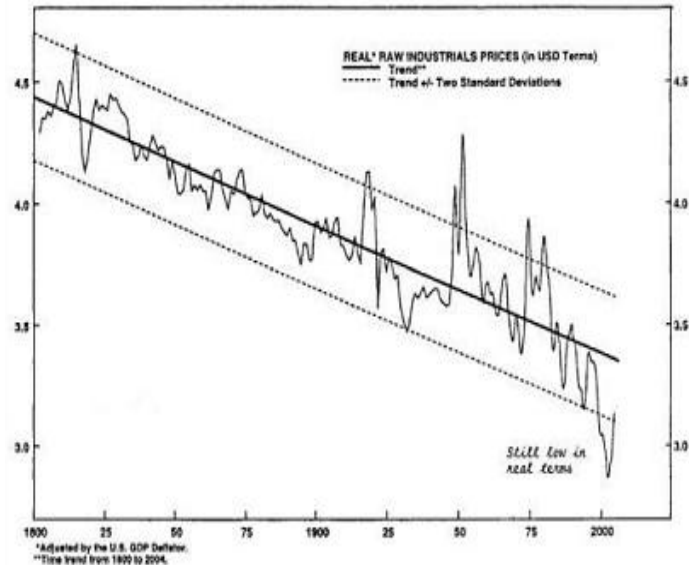
1. Solar- oder Windstrom spaltet Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff (H<sub>2</sub>).
2. H<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> vereinigen sich zu CH<sub>3</sub>OH, genannt Methanol.
3. Methanol wird wie sonst Benzin oder Kohle in den vorhandenen Autos und Industrien verbrannt.

(Methanol ist nicht die einzige Lösung!)



**Für die nachhaltige Wirtschaft muss der Naturverbrauch teurer werden. Die Märkte schaffen das nicht.**

200 Jahre abfallender Ressourcenpreise



Source: The Bank Credit Analyst

**Also müssen wir **politisch** dafür sorgen, dass die Preise halbwegs die ökologische Wahrheit sagen!**



**Einen sehr zahmen Vorschlag für Europa  
und Asien habe ich in China eingebracht:**

**Energie- und Rohstoffpreise parallel zu  
den Effizienzgewinnen anheben.**

**(Dann bleiben die monatlichen Kosten für Energie,  
Rohstoffe usw. im Durchschnitt konstant. )**

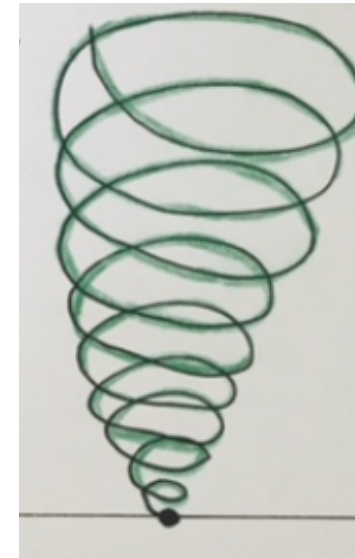
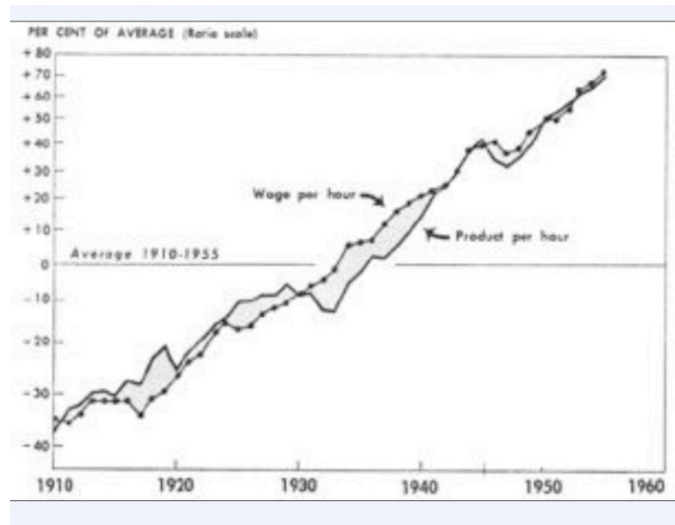


Bild von Bianca Rammer

**Das ist eine Art  
Pingpong, oder  
eine  
Aufwärtsspirale,  
der Dynamik der  
Industriellen  
Revolution  
abgeschaut!**



## Die Arbeitsproduktivität stieg mit den Bruttolöhnen. Und hat sich in 150 Jahren verzwanzigfacht!



Bruttolohnkosten und Arbeitsproduktivität  
in den USA von 1910 bis 1960

## **Zwei Abwärts-Korrekturen:**

- 1. Sozialtarif fürs Lebensnotwendige oder „Ökobonus“ wie CO<sub>2</sub>-Steuer in der Schweiz;**
- 2. Aufkommensneutralität für Industrie oder für Branchen. (Modell: die schwedische NO<sub>x</sub>-Steuer von 1992.)**

## **Kurz zusammengefasst:**

**Die Energieeffizienz ist technologisch eher spannender als die erneuerbaren Energien.**

**Die Totalelektrifizierung der Wirtschaft ist überhaupt nicht notwendig.**

**Naturverbrauch muss teurer werden.**

**Danke!**