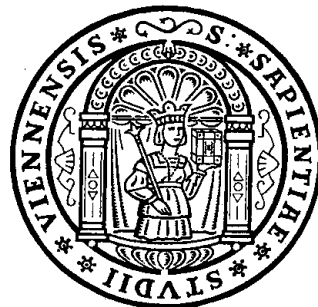


# Atommüll XY ungelöst

## Von der Unbeherrschbarkeit langer Zeiträume

Wolfgang Kromp

Institut für Risikoforschung der Universität Wien



Schweizerische Energie-Stiftung SES  
Zürich, 16.06.2009



Club of Rome 1972

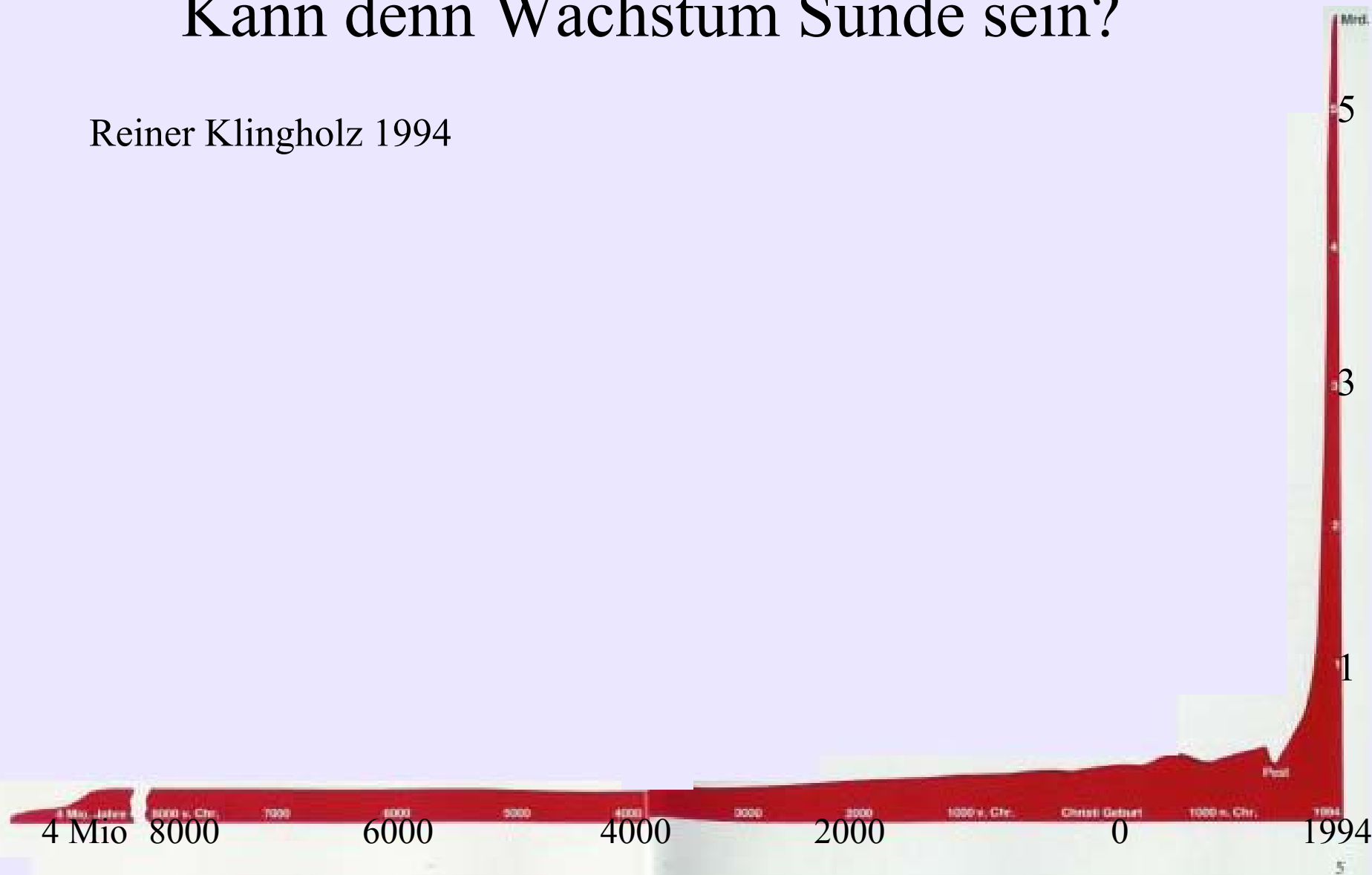
**In einem begrenzten System  
führt exponentielles Wachstum  
zu Überschießen  
und anschließend zum  
Kollaps des Systems.**

Globales  
Ökosystem

Meadows et al. 1972

# Kann denn Wachstum Sünde sein?

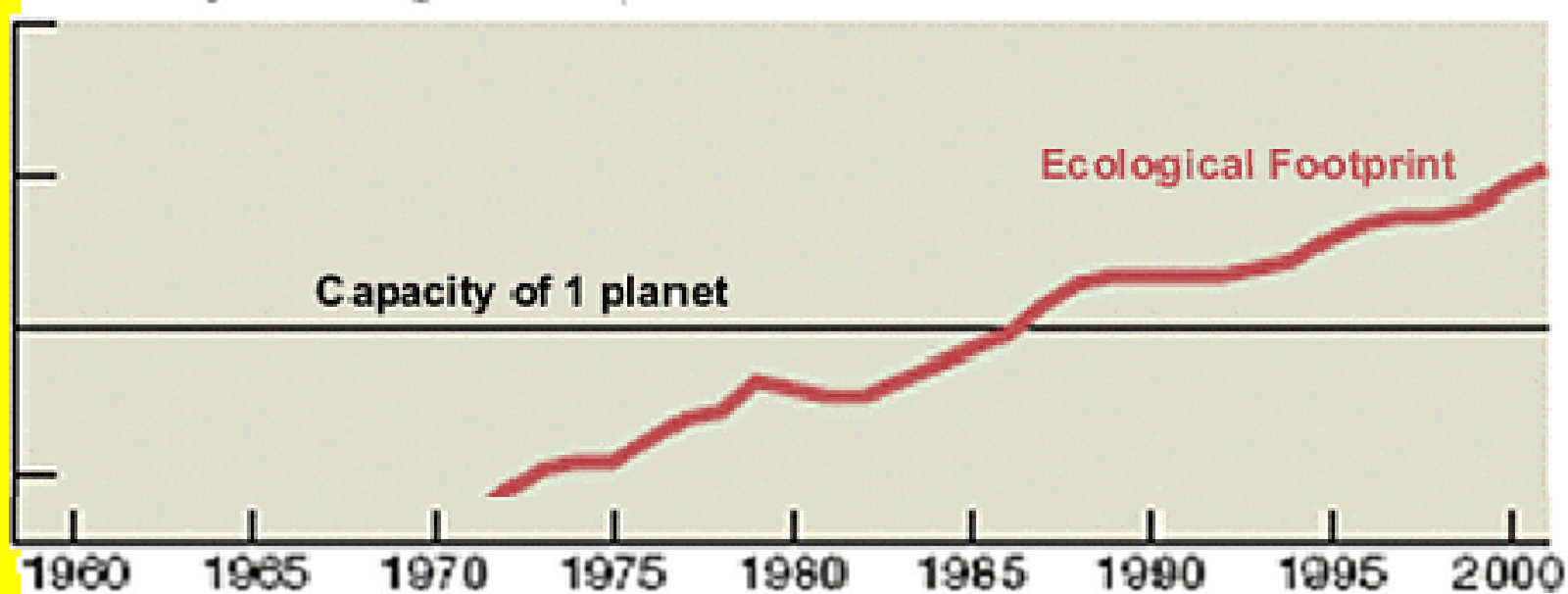
Reiner Klingholz 1994

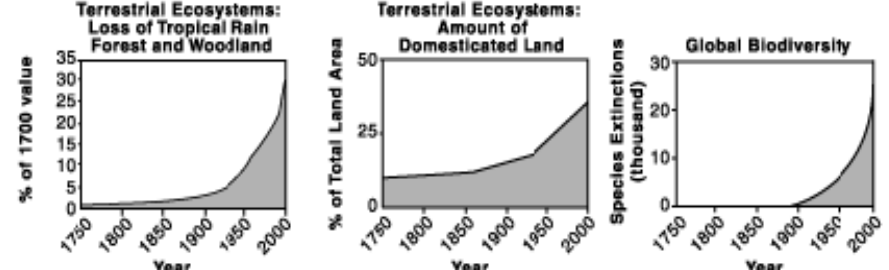
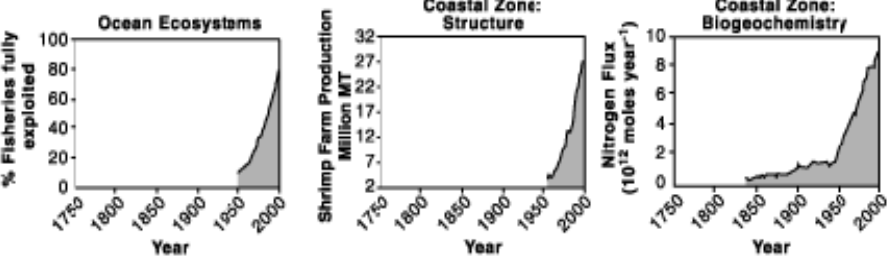
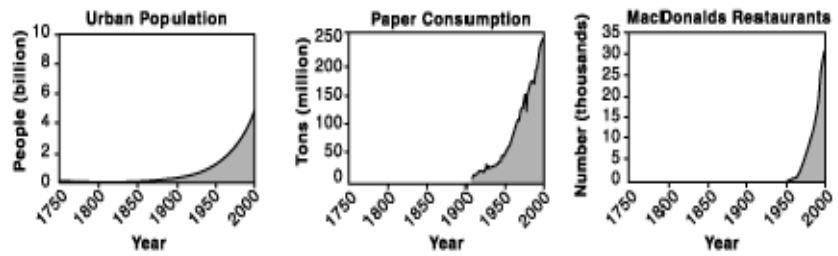
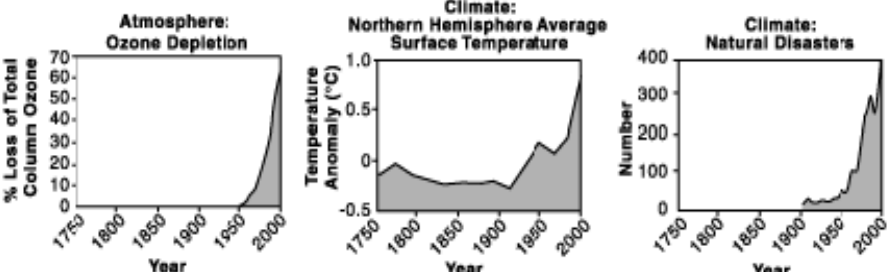
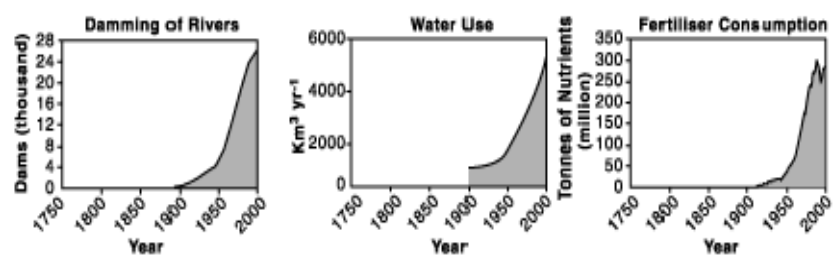
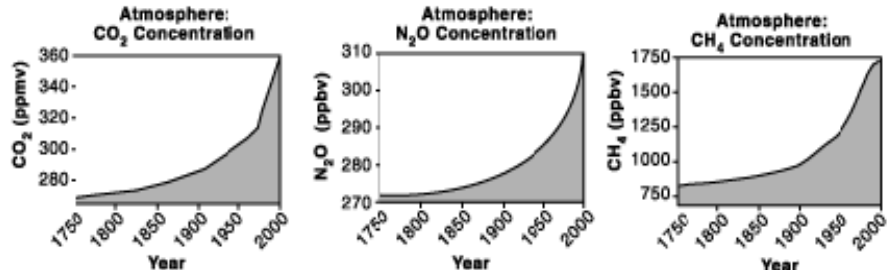
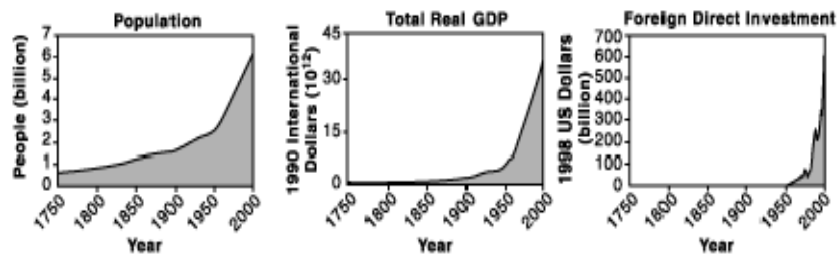




# Globaler Ökologischer Fußabdruck

Humanity's ecological footprint over time







# Gesamtenergieumsatz Biosphäre vs Energieumsatz Anthroposphäre

Hans-Peter Dürr, Salzburg, 20.10.07

- Sonneneinstrahlung 180.000 TW  
( $\approx$  Abstrahlung)
- Stabilisierung d. Biosphäre  
Gesamtumsatz 45 TW
- 20-25% d. Stabilisierungsumsatzes  
obere Grenze anthropogener Energie 10 TW
- Gesamtverbrauch Menschheit 1990 13 TW

# Gesamtenergieumsatz Biosphäre vs Energieumsatz Anthroposphäre

Hans-Peter Dürr, Salzburg, 20.10.07

- Mindestenergiebedarf / Kopf ~100 W
  - Mindestbedarf 6,5 Mrd Menschen 0,65 TW
  - Grenze 10 TW /  $6,5 \times 10^9 \rightarrow$  pro Kopf 1,5 kW
- 
- Basel, Genf u. Zürich planen  
Deckelung pro Kopf 2 kW



# Gesamtenergieumsatz Biosphäre vs Energieumsatz Anthroposphäre

Hans-Peter Dürr, Salzburg, 20.10.07

- Menschheit 1990

Gesamt-Primärenergie	13	TW
Fossil	10	TW
Kernenergie	0,6	TW
Sonne	2,4	TW
davon Biomasse	1,6	TW
und Wasserkraft	0,8	TW



(1) Vieh

1.318 Millionen	Rinder		
162 Millionen	Hausbüffel		
<hr/>		→	1.480 Millionen
1.065 Millionen	Schafe		
700 Millionen	Ziegen		
<hr/>		→	1.765 Millionen
61 Millionen	Pferde		
57 Millionen	Esel & Maultiere		
<hr/>		→	118 Millionen
19 Millionen	Kamele		
5 Millionen	Lamas & Alpakas		
<hr/>		→	24 Millionen
936 Millionen	Schweine		
<hr/>		→	936 Millionen

(2) Geflügel

13.480 Millionen	Haushühner		
775 Millionen	Hausenten		
247 Millionen	Truthühner (Puten)		
209 Millionen	Hausgänse		
<hr/>		→	14.711 Millionen

(3) Kleine Fleischtiere (Kaninchen) → 453 Millionen

(4) Haustiere (pets) in Westeuropa und USA

> 100 Millionen	Hauskatzen		
100 Millionen	Hunde	→	200 Millionen

Tabelle 5: Nutztiermengen – weltweit

Mensch + Haustiere global über 96%  
der Biomasse aller Landwirbeltiere

Vaclav Smil, The Earth Biosphere, MIT-Press

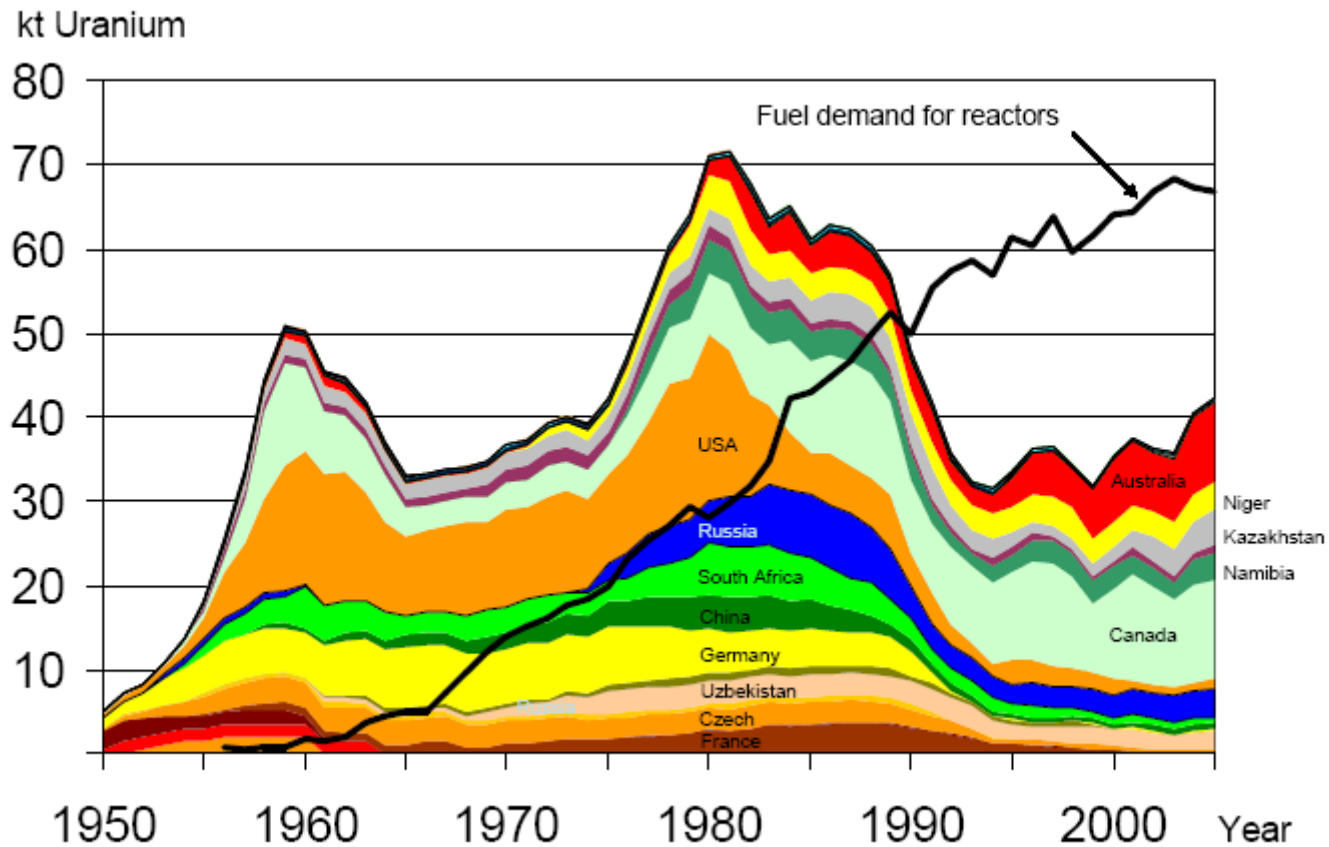




# Resources

- WEC 2000: 62.000 t/a -> 2015 80.000t/a
- 4Mio t U235 reasonably assured +  
estimated additional -> 41a
- 10Mio t U235 highly speculative -> 95a

# Uran Erzeugung & Bedarf



Es wird weit  
mehr Uran  
gebraucht als  
produziert!

Energy Watch  
Group 2006

# Strahlendes Erbe

- Plutonium 239, Technetium 99  
HZ 24.000 bzw. 211.000 Jahre

⇒ 9 kg pro t abgebrannte BE

- Neptunium 237, Cerium 93, Cäsium 135,  
Palladium 107, Iod 129  
HZ 1,5 bis 15 Millionen Jahre

⇒ 3,5 kg pro t abgebrannte BE

- Global 436 KKWe 10.500 t abgebrannte BE / a

⇒ 265 000 t abgebrannte BE bis dato

> 3 300 t Langzeitstrahler bis dato





# International abgelehnte Vorschläge

- Transport in den Weltraum
- Einlagerung im antarktischen Eis
- Versenkung im Meer
- Einlagerung im Meeresboden



# Nukleare Abfälle

## Diskutierte Optionen

- Oberflächennahe Lager (rückholbar)
- Lager in tiefen geologischen Formationen (nicht rückholbar)
- Abtrennung langlebiger Radionuklide und Umwandlung in kurzlebige



## Oberflächennahe Langzeitlager

### Gegenargument Verwundbarkeit

- Naturereignisse
- Mensch – Terrorismus & Krieg



# Tiefengeologische Endlager

## Vorteile

- Großer Abstand zur Biosphäre
- Stabilität geologischer Formation vs. menschlicher Institutionen
- Verschluss & Verfüllung als Sicherheit gegen menschliche Einwirkungen
- Dauerlösung ohne Folgekosten

⇒ „Main Stream“ für Tiefengeologische Endlager



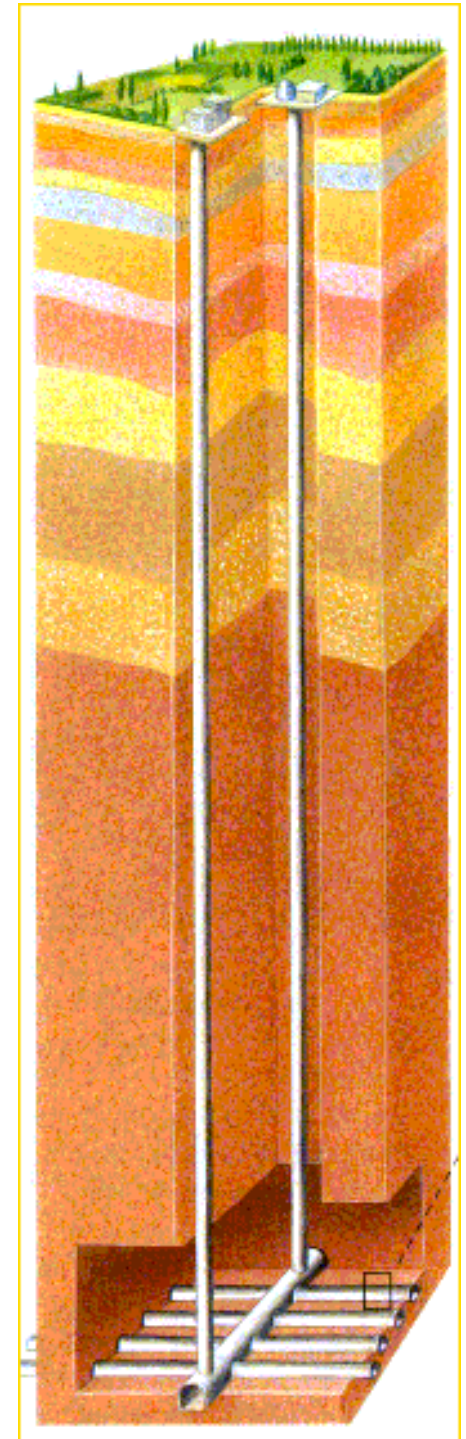
# Tiefengeologische Endlager

## Suche nach Endlager - AkEnd

- 1 Mio Jahre
- 300 bis 1200m tief
- Möglichst ein Standort

### Detlev Ipsen (AkEnd):

→ Suche nach Endlager – globales gesellschaftspolitisches Großexperiment





# Tiefengeologische Endlager

## Verwundbarkeit

- Erdbeben, Vulkanismus
- Fluviale Erosion & Sedimentation
- Glaziale Erosion (1km Tiefe)
- Mehrfache Be- und Entlastung durch Eis
- Veränderungen von Gesteinsdiskontinuitäten und Wasserwegigkeiten
- Anthropogene Beeinflussungen vergessener Gefahrenherde



# Tiefengeologische Endlager

## Im Erdboden lauernde Gefahren

- Überbleibsel kriegerischer oder industrieller Aktivitäten
- Bomben, Granaten, Minen, giftige Chemikalien
- Unzugänglich tickende Zeitbomben



# Tiefengeologische Endlager

## Unzugänglichkeit

- Verlagerung des Problems zu künftigen Generationen
- Verschärfung des Problems für künftige Generationen

## Endgültigkeit



# Tiefengeologische Endlager

Mündigkeit künftiger Menschen

„Messer, Gabel, Scher’ und Licht  
sind für kleine Kinder nicht!“



# Tiefengeologische Endlager

## Für Äonen

- Quälende Erinnerung
- oder Vergessen?

→ Risiko kann schlagend werden



# Oberflächennahe Lagerung

## Gegenargument Verwundbarkeit?

- Naturereignisse – gelten auch für die Tiefe
- Mensch – auch sozial u. kreativ



# Oberflächennahe Lagerung

## langzeitig – aber begrenzbar

### Vorteile

- Überwachbarkeit
- Reparierbarkeit
- Rückholbarkeit
- Einbezug jeweiligen Standes der Technik
- Begrenzbar

→ Dauerinstitutionalisierung



Institut für Risikoforschung der Universität Wien  
Schweizerische Energie-Stiftung SES Zürich, 16.06.2009



Felslabor Grimsel  
2004

ität Wien  
16.06.2009

# Tunnel im Nuklear-Endlager Yucca Mountain

Photograph: Laura Rauch/AP

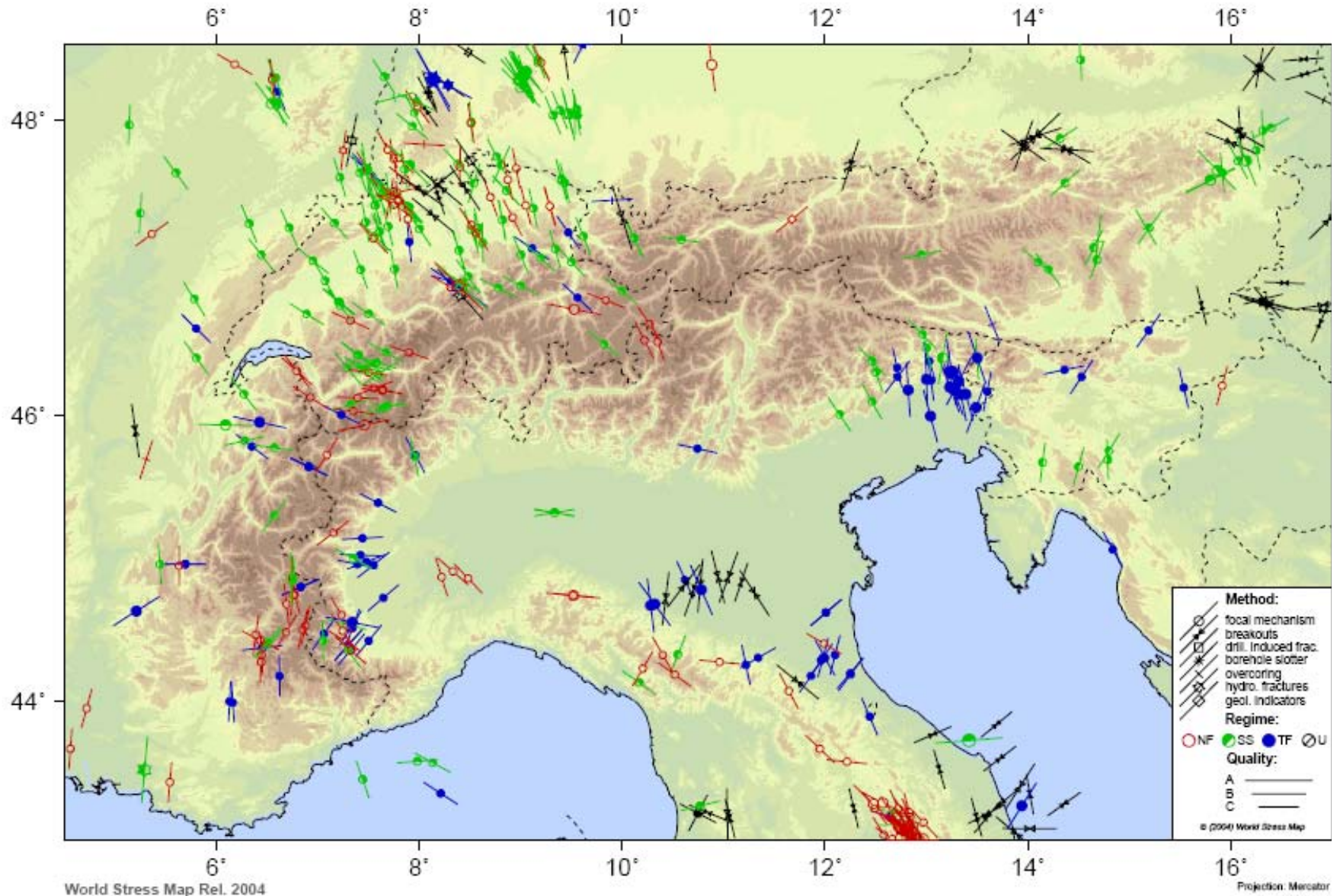


<http://www.guardian.co.uk/usa/story/0,,2176842,00.html>



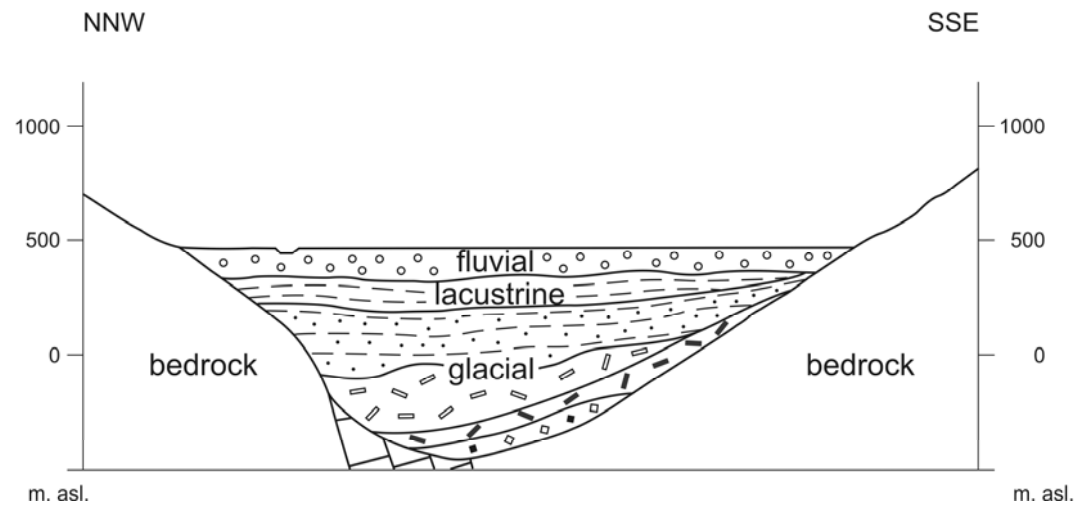
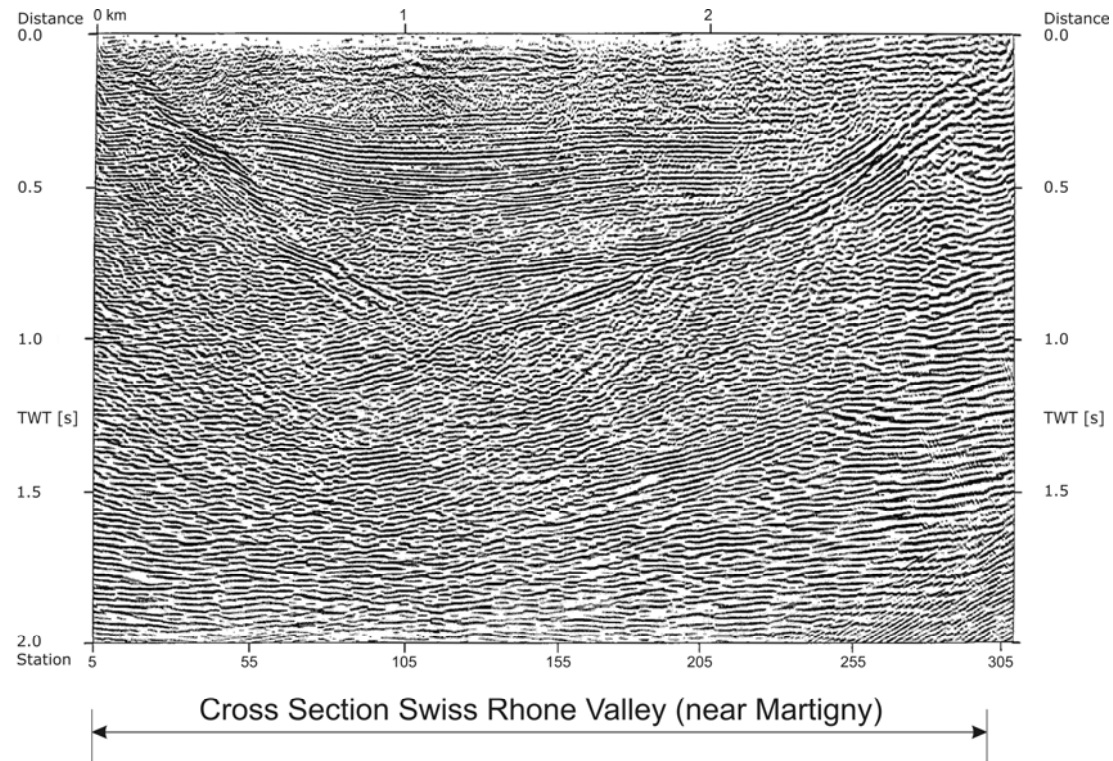
Institut für Risikoforschung der Universität Wien  
Schweizerische Energie-Stiftung SES Zürich, 16.06.2009

Γνωθι σεαυτόν



World Stress Map Rel. 2004  
 Heidelberg Academy of Sciences and Humanities  
 Geophysical Institute, University of Karlsruhe







Institut für Risikoforschung der Universität Wien  
Schweizerische Energie-Stiftung SES Zürich, 16.06.2009