

# Ist die 2000-Watt-Gesellschaft nachhaltig?

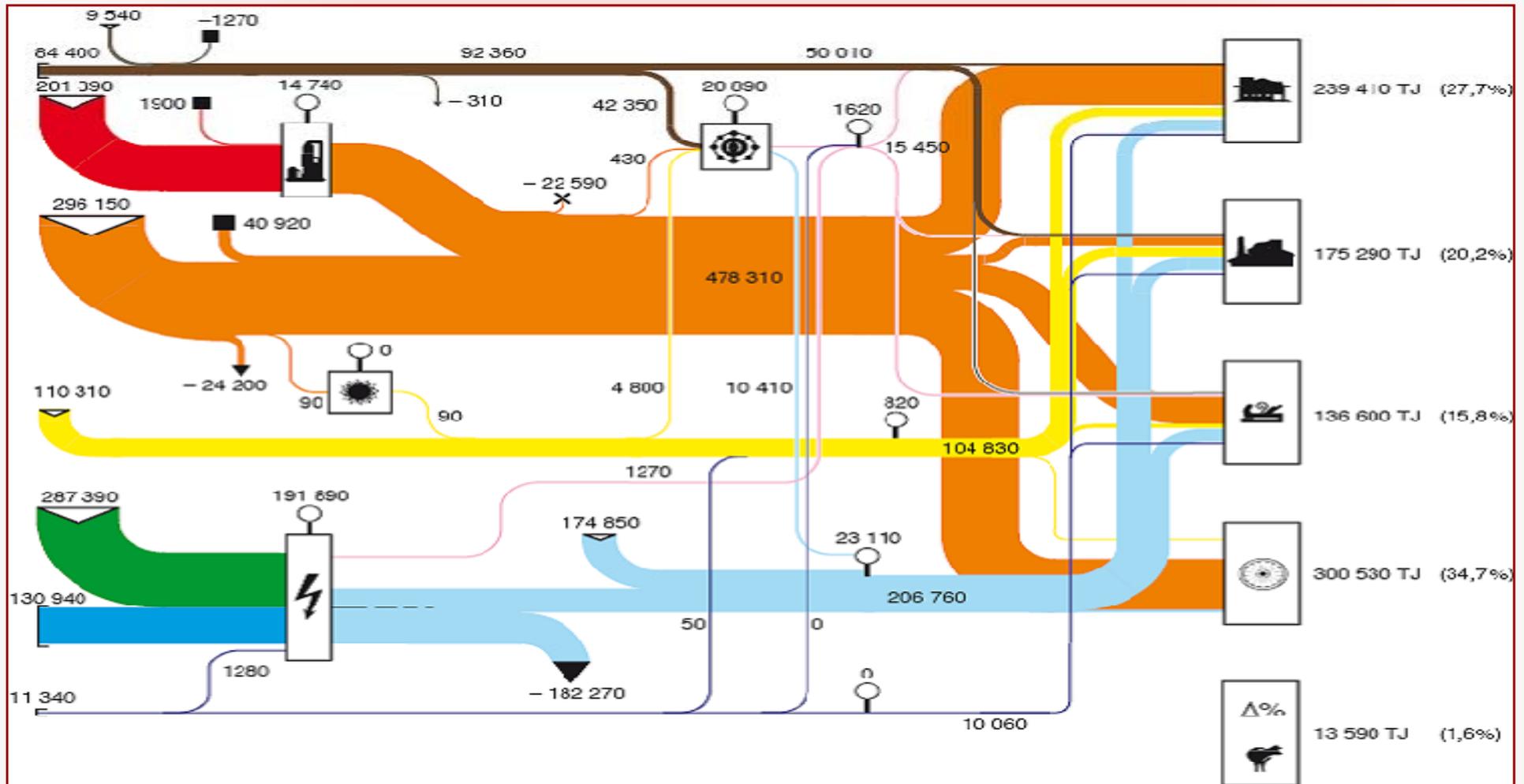
François E. Cellier  
Computer Science Departement  
ETH Zürich  
Schweiz

# Einige wichtige Fragen

- Ist die 2000-Watt-Gesellschaft ein wünschenswertes Ziel?
- Warum sollen wir nicht mehr Energie verbrauchen?
- Ist es nicht wichtiger, den Ausstoss von Treibhausgasen zu begrenzen als den Energieverbrauch?
- Was braucht es, um die verfügbare Energie nach dem Ende der scheinbar unbegrenzten und billigen fossilen Brennstoffe auf einem akzeptablen Niveau zu halten?
- Wie wirkt sich das Ende der fossilen Brennstoffe auf unsere Gesellschaft aus?
- Können Hungersnöte vermieden werden?
- Wie kann die Schweiz möglichst unbeschadet den Übergang der Wachstumsgesellschaft zur Nachhaltigkeitsgesellschaft überstehen?
- Wie viel Zeit haben wir noch?



# „Sankey“ Diagramm für die Schweiz



# Energie Produktion für die Schweiz

Primärenergie	TJ	%	Herkunft
Holz	84400	7.52	lokal
Rohöl	201390	17.95	importiert
Raffiniertes Öl	296150	26.4	importiert
Gas	110310	9.83	importiert
Kernkraft	287390	25.62	importiert
Wasserkraft	130940	11.67	lokal
Andre erneuerbare E.	11340	1.01	lokal
<b>Total:</b>	<b>1121920</b>	<b>100</b>	
	lokal:	20.2	
	importiert:	79.8	

$$1'121'920 \text{ TJ/Jahr} : 365 : 24 : 60 : 60 = 35.576 \text{ GW}$$

$$\Rightarrow 35.576 \text{ GW} : 7'851'520 = \underline{4.5311 \text{ kW/Kopf}}$$



# Energie Produktion für die Schweiz (2)

Primärenergie	TJ	%	Herkunft
Holz	84400	6.1	lokal
Rohöl	201390	14.55	importiert
Raffiniertes Öl	296150	21.4	importiert
Gas	110310	7.97	importiert
Kernkraft	287390	20.77	importiert
<b>Wasserkraft (x3)</b>	<b>392820</b>	28.39	lokal
Andre erneuerbare E.	11340	0.82	lokal
<b>Total:</b>	<b>1383800</b>	<b>100</b>	
	lokal:	35.31	
	importiert:	64.69	

$1'383'800 \text{ TJ/Jahr} : 365 : 24 : 60 : 60 = 43.88 \text{ GW}$

$\Rightarrow 43.88 \text{ GW} : 7'851'520 = \underline{5.5887 \text{ kW/Kopf}}$

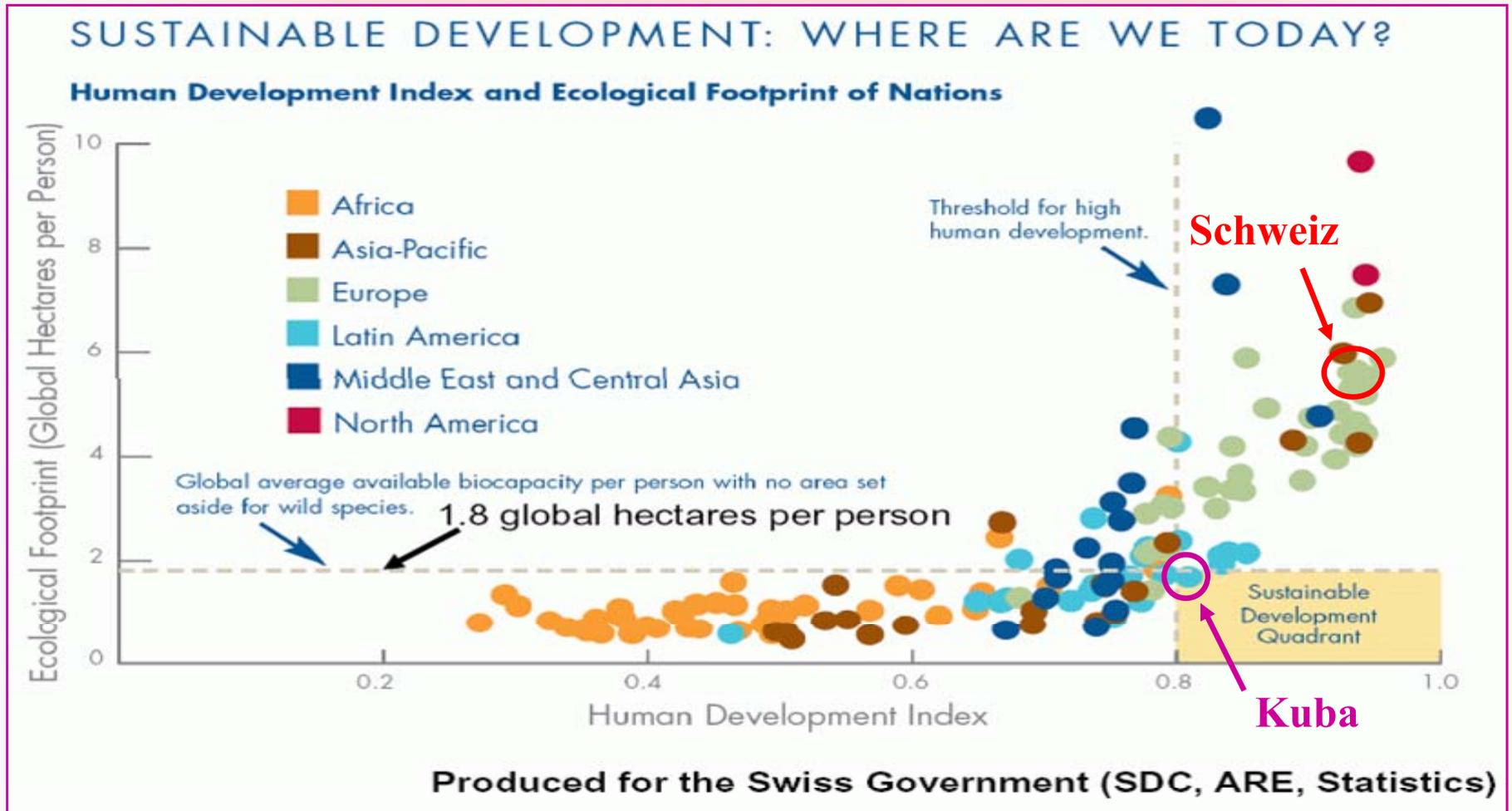


# „Graue“ Energie

- Wenn ich ein Auto kaufe, das in Japan gebaut wurde, verbraucht Japan Energie für die Herstellung meines Autos. Diese Energie wird indirekt von mir hier in der Schweiz konsumiert, sie ist aber im Sankey Diagramm der Schweiz nicht enthalten.
- Diese zusätzliche Energie nennt man *graue Energie*.
- Obwohl die Schweiz finanziell ein Netto Exportland ist, ist sie energetisch ein Netto Importland. Es wird geschätzt, dass die Schweiz zusätzlich ca. 30% an grauer Energie importiert.
- Darum ist der wahre Energieverbrauch der Schweizer Bevölkerung näher bei 8 kW pro Kopf.



# Berechnung unseres „gerechten Anteils“



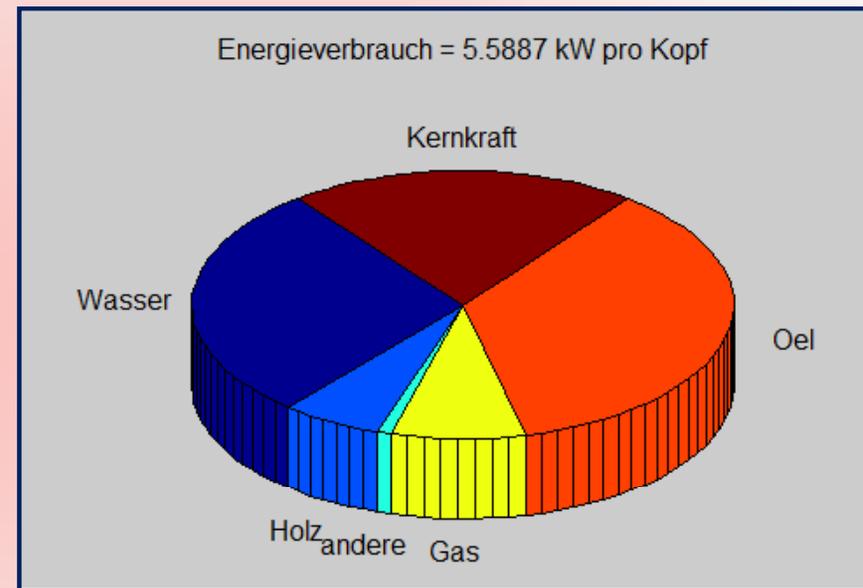
# Die 2000-Watt-Gesellschaft

- Wenn wir die gesamte Leistung, die momentan auf der Erde produziert und konsumiert wird, durch die Weltbevölkerung teilen, erhalten wir ungefähr 2 kW/Kopf.
- Darum beläuft sich unser „gerechter Anteil“ an Leistung auf ca. 2000 W pro Person.
- Die 2 Kilowatt/Kopf Leistung entsprechen dem Wert von 1.8 Hektaren/Kopf an Landfläche, der in der Graphik des ökologischen Fussabdrucks eingezeichnet wurde. Zur „Bewirtschaftung“ einer Hektare Land wird ungefähr ein Kilowatt Leistung benötigt.
- Dies ist der Ursprung des Konzepts der *2000-Watt-Gesellschaft*.

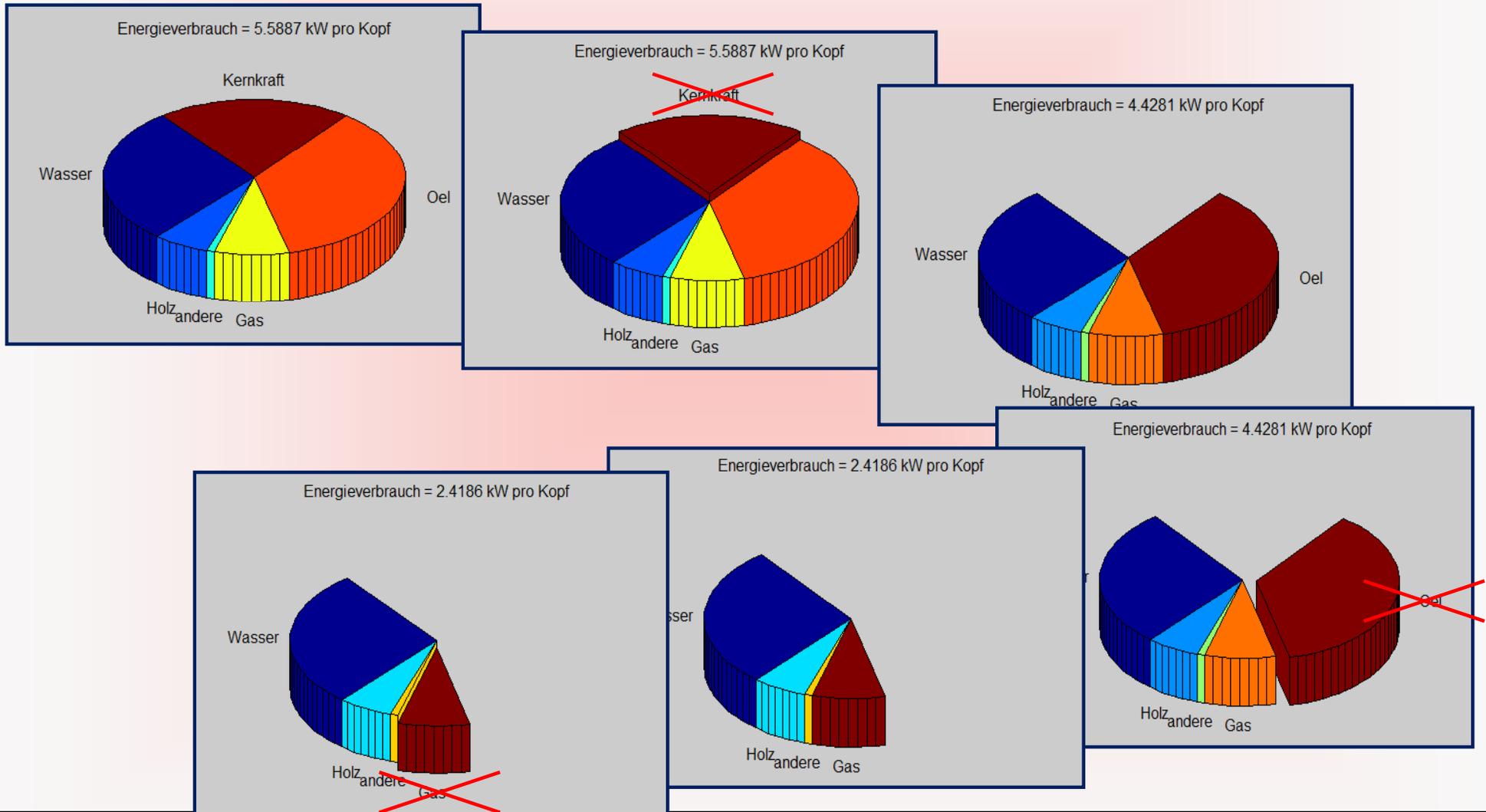


# Der nachhaltige Energieverbrauch

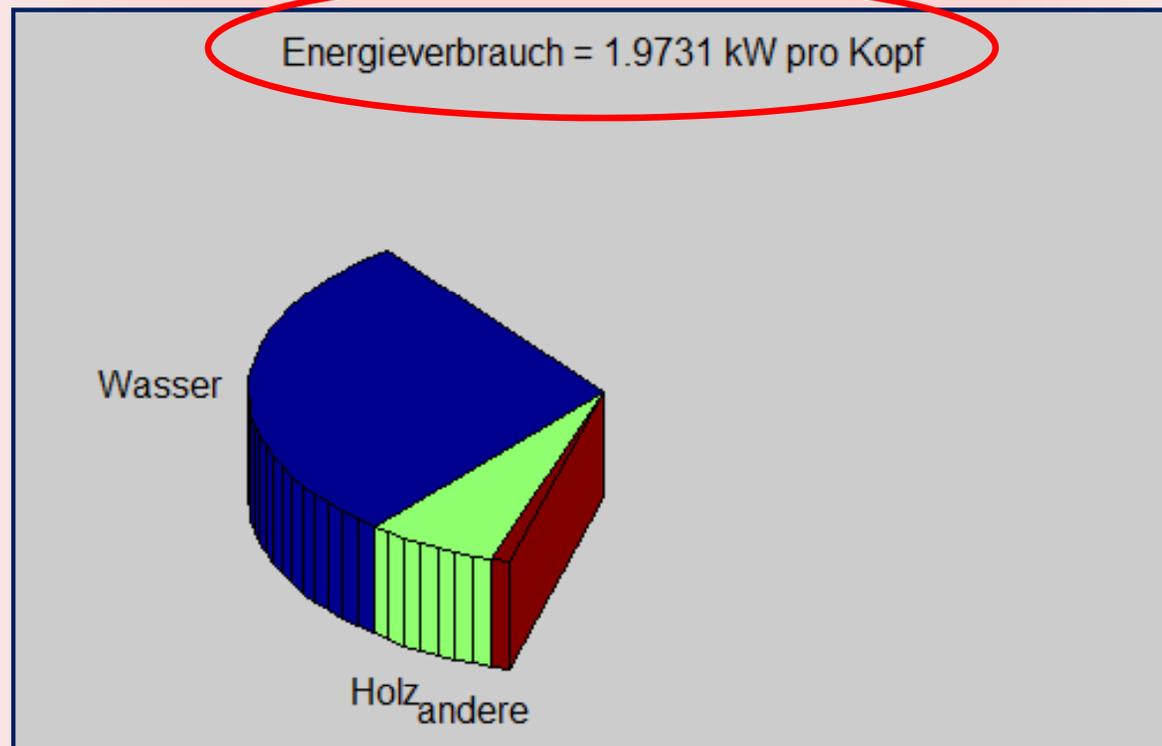
Primärenergie	TJ	%	Herkunft
Holz	84400	6.1	lokal
Rohöl	201390	14.55	importiert
Raffiniertes Öl	296150	21.4	importiert
Gas	110310	7.97	importiert
Kernkraft	287390	20.77	importiert
<b>Wasserkraft (x3)</b>	<b>392820</b>	28.39	lokal
Andre erneuerbare E.	11340	0.82	lokal
<b>Total:</b>	<b>1383800</b>	<b>100</b>	
	lokal:	35.31	
	importiert:	64.69	



# Der nachhaltige Energieverbrauch (2)



# Der nachhaltige Energieverbrauch (3)

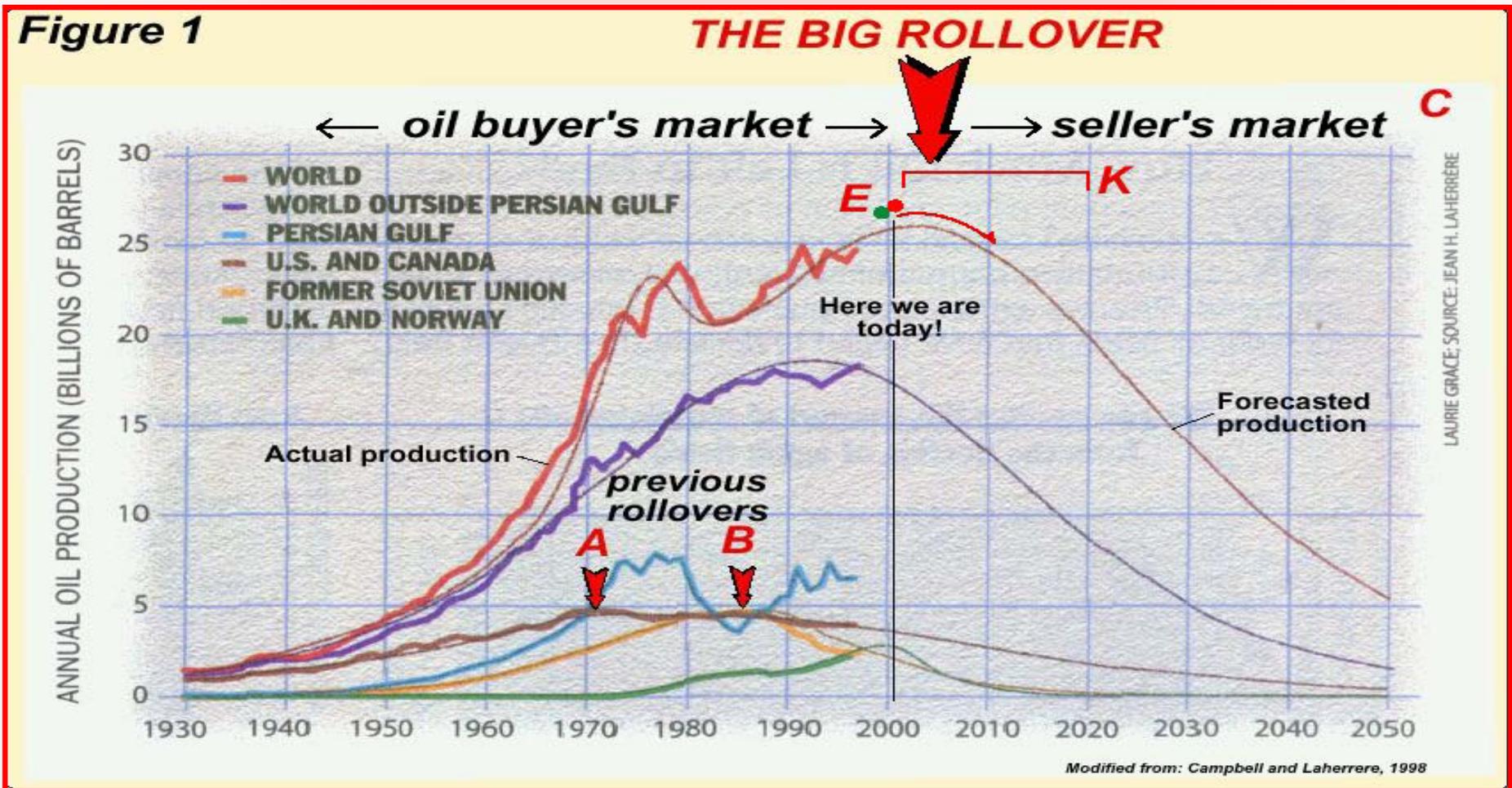


# Das Leben in einer energiearmen Welt

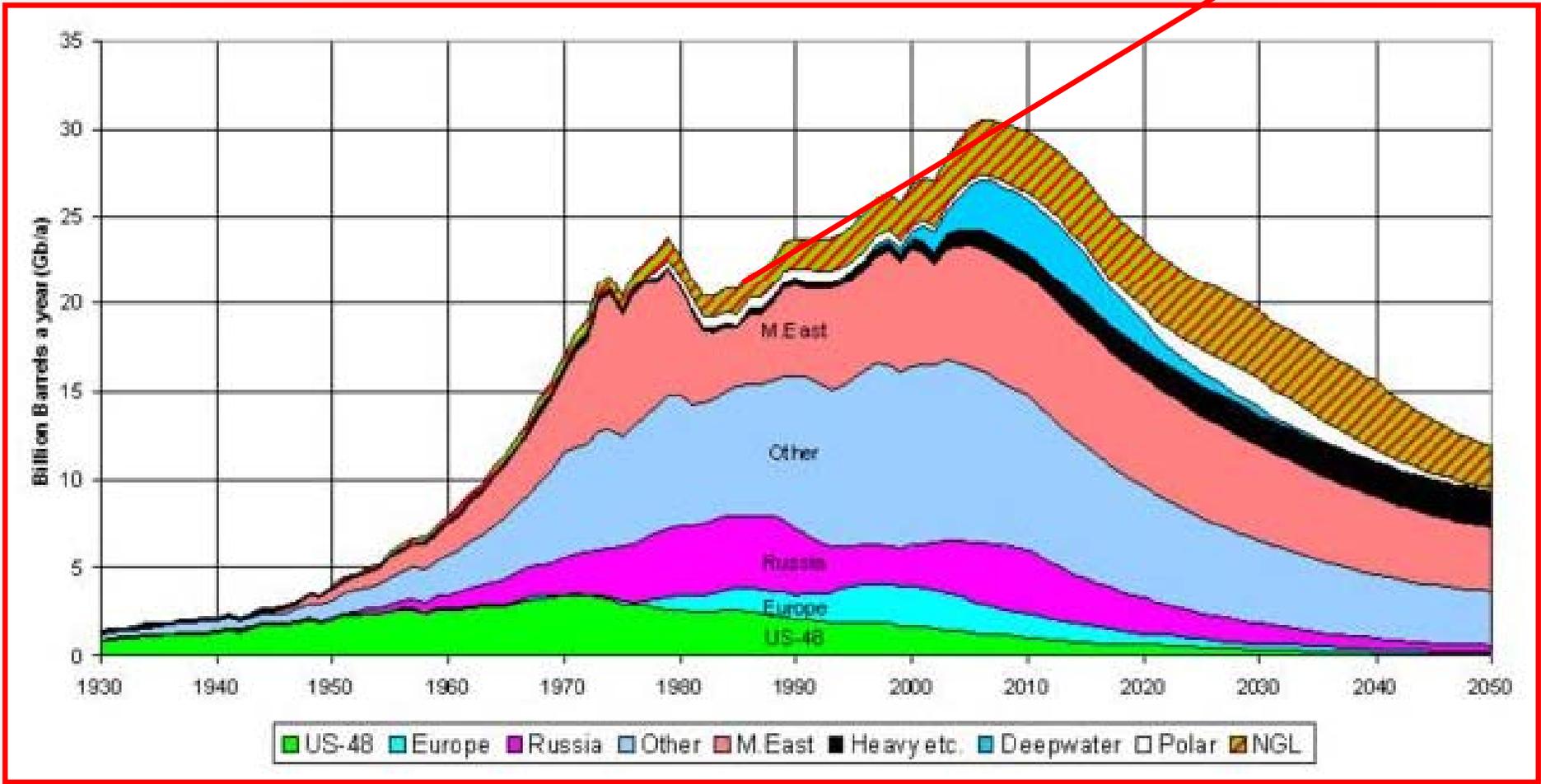
- Nach dem Ende der fossilen Brennstoffe und ohne Kernkraft werden wir in einer energiearmen Welt leben.
- Unter der Annahme einer stagnierenden Bevölkerung werden wir knapp in der Lage sein, die 2000-Watt-Gesellschaft aufrecht zu erhalten.
- Somit ist die 2000-Watt-Gesellschaft nicht ein Ziel, welches wir anstreben, um unseren Energieverbrauch auf unser gerechtes Anteil zu reduzieren. Es handelt sich im Gegenteil um eine optimistische Vorhersage der verfügbaren Energieresourcen.
- Wann wird dies geschehen, und was für Folgen hat dies?



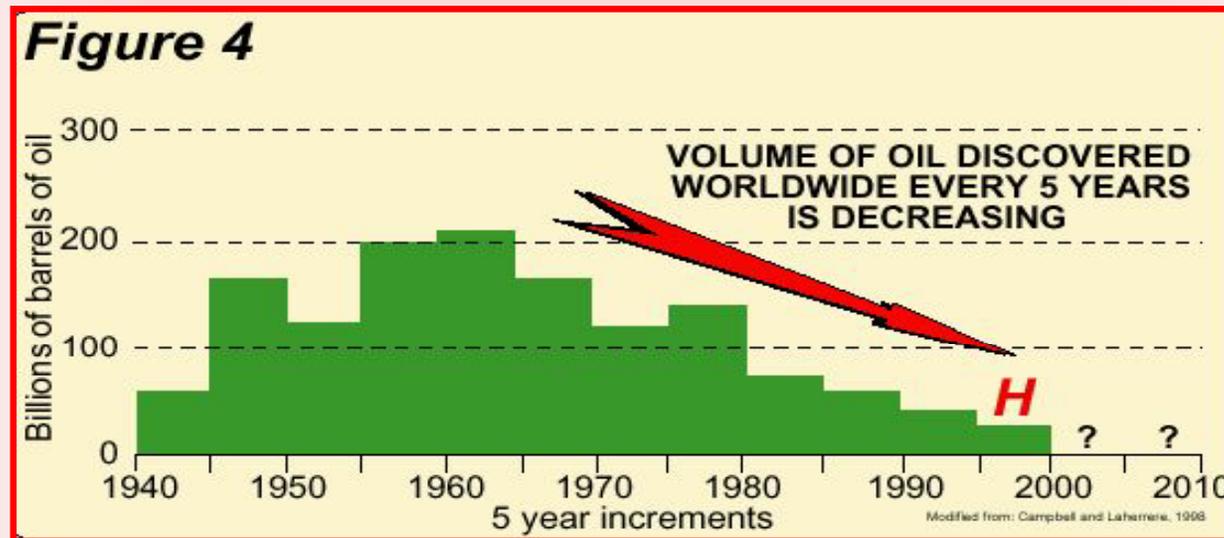
# Peak Oil [USGS]



# Peak Oil [ASPO]



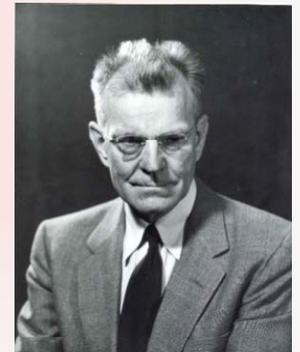
# Entdeckung neuer Ölvorkommen [USGS]



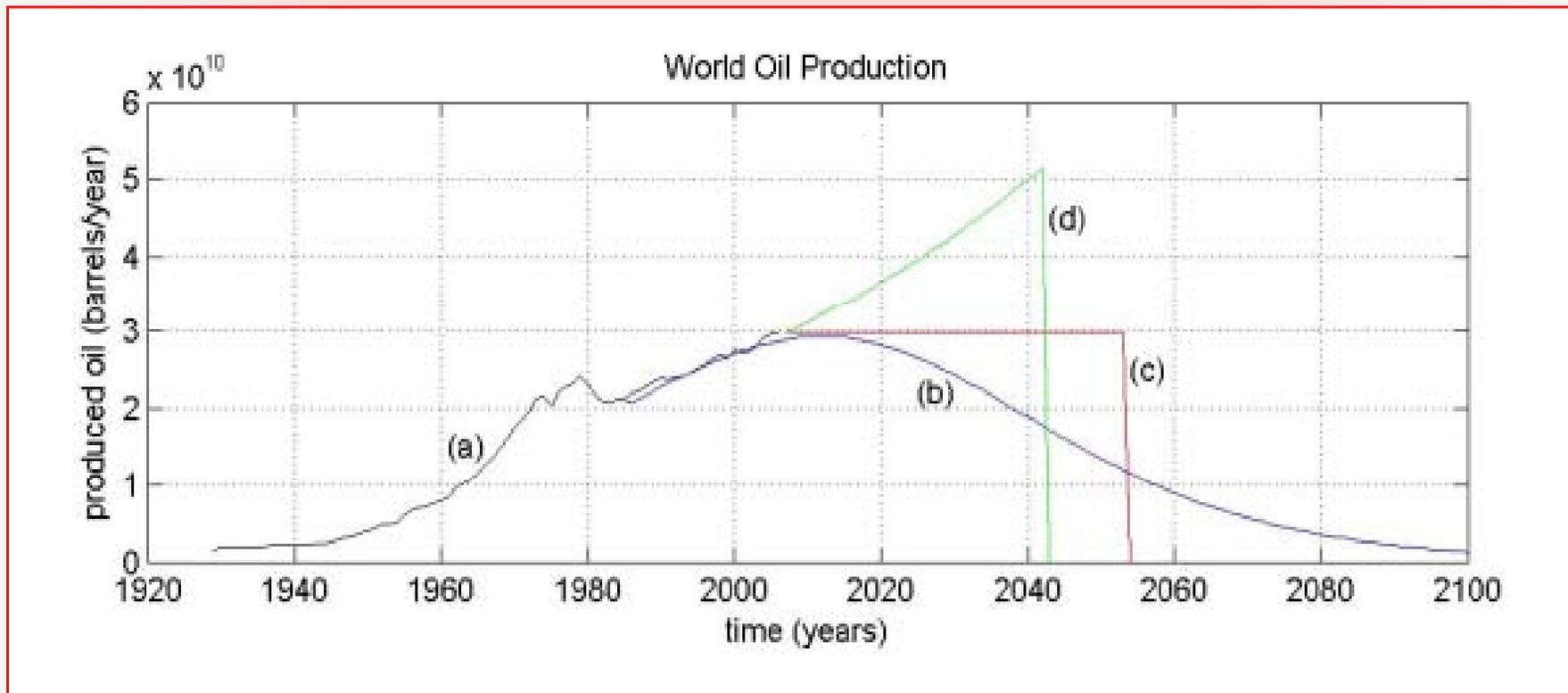
- Die Entdeckung neuer Ölvorkommen kann relativ gut vorhergesagt werden. Sie folgen einer abklingenden Exponentialfunktion.
- Die Fläche unter dieser Kurve bestimmt die totale Menge des produzierbaren Erdöls.

# Hubbert's Glockenkurve

- Verschiedene Ölfelder werden zu unterschiedlichen Zeiten produziert.
- Jedes Ölfeld liefert zunächst eine zunehmende Menge von Öl. Die pro Zeiteinheit produzierte Menge flacht sich aber bald ab und nimmt dann wieder ab.
- Unabhängig vom genauen Verlauf der einzelnen Produktionskurven nähert sich die Summe aller solcher Kurven unweigerlich einer Glockenkurve an.
- M. King Hubbert sagte auf dieser Basis korrekt in den 50-er Jahren den Peak der Ölproduktion der Vereinigten Staaten für 1971 voraus. Er sagte ausserdem voraus, dass die Welt den Peak ihrer Ölproduktion um die Jahrtausendwende herum erreichen werde.



# Verschiedene Vorhersagen



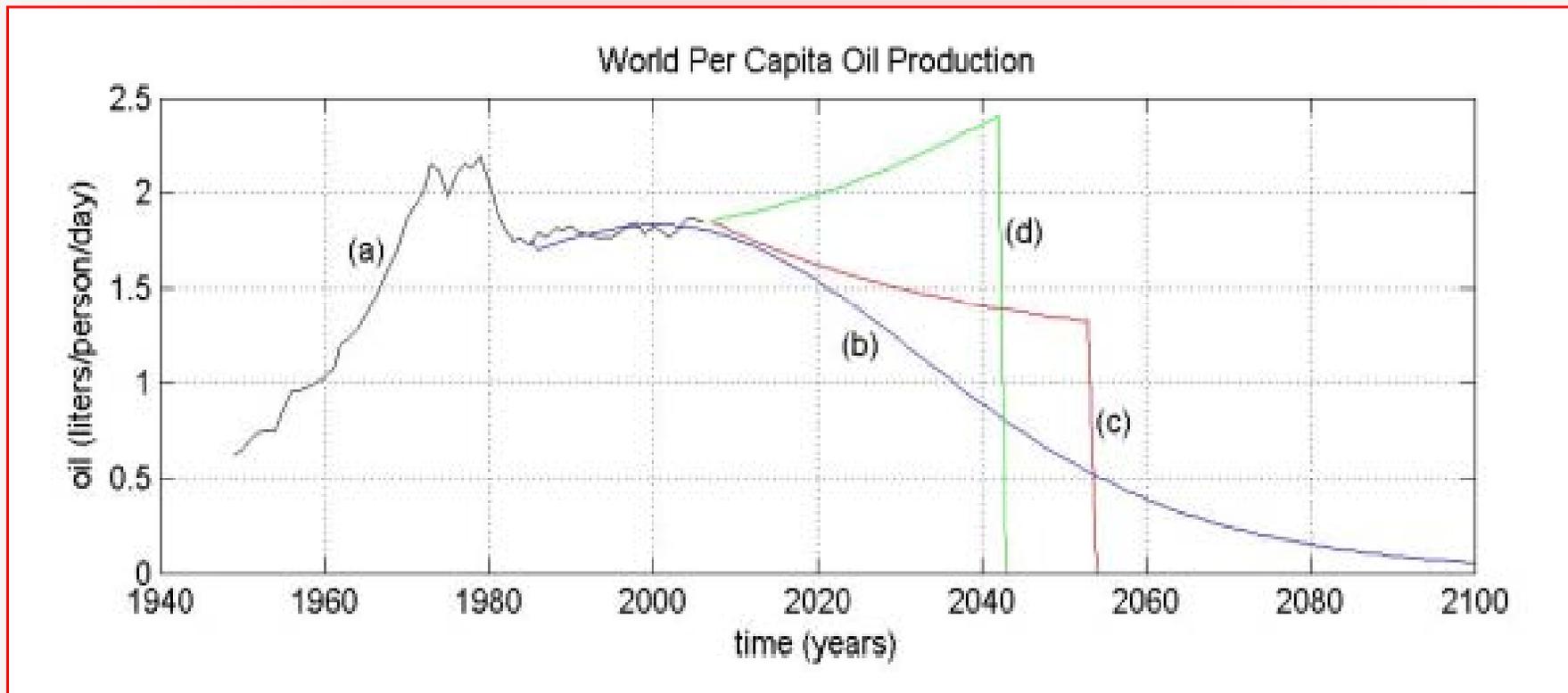
(a) Historische Daten

(b) Hubbert Extrapolation

(c) Konstante Extrapolation

(d) Exponentielles Wachstum

# Verschiedene Pro-Kopf Vorhersagen



(a) Historische Daten

(b) Hubbert Extrapolation

(c) Konstante Extrapolation

(d) Exponentielles Wachstum

# Der Ölpreis

- Vor dem Öl Peak standen die Ölproduzenten in einem Wettbewerb um Kunden. Nur diejenigen Verkäufer, welche die Ware zum niedrigsten Preis anboten, konnten ihre Produkte verkaufen. Darum war das Öl billig.
- Nach dem Öl Peak werden die Käufer in einem Wettbewerb um die begrenzte Menge an verfügbarem Öl stehen. Somit wird der Preis der Ware davon diktiert, wie viel die Kunden bereit sind, für das Öl zu bezahlen. Kunden mit weniger tiefen Taschen gehen leer aus.
- Somit wird das Öl bald sehr viel teurer.



## Der Ölpreis (2)

- Da wir mehr Geld für Energie ausgeben werden, bleibt uns weniger Geld für andere Dinge.
- Somit stagniert die Wirtschaft. Es gibt mehr Arbeitslosigkeit, aber wegen der höheren Energiepreise gleichzeitig auch Inflation.
- Diese Voraussichten bereiten unseren Politikern, oder zumindest denen unter ihnen, die energiebewusst sind, Alpträume.
- Je schneller und früher wir uns auf diese düstere Zukunft vorbereiten, desto besser werden wir ihr begegnen.

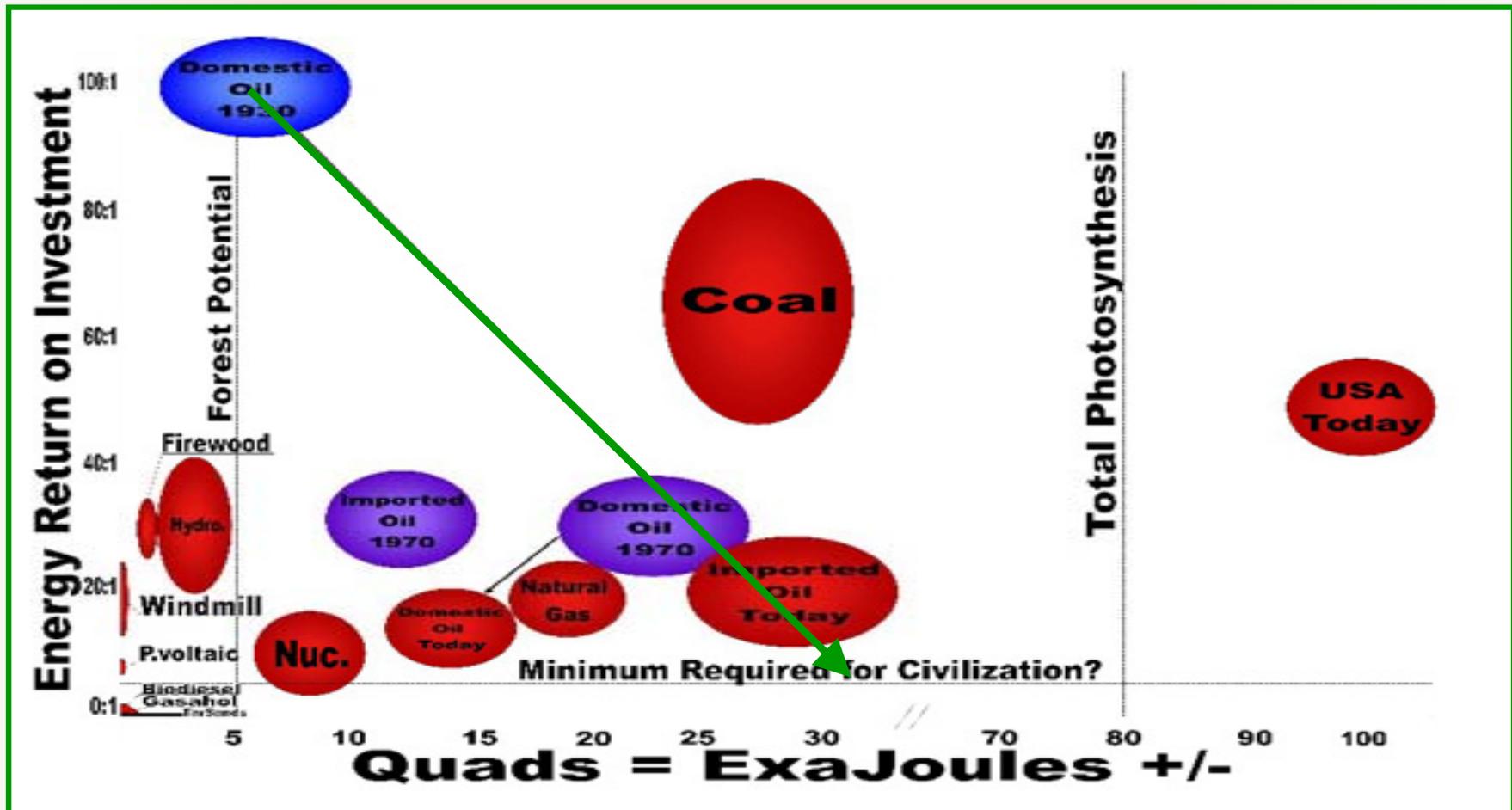


# Der Fluch des sinkenden „EROEI“

- Wenn nicht mehr genügend Öl für alle vorhanden ist, wird der Ölpreis steigen.
- Entsprechend werden Ölvorkommen, die zuvor nicht ökonomisch ausgebeutet werden konnten, wirtschaftlich interessant.
- Löst dies nicht das Öl Peak Problem?
- Leider tut es dies nicht. Die Vorkommen waren bisher nicht ökonomisch abbaubar nicht nur, weil sie teurer in der Produktion waren, sondern auch, weil zu ihrer Förderung mehr Energie benötigt wurde.
- Der „*EROEI*“ (*Energy Returned On Energy Invested*) misst, wie viel Energie pro produzierter Energieeinheit verbraucht wird.
- Leider sinkt der EROEI des Öls schnell.



# Der EROEI des Öls [C. Hall]

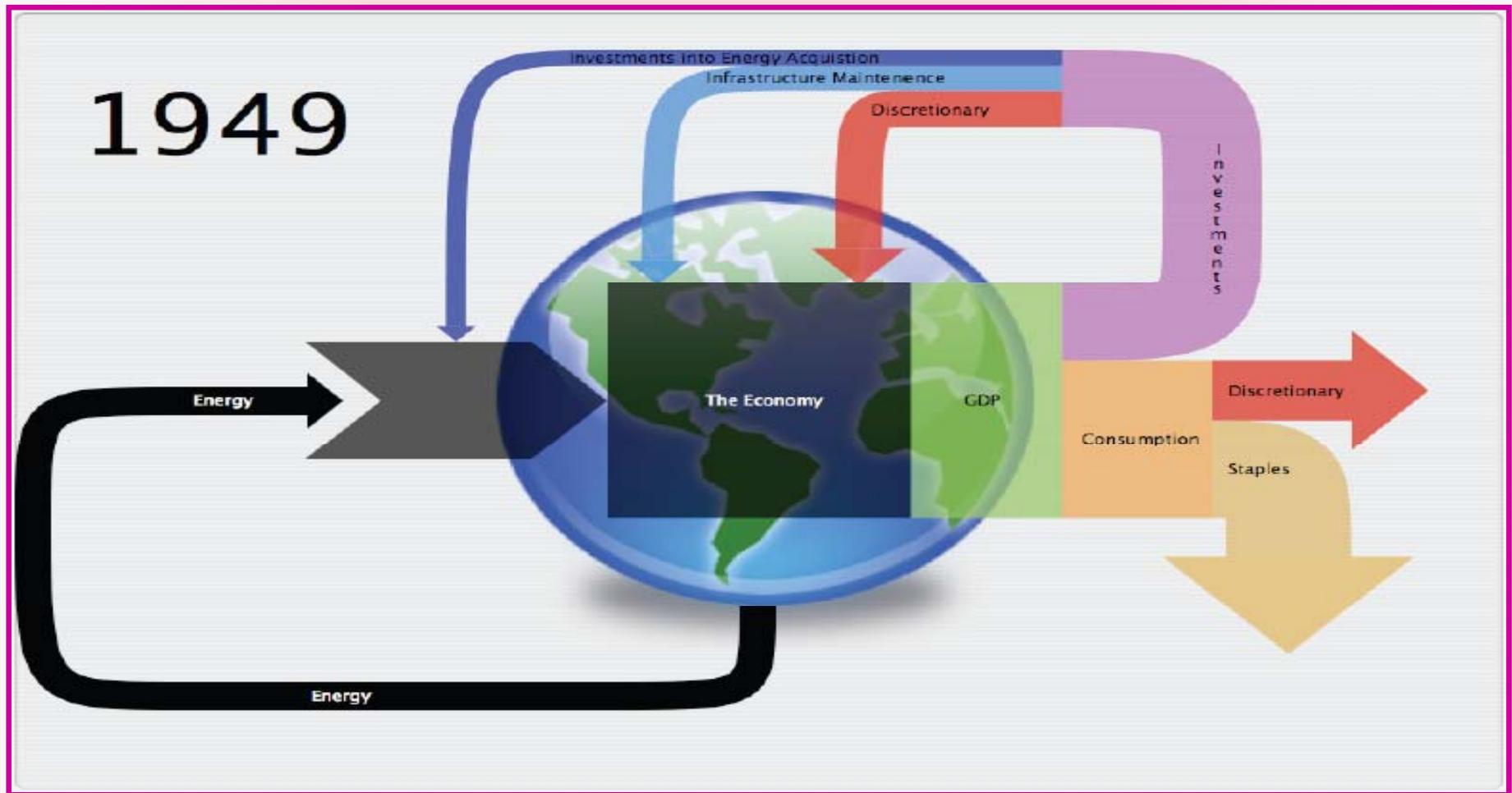


# Der EROEI des Öls sinkt schnell

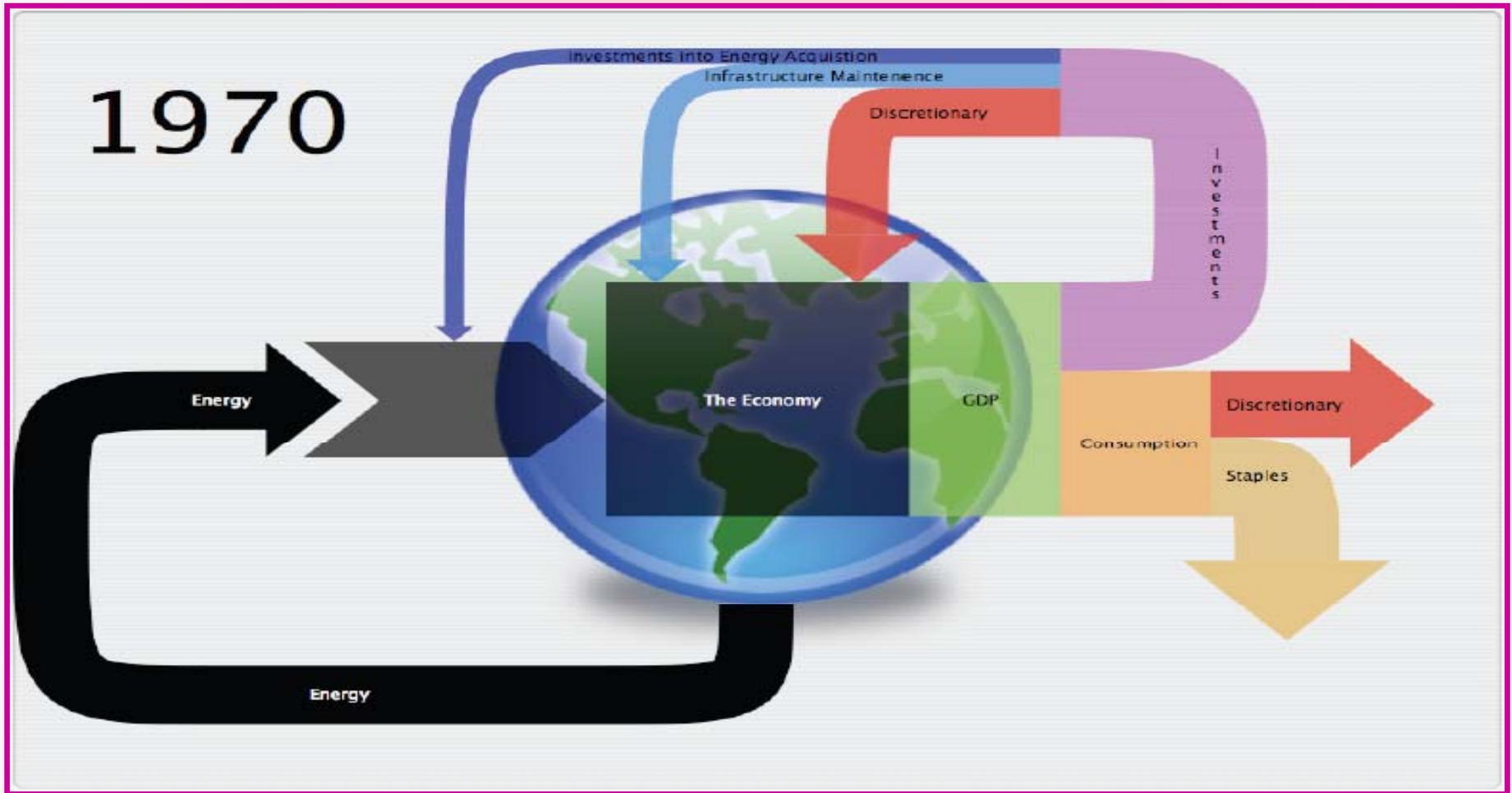
- Wenn der EROEI einer Energieresource unter einen Wert von 1.0 fällt, macht es keinen Sinn mehr, diese Energiequelle auszubeuten.
- Wenn der EROEI aller Energieresourcen unter einen Wert von ca. 5 fällt, ist unsere Industriegesellschaft zum Untergang verurteilt [C. Hall].
- Der EROEI des Öls sinkt schnell. Er ist bereits um einen Faktor zwischen 5 und 10 gesunken. Er befindet sich momentan zwischen 10 und 20. Dies sind Schätzungen, da genaue Zahlen nicht verfügbar sind.



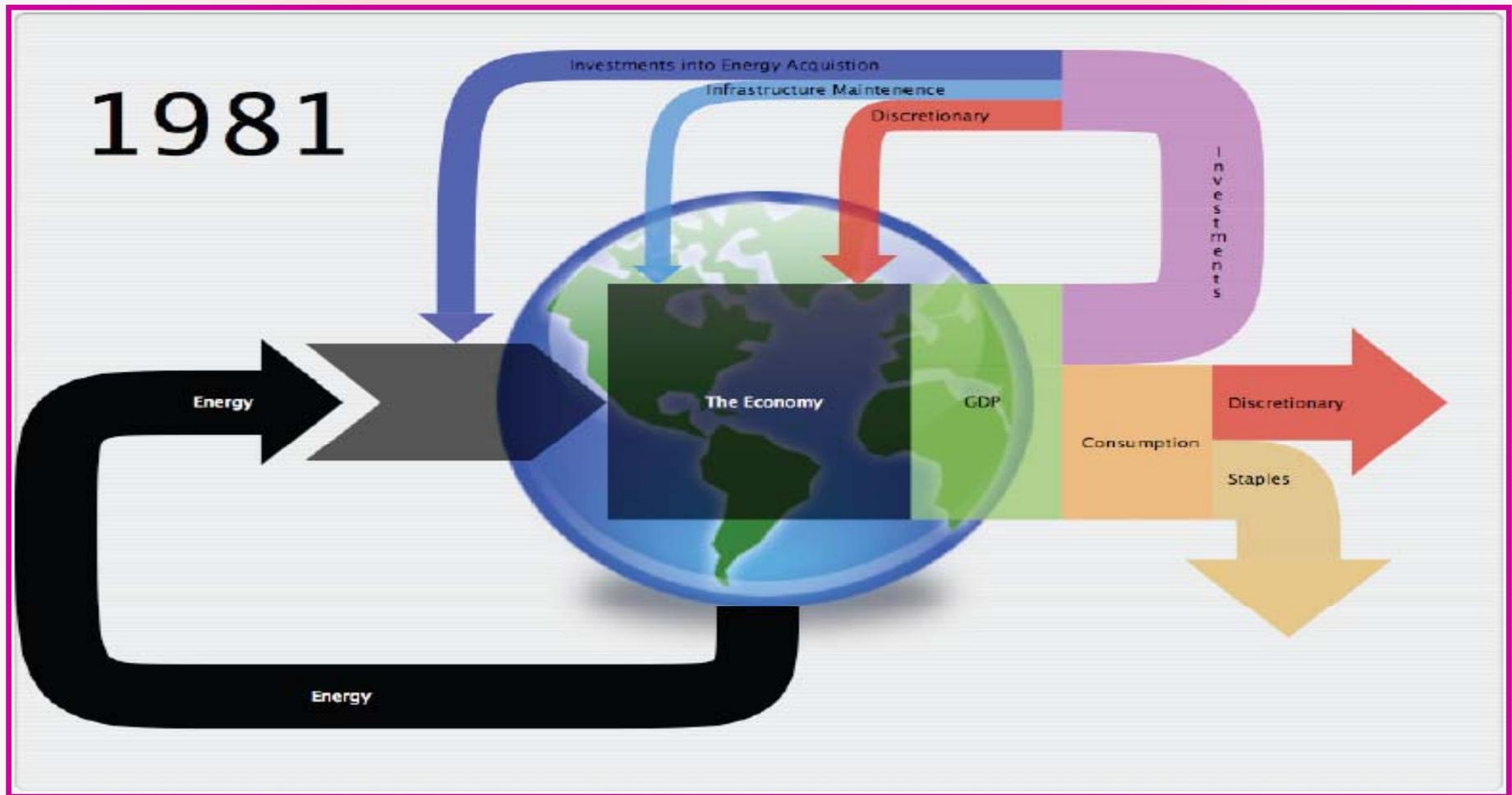
# Diagramm: Energie/Wirtschaft [C. Hall]



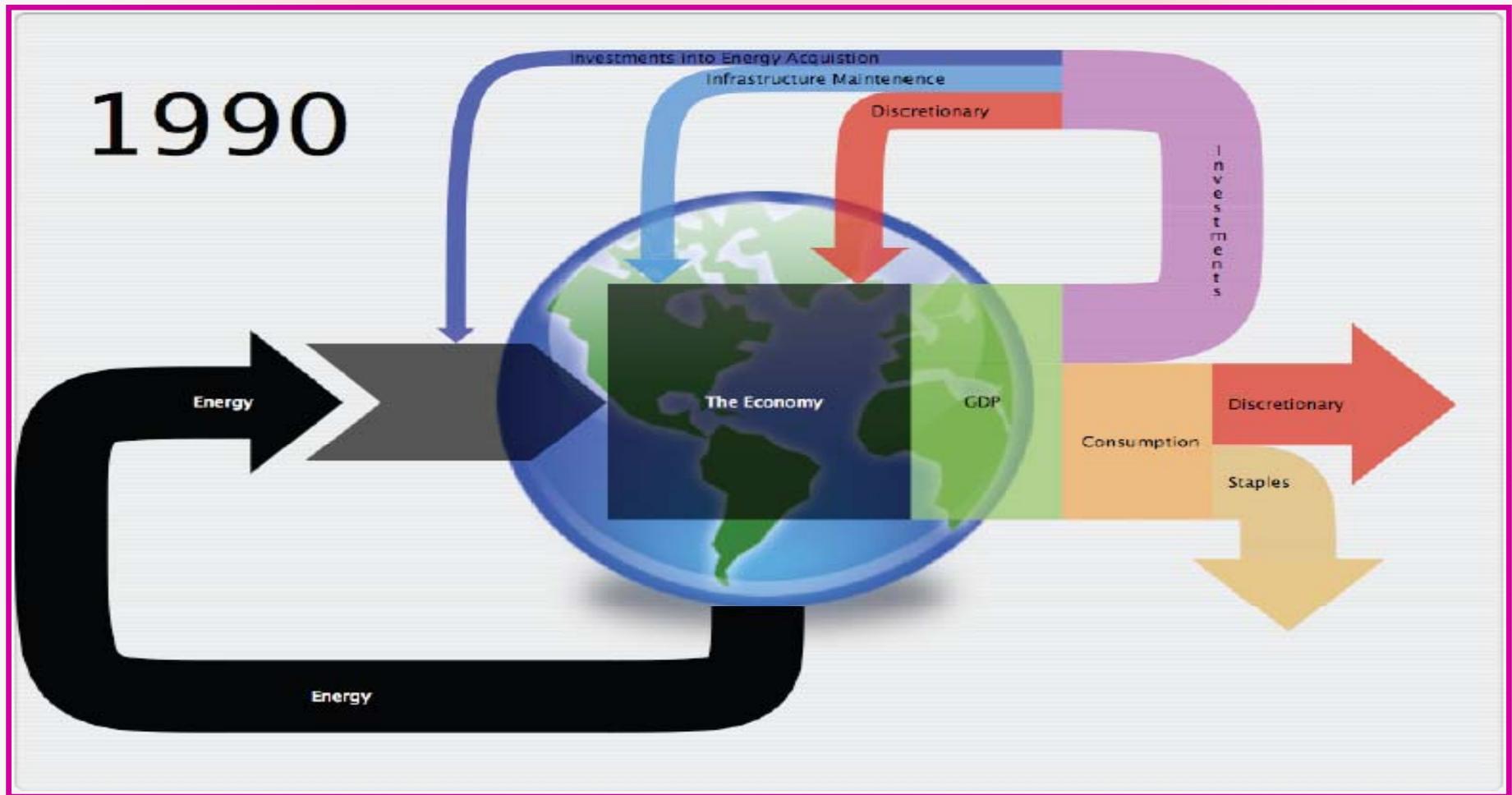
# Diagramm: Energie/Wirtschaft [C. Hall]



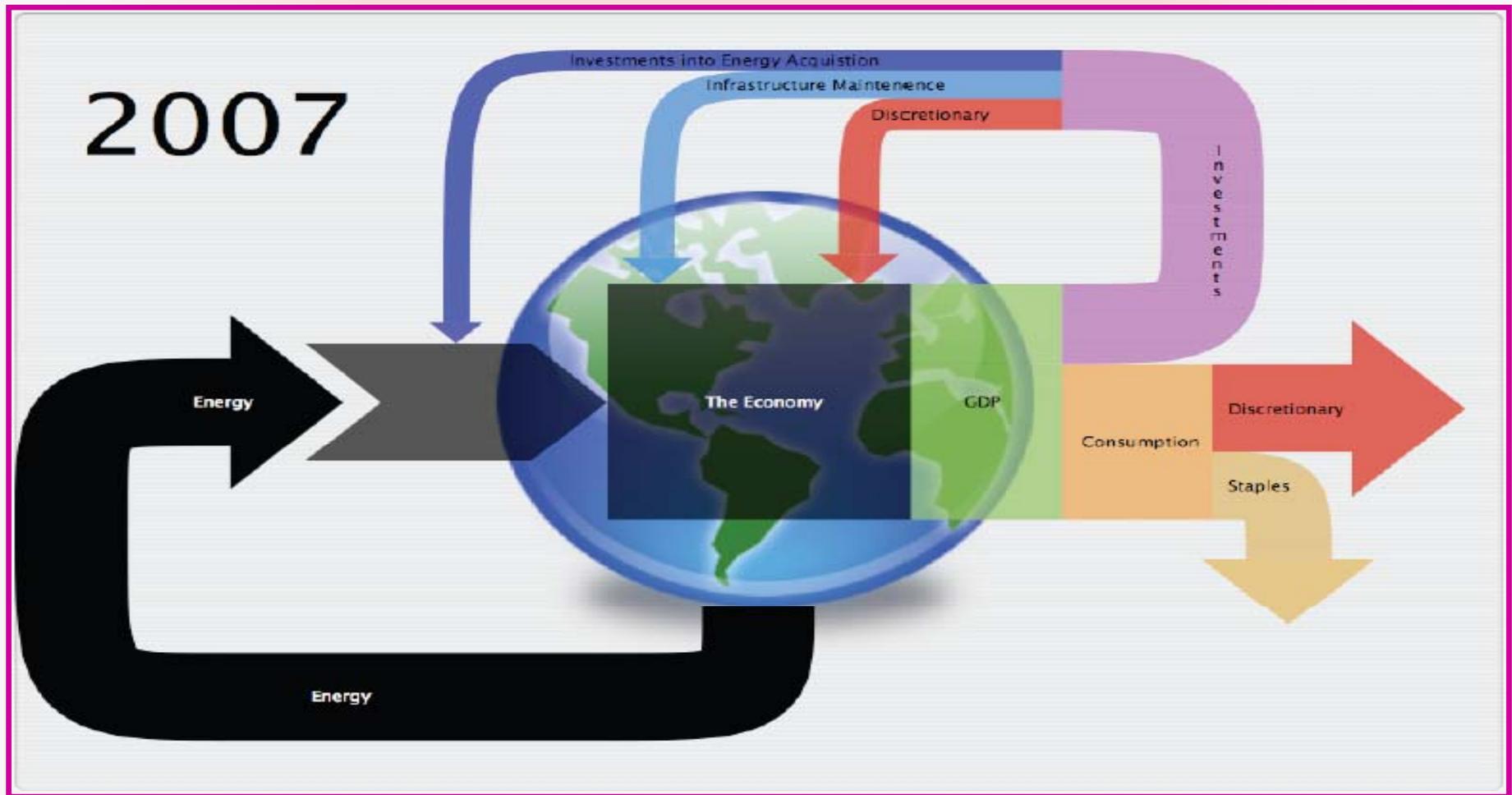
# Diagramm: Energie/Wirtschaft [C. Hall]



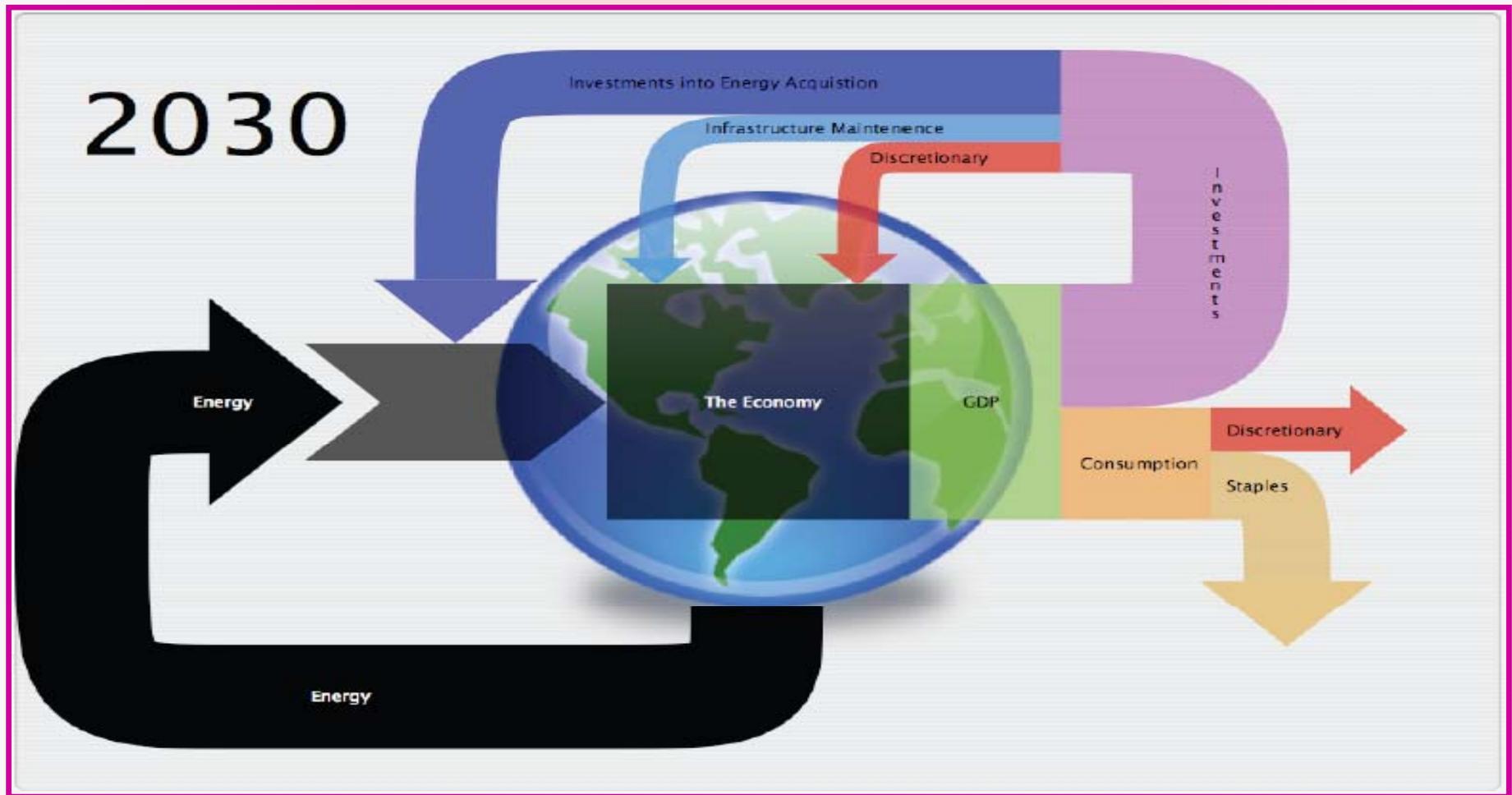
# Diagramm: Energie/Wirtschaft [C. Hall]



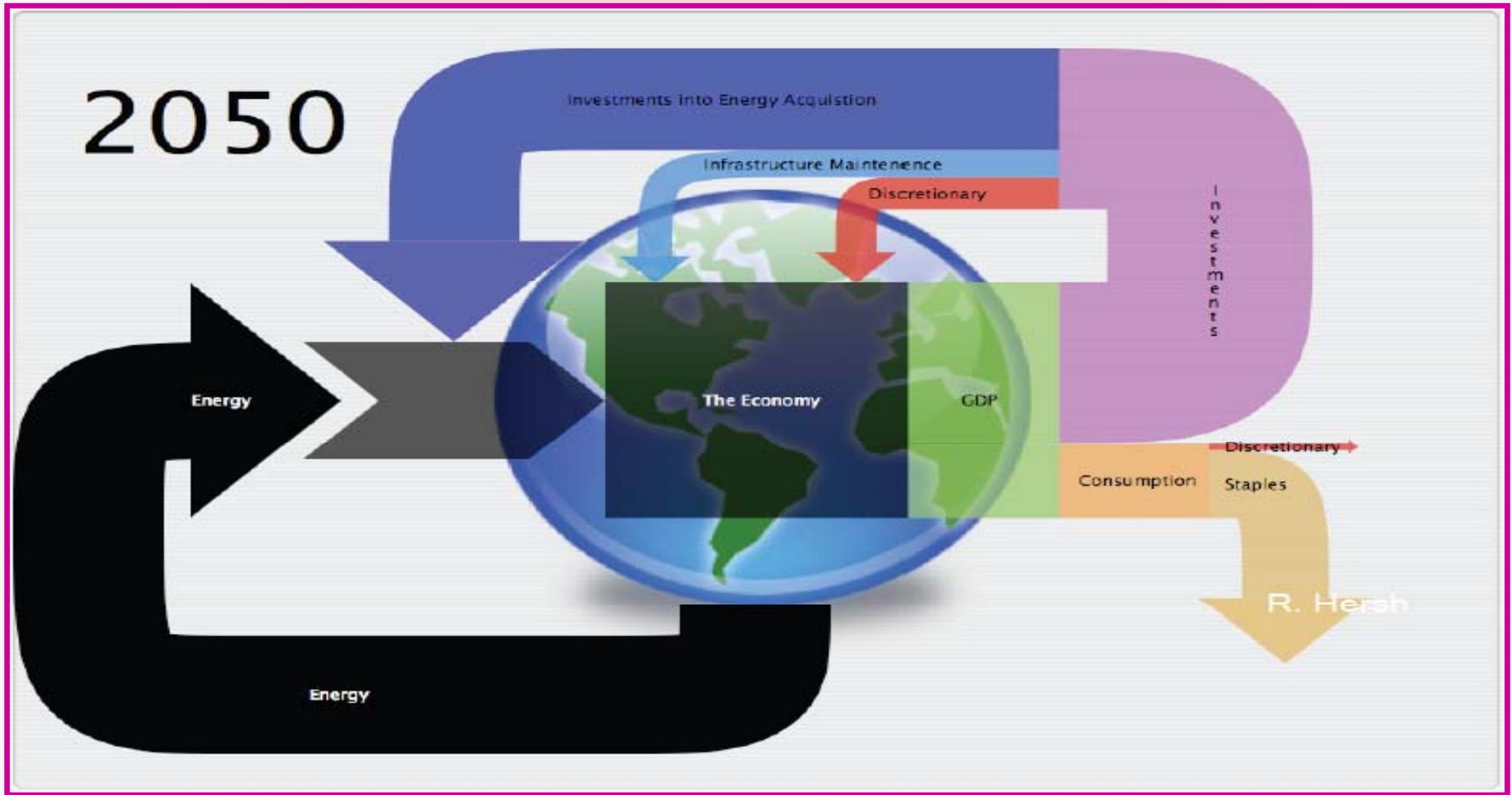
# Diagramm: Energie/Wirtschaft [C. Hall]



# Diagramm: Energie/Wirtschaft [C. Hall]



# Diagramm: Energie/Wirtschaft [C. Hall]



## Was bedeutet das?

- Wegen des sinkenden EROEI benötigen wir zunehmend mehr Energie, um unsere Wirtschaft anzutreiben.
- Weil die Energie teurer wird, müssen wir einen grösseren Prozentsatz unserer Einkünfte für Energie aufwenden.
- Da wir uns auch ernähren müssen, bleibt weniger Geld für andere Dinge übrig.
- Hall's Modell sagt voraus, dass wir im Jahre 2050 kein Geld mehr für irgend etwas anderes als Energie und Nahrungsmittel zur Verfügung haben werden.



## Was bedeutet das (2)?

- Im Jahre 2050 leben wir wieder in einer Subsistenzwirtschaft.
- Die Industriegesellschaft ist vorbei.
- Leider ist die resultierende Gesellschaft sehr ineffizient, da viel zu viele Menschen auf diesem Planet leben.
- Wir benötigen riesige Energiemengen, um alle Menschen ernähren zu können.
- Wenn nicht mehr genügend Geld für Energie und Nahrung zur Verfügung steht, werden Menschen verhungern.



## Was bedeutet das (3)?

- Hall's Modell mag zu optimistisch sein, weil es nicht in Betracht zieht, dass die Ressourcen auf dem Planet unterschiedlich verteilt sind.
- Wenn wir Amerikaner asiatischer Herkunft in Kalifornien mit Amerikanern afrikanischer Herkunft in Mississippi vergleichen, stellen wir einen Unterschied in deren Lebenserwartung von 15 Jahren fest.
- Arme Amerikaner im Südosten sterben aus rein ökonomischen Gründen 15 Jahre früher als reiche Amerikaner im Westen.
- Aus diesem Grund muss befürchtet werden, dass Hungersnöte in gewissen Regionen unseres Planeten viel früher als 2050 einsetzen werden.



# Was bedeutet dies für die Schweiz?

- Die Schweiz steht relativ gut da.
- Wir produzieren beinahe keine Elektrizität aus fossilen Brennstoffen.
- Darum rechne ich nicht damit, dass unser Elektrizitätsnetz permanent zusammenbrechen wird. Es wird aber häufiger Stromunterbrüche geben.
- Dennoch importieren wir 75% unserer Energie.
- Wir werden darum lernen müssen, mit wesentlich weniger Energie auszukommen.



# Was kann die Schweiz tun?

- Der beste und billigste Weg, um Energieengpässen vorzubeugen, ist *Energie zu sparen*.
- Die Schweiz sollte sich aggressiv für Minergiebauten einsetzen. Nachbarregionen, wie z.B. Vorarlberg, haben in den letzten Jahren viel mehr getan, um den Bau von Minergiehäusern zu fördern.
- Die Schweiz sollte sich gezielt für leichtere und sparsamere Fahrzeuge einsetzen. Das Durchschnittsgewicht des Passagierfahrzeugs in der Schweiz ist in den letzten 15 Jahren von 1200 kg auf 1500 kg angewachsen (!!)



## Was kann die Schweiz tun (2)?

- Die Schweiz sollte in ein *robusteres Elektrizitätsnetz* investieren. Dadurch können Stromunterbrüche vermieden werden.
- Die Leute sollten dazu angehalten werden, Energie dann zu verbrauchen, wenn sie im Überfluss vorhanden ist.
- Ein Kühlschrank oder eine Wärmepumpe müssen nicht 24 Stunden pro Tag laufen. Es würde Sinn machen, intelligente Sensoren zwischen solche Geräte und das Netz zu schalten, die feststellen, wenn das Netz dabei ist, instabil zu werden und diese Geräte dann vorübergehend vom Netz nehmen.



## Was kann die Schweiz tun (3)?

- Die Schweiz sollte vermehrt und gezielt in *Solar- und Windkraftwerke* investieren.
- Kunden sollten Steuervergünstigungen angeboten werden, damit sie vermehrt in dezentrale (lokale) Energieerzeugungsanlagen investieren.
- Alternativenergieanlagen werden unsere Energiebedürfnisse auf lange Zeit hinaus nicht völlig abdecken können, aber jedes zusätzliche kW Leistung hilft.
- Wir werden alles brauchen, was wir an Energie erzeugen können.
- Je mehr Energie wir in der Schweiz erzeugen können, desto weniger (teure!) Energie werden wir importieren müssen.



## Was kann die Schweiz tun (4)?

- Die Schweiz benötigt noch *eine Generation von Kernkraftwerken*.
- Die Schweiz sollte bei jeder der bestehenden fünf Kernkraftanlagen ein neues Kernkraftwerk bauen.
- Kernkraft ist nicht nachhaltig. Das Uranium geht uns ebenfalls aus.
- Eine weitere Generation von Kernkraftwerken gibt uns aber mehr Zeit, voll auf Alternativenergie umzustellen.
- Wir benötigen Energie, um Alternativenergieanlagen bauen zu können.



## Was kann die Schweiz tun (5)?

- *Die Schweiz kann die anstehenden Problem nicht im Alleingang bewältigen.*
- Die Schweiz importiert 40% der Nahrungsmittel.
- Die Schweiz kann ihre Bevölkerung von momentan 7.8 Million Menschen nicht aus der eigenen Landwirtschaft ernähren.
- Wir sind auf Nahrungsmittelimporte angewiesen.
- Wenn sich die ökonomische Lage verschlechtert, werden wir weniger Geld für Importe haben.
- Darum sind dauerhafte Abkommen mit dem europäischen Umfeld wichtig.



## Was kann die Schweiz tun (6)?

- Die Schweiz steht gut da bezüglich der *Treibhausgasemissionen*.
- Der Grund dafür ist, dass die Schweiz beinahe keine Kohle verbrennt.
- Unsere CO<sub>2</sub> Emissionen pro kW produzierter (konsumierter) Leistung sind nur ungefähr halb so gross wie in den umliegenden Ländern.
- Dennoch stellen Treibhausgase ein veritables Problem dar, dem sich auch die Schweiz stellen muss. Insbesondere sollten wir den Entwicklungsländern helfen, sauberere Energie zu produzieren.



# Die Grenzen des Wachstums

- Der Übergang von der *Wachstumsgesellschaft* zur *Nachhaltigkeitsgesellschaft* ist die grösste Herausforderung, der sich die Menschheit je stellen musste.
- Wir sind alle gefordert, unser Teil zur Lösung dieses enormen Problems beizutragen.
- Sowohl Energieverknappung wie auch globale Erwärmung sind Symptome eines viel tiefer greifenden Problems.
- Es sind die typischen Symptome einer Spezies, die exponentiell anwächst innerhalb eines Systems begrenzter Ressourcen.
- Dieses Problem hat keine Lösung.

