



Transformation der Energiesysteme 2010-2050

Teil VI Nachhaltigkeit und Nachhaltigkeitskonflikte der Akteure der konventionellen Energiewirtschaft (Öl, Erdgas, Kohle, Atomenergie)



Übersicht

- Die neuen Herausforderungen der Umweltpolitik
- Externe Kosten und Methoden ihrer Internalisierung
- Nachhaltigkeit – Ursprünge und Sinnhaftigkeit für die Energiewirtschaft
- Nachhaltigkeitskonflikte: fossile Energien
- Nachhaltigkeitskonflikte: Nuklearenergie

Beispiel für traditionelle Umweltprobleme

- **Schattenwurf eines Hauses**
- **Lärm**
- **Abfälle**
- **Wasserknappheit**
- **Geruchsimmissionen**
- **Verschmutzung von Grundwasser**

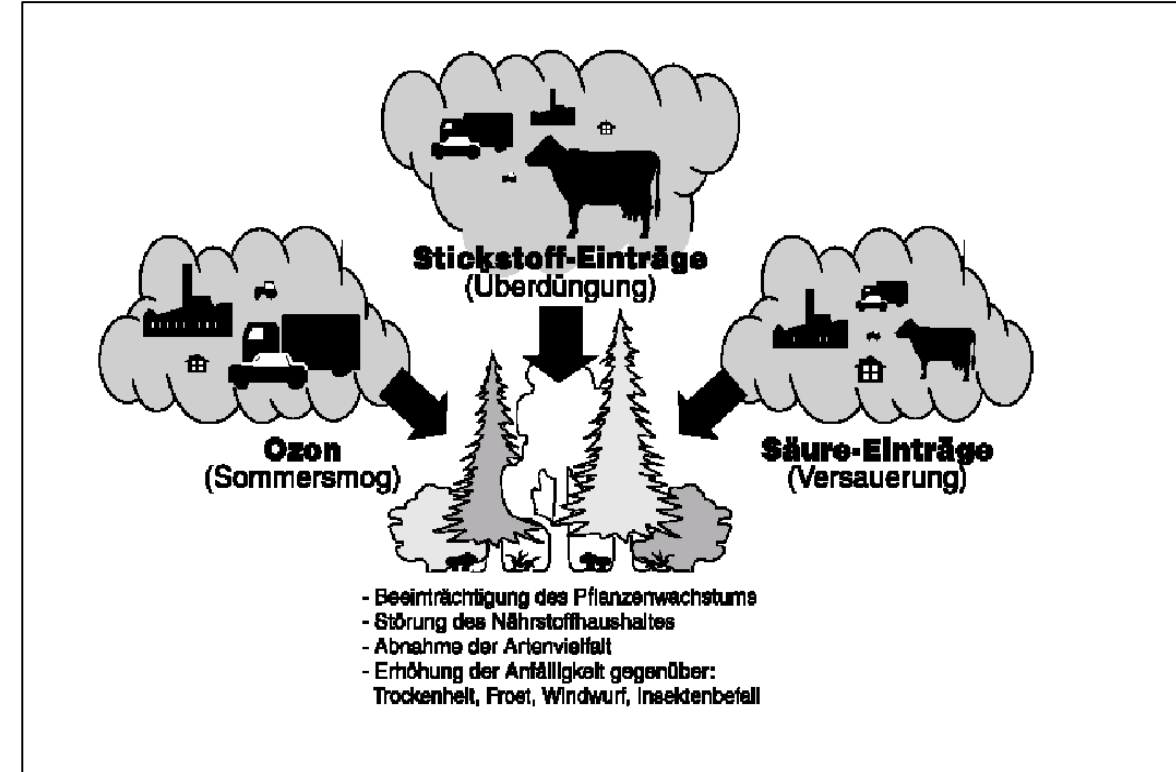
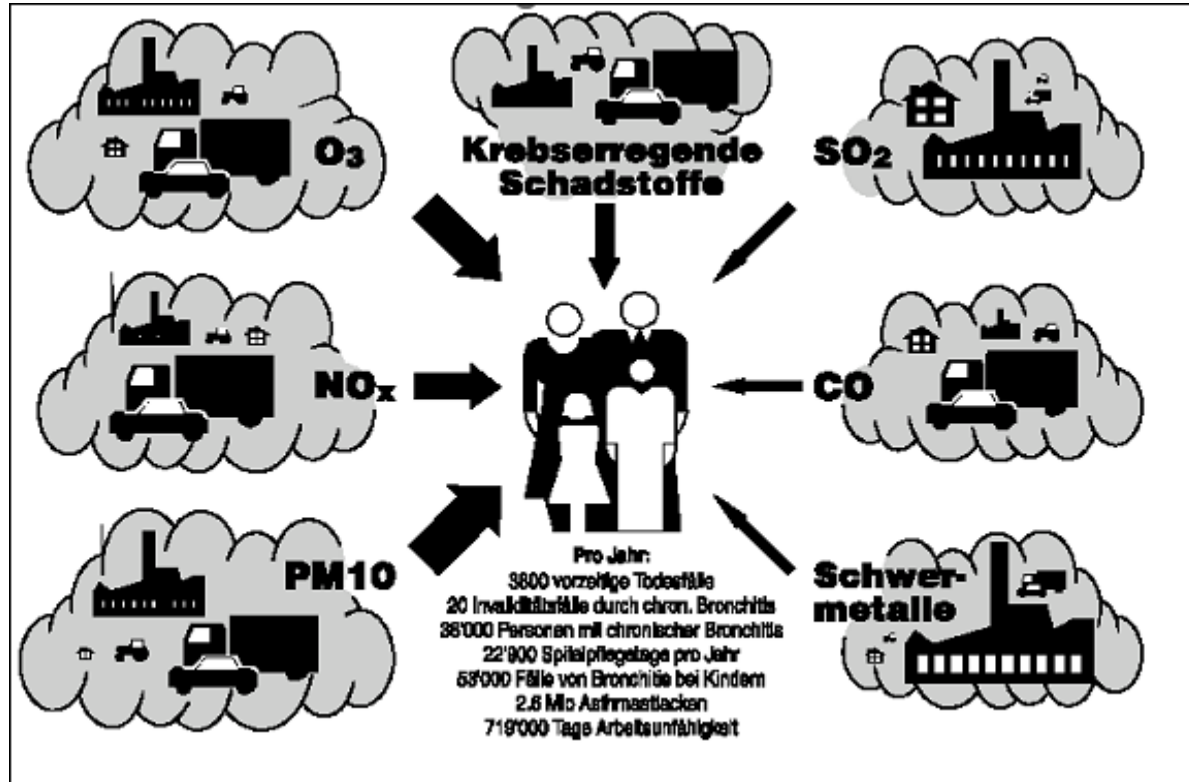
Lösungen der vorindustriellen Periode:

- **Nomadentum**
 - Periodische Migration
- **Verdünnung**
 - Via Gewässer
 - Via Luft
- **Vergraben**
- **Räumliche Trennung, Abstandsregeln**
 - «Gerbergasse» (Geruchsemissionen)
 - Latrinen (Hinterhöfe) zwecks Trinkwasser-Schutz

Beispiel für globale Umweltprobleme

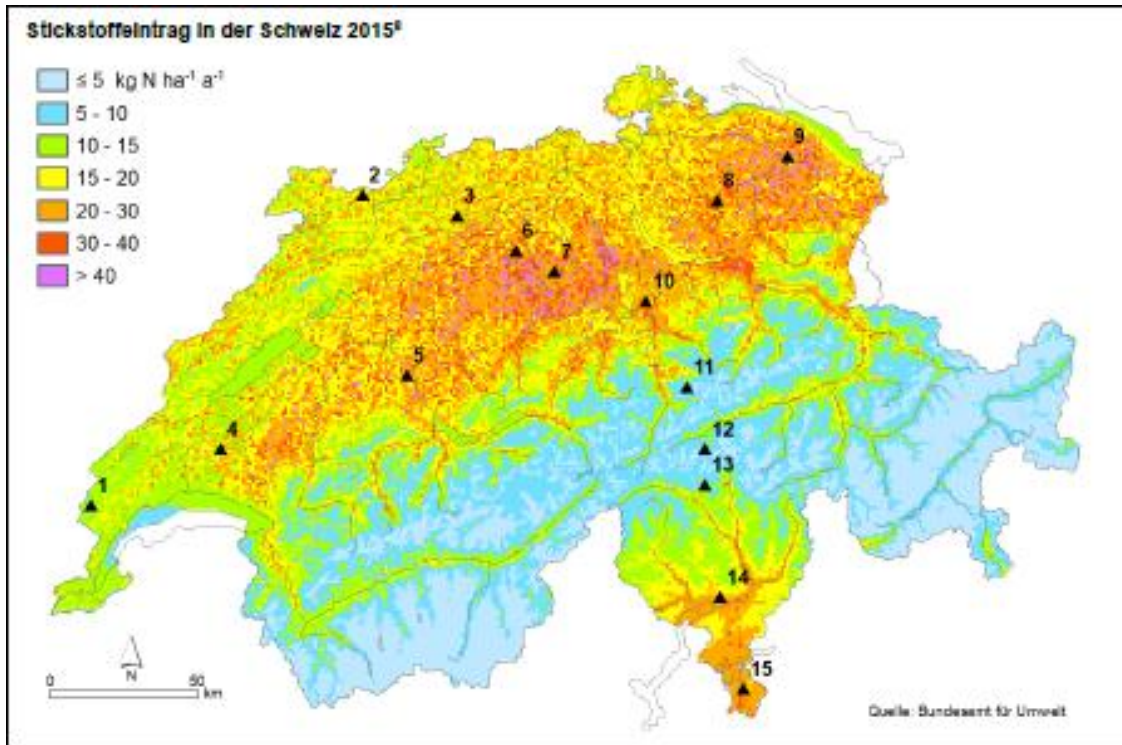
- **Veränderung der Atmosphäre**
 - CO₂, Methan
 - **Verschmutzung der Meere**
 - Abfall, Microplastik
 - **Zerstörung der Regenwälder**
 - **Versauerung der Böden**
 - saurer Regen
 - **Eutrophierung der Gewässer**
 - **Raubbau an Meerestieren**
- **Problematik kumulierter kleiner Emissionen**
 - Überschreiten der natürlichen Regenerationsfähigkeit
 - Multiple Kausalitäten
 - **«Gefangenendilemma» (wenn ich nicht abholze, dann tut es ein anderer und ich habe den Schaden/Ertragsausfall)**
 - **Starke Spillover: interregional und intertemporal**
 - Verzögerte Auswirkungen
 - Regional unterschiedliche Betroffenheit

Neue Komplexität: Multiple Einwirkungen auf den Menschen und auf die Natur



Neue Probleme

Verhältnis Mensch-Umwelt im Wandel



Übermässigkeit von Stickstoff-Einträgen und Ammoniak-Immissionen

Bewertung anhand von Critical Loads und Critical Levels insbesondere im Hinblick auf einen kantonalen Massnahmenplan Luftreinhaltung, Bafu 2020

- **Synthese-Effekte unterschiedlicher Schadstoffe**
- **Verzögerte, aber dann dauerhafte Überschreitung von critical loads**
 - zB. Ablagerungen in den Boden (Überdüngung)
- **Nicht-lineare Interaktionen**
 - Beschleunigung der Klimaerwärmung durch Rückkopplungseffekte
- **Neue Substanzen mit unbekannter Wirkung**
 - zB. hormonaktive Substanzen im Wasser
 - Feinpartikel in der Luft, zB. PM-10
- **Neue Erkenntnisse betreffend Schadenskosten**
 - zB. pharmazeutischer Wert bedrohter Pflanzen im Regenwald

Unterschiedliche Lösungsansätze

- **Freiheit als öffentliches Gut: Analogie zum Verbot des Sklavenhandels hilfreich:**
 - Keine internationale Vereinbarung mit Einstimmigkeit
 - «Coalition of the willing»
 - Starke Rolle der NGOs und der Demokratiebewegung
 - Freiheitsrechte für zukünftige Generationen
- **Betreten der Lernkurve bei den Vermeidungstechniken**
 - Kostensenkungen dank massenhafter Anwendung
 - Industrieller Vorsprung, Patente
- **Lernen aus früheren Umweltprogrammen: zB. CH-Gewässerschutz**
 - Am Anfang stand eine Katastrophe: Typhus in Zermatt (1961)
 - Dann begann der Staat mit einem steuerfinanzierten Programm für Kläranlagen, sie wurden faktisch verschenkt
 - Erst später begann man, die Vermeidungskosten zu internalisieren und Verursacher finanziell zu belangen
 - Hohe Legitimation der offensichtlich funktionierenden technischen Lösungen, die sich im Lauf der Zeit noch verbesserten.
- **Ähnliche Reihenfolge bei der Dekarbonisierung des Energiesektors**
 - R & D, Markteinführung mit Einspeisevergütungen durch eine kleine «Coalition of the willing»: D, DK, Kalifornien
 - Wichtige Importländer nehmen die Techniken dankbar auf und vervielfältigen die Anwendung: China, Texas, Spanien usw.
 - Die Kosten der Vermeidungstechniken sinken weiter und es kommt zu wettbewerblich gesteuerten Incentives (Marktprämien)

Fazit: Lösungsorientierte Klimapolitik beginnt nicht mit orthodoxen Rezepten (Internalisierung der Schadenskosten, Abgaben, Verursacherprinzip), sondern mit technologischen Allianzen mit dem Ziel der Vermeidung. Volle Internalisierung kommt erst viel später und trifft dann die Nachzügler.

Definition von Grenzwerten Beispiel Ozon

Reaktionen der Bevölkerung bei akuten Ozonspitzen (nach WHO)

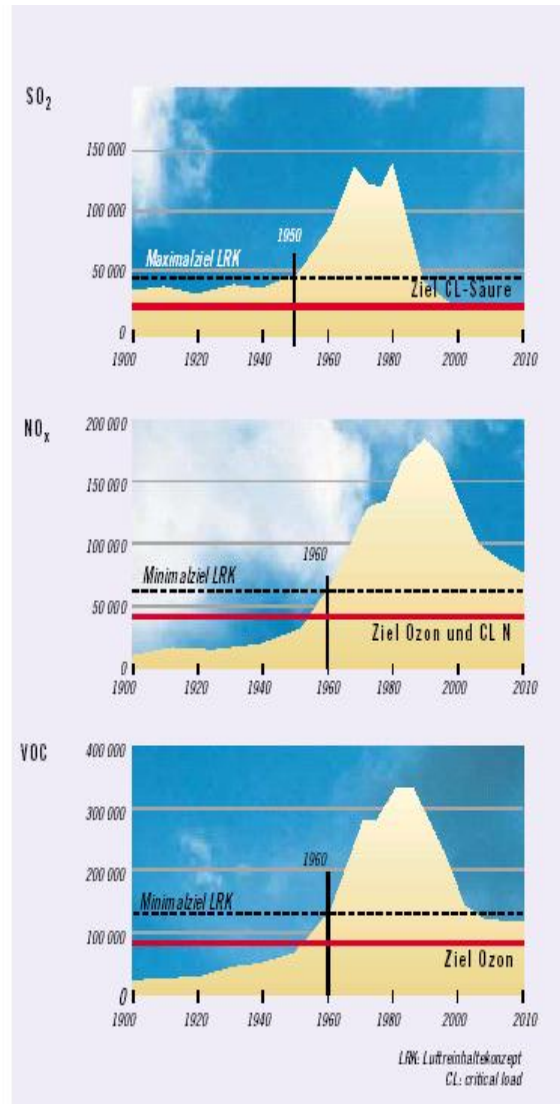
Ozon

<i>Stundenmittelwert ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Reizungen der Schleimhäute (% der Personen im Freien)</i>		<i>Beeinträchtigung der Lungenfunktion bei körperlicher Arbeit im Freien (mittlere prozentuale Abnahme)</i>	
	<i>Gesamtbevölkerung</i>		<i>Gesamtbevölkerung</i>	<i>Empfindlichste 10%</i>
<i>bis 100</i>	<i>keine</i>		<i>keine</i>	<i>keine</i>
<i>200</i>	<i>empfindliche Personen</i>		<i>5%</i>	<i>10%</i>
<i>300</i>	<i>bis zu 30%</i>		<i>15%</i>	<i>bis zu 30%</i>
<i>400</i>	<i>über 50%</i>		<i>25%</i>	<i>über 50%</i>

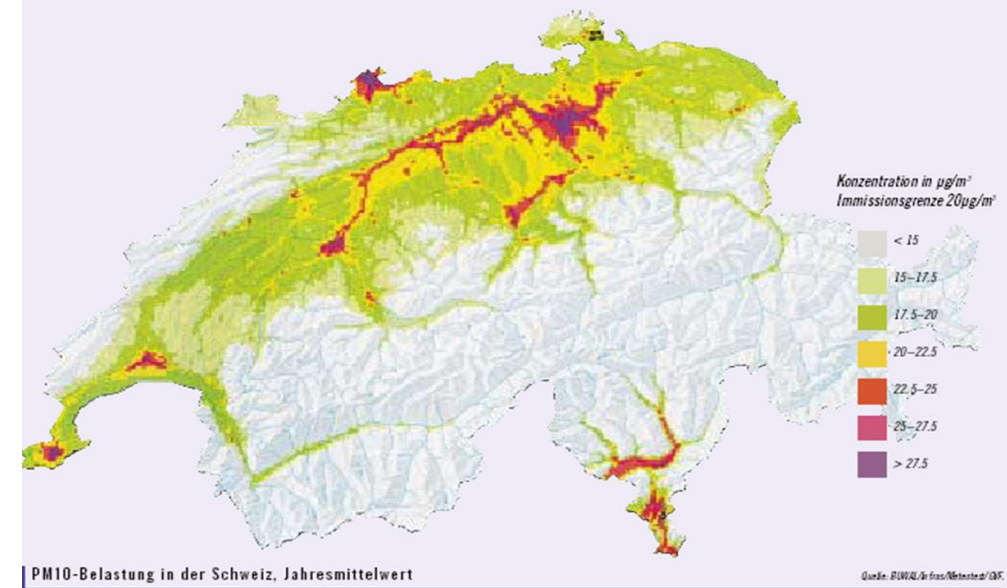
Viele Erfolgsgeschichten im Umweltschutz: Beispiel Luft

Immissionsgrenzwerte und Entwicklung seit 1900

Schadstoff	Immissionsgrenzwert	Statistische Definition
Schwefeldioxid (SO ₂)	30 µg/m ³	Jahresmittelwert (arithm. Mittel)
	100 µg/m ³	95% der 1/2-h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m ³
	100 µg/m ³	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Stickstoffdioxid (NO ₂)	30 µg/m ³	Jahresmittelwert (arithm. Mittel)
	100 µg/m ³	95% der 1/2-h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m ³
	80 µg/m ³	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Kohlenmonoxid (CO)	8 mg/m ³	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Ozon (O ₃)	100 µg/m ³	98% der 1/2-h-Mittelwerte eines Monats ≤ 100 µg/m ³
	120 µg/m ³	1-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Schwebstaub (PM10)	20 µg/m ³	Jahresmittelwert (arithm. Mittel)
	50 µg/m ³	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Blei (Pb) im Schwebstaub	500 ng/m ³	Jahresmittelwert (arithm. Mittel)
Cadmium (Cd) im Schwebstaub	1.5 ng/m ³	Jahresmittelwert (arithm. Mittel)
Staubniederschlag gesamt	200 mg/m ² x Tag	Jahresmittelwert (arithm. Mittel)
Blei (Pb) im Staubniederschlag	100 µg/m ² x Tag	Jahresmittelwert (arithm. Mittel)
Cadmium im Staubniederschlag	2 µg/m ² x Tag	Jahresmittelwert (arithm. Mittel)
Zink (Zn) im Staubniederschlag	400 µg/m ² x Tag	Jahresmittelwert (arithm. Mittel)
Thallium (Tl) im Staubniederschlag	2 µg/m ² x Tag	Jahresmittelwert (arithm. Mittel)



...und neue Gefahren:
zB. PM-10 Grenzwertüberschreitungen
In der Schweiz



Übersicht

- Die neuen Herausforderungen der Umweltpolitik
- Externe Kosten und Methoden ihrer Internalisierung
- Nachhaltigkeit – Ursprünge und Sinnhaftigkeit für die Energiewirtschaft
- Nachhaltigkeitskonflikte: fossile Energien
- Nachhaltigkeitskonflikte: Nuklearenergie

Was sind externe Kosten?

- **Externe Kosten sind Kosten, die Dritte belasten, die an einer wirtschaftlichen Aktivität nicht beteiligt sind.**
- **Externe Kosten werden ex ante weder von den Produzenten noch von den Konsumenten getragen.**

- **Beispiel Flugverkehr:**
 - - **Es profitieren Fluggesellschaften und Fahrgäste**
 - - **das Nachsehen haben Betroffene von Lärm, Abgasen und Treibhausgasen**
 - - **Bezifferung in monetären Grössen oft eher schwierig**

Extrempositionen im Umgang mit der Umwelt

- **Ideal des Laissez faire (staatliches Nichtstun), Grundannahmen:**
 - Das natürliche System besitzt eine perfekte Anpassungskapazität.
 - Dem ökonomischen System werden keinerlei Restriktionen auferlegt
 - die Notwendigkeit einer Umweltpolitik entfällt.
- **Ideal der Nachhaltigkeit, Grundannahmen**
 - Der Mensch und das sozio-ökonomische System sind im Verhältnis zur Natur vollständig flexibel.
 - Schädliche Einflüsse können ganz vermieden oder rückgängig gemacht werden, ohne Furcht vor Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft
- **Keine der beiden extremen Positionen entspricht dem heutigen Kenntnisstand**
 - Es braucht klare gesetzliche Ziele, Innovation und Anpassungskonzepte
 - Der Markt reduziert externe Kosten nicht von selber
 - Um Mehrheiten zu bilden, müssen Verlierer in der Übergangszeit entschädigt werden.

Wodurch zeichnet sich eine erfolgreiche Umweltpolitik aus?

- **Das Umweltziel ist kulturell verankert**
 - **Ein multimediales Monitoring findet statt (Medien: Wasser, Boden, Luft, Arten usw.)**
 - **Emissionsziele sind adäquat definiert**
 - **Vermeidungsziele sind gesetzt**
 - **Anreize und Sanktionen werden dynamisch auf das Vermeidungsziel abgestimmt.**
- **Operative Parameter zur Veranlagung externer Kosten**
 - *meist auf Verordnungsstufe operationalisiert:*
 - **Immissionsgrenzwerte (Dosis)**
 - **Critical Loads (Fracht)**
 - **Critical Levels (Schwellenwert)**
 - **Zonengrenzen (beobachteter Perimeter)**

Nachhaltigkeit kostet – Verschmutzung kostet ebenfalls!

Kosten des Laissez-faire	Kosten der Nachhaltigkeitspolitik
Primäre Kosten	
Trockenheit, abnehmende Fruchtbarkeit Anstieg Meerespiegel Minderung Wasserqualität (Versalzung in Küstennähe), Artenschwund Verlust von Stabilität und Strukturen	Kosten für Ursachenbekämpfung, Umstieg der Technologien Vermögens- und Einkommenseinbußen durch vorsorgenden den Umbau des Steuersystems Kosten des Strukturwandels (zB. punktuelle Arbeitslosigkeit
Sekundäre Kosten	
Erhöhung Güterpreise, Entwertung von Vermögenswerten Stranded Assets	Entwertung bestimmter Investitionen Stranded Assets
Gesundheitskosten, Reparaturarbeiten, Dämme, Migrationskosten	Nichtnutzung von nichtnachhaltigen Rohstoffen
Verlust der Naturproduktivität, Unsicherheit, psychische Einflüsse, anhaltende Verringerung der Naturstabilität	
Langfristiges Ziel	
Kein Ziel, Vernichtung der Ressourcenproduktivität	Erhaltung der Ressourcen und der Ressourcenproduktivität

In der Umweltpolitik geht es oft darum, wer die Kosten trägt:

- die heutigen Generationen, also die Verursacher
- spätere Generationen, die sich nicht mehr wehren können

Umweltpolitik hat oft einen langen Anmarschweg, funktioniert dann aber recht schnell und wird schliesslich im Konsens mitgetragen

Moderner Umweltschutz als Verbundaufgabe

- **Vorsorgeprinzip: Ursachen werden bekämpft, bevor Schäden eintreten.**
 - zB. dynamische Vorschriften für Neuanlagen
 - Zweiseitige Regulierung
 - » Emissionen
 - » Immissionen
- **Verursacherprinzip: Verursacher tragen Schadens- und Vermeidungskosten**
 - Haftungsrecht
 - Dynamische Lenkungsabgaben (frachtorientiert)
- **Die Kostenanlastung dient nicht der Abgeltung der Opfer, sondern vor allem der Vermeidung. Grundidee:**
 - Verursacher sind die besten Vermeider, arbeiten am effizientesten, weil die Vermeidungskosten in der Regel viel kleiner sind als die Schadenskosten.
 - Umwelt gehört allen, sie gehört nicht dem Verursacher;
 - deshalb „schuldet“ dieser Schadensbegrenzung oder -behebung

Zielvorstellungen und Wertschätzung beeinflussen das umweltpolitische Instrumentarium

Nutzungstyp / Umweltfunktionen	Nachhaltigkeitsziel	Instrument
Umwelt als Existenzwert Gletscher, Regenwald, Magerwiese	zB. Biodiversität Landschaftsschutz	Verbote / Zonen / Realausgleich
Umwelt als Konsumgut Trinkwasser, Luft, Landschaft, Nahrung, Wald	Erhaltung oder Wiederherstellung der nachhaltigen Nutzung	Vermeidung von Emissionen Gebote und Verbote, Abgaben
Umwelt als Produktionsfaktor Boden, Energie, Flüsse, Meer, Wald	Bewirtschaftung des Ertrags	Bewirtschaftung der Entnahme Kontingente
Umwelt als Deponie Atmosphäre, Boden, Flüsse Auffangbecken	Erhaltung der Aufnahmefähigkeit	Planung

Administrative Effizienz beeinflusst umweltpolitische Entscheide ebenfalls

Sollen Inputs bewirtschaftet werden? Welche Stufe in der Versorgungskette wird adressiert?

- zB. Energiegehalt von problematischen Primärenergien

Sollen und können Emissionen gelenkt werden?

- CO₂, CO, Nox, Staub (PM₁₀), SO₂, Radioaktivität, Chemikalien in der Stoffverordnung
- soll man gewisse Endprodukte verbieten, zum Beispiel Diesel- und Benzinfahrzeuge?

Wie werden Einnahmen aus Umweltafgaben verwendet?

- Für Wiedergutmachungen, zB. Wiederaufforstung geschädigter Wälder oder Entschädigungen von Lungenkranken
- Für Vermeidungsleistungen – zum Beispiel Direct Air Capture von CO₂-Emissionen
- Für verteilungspolitische Ziele, zB. Rückerstattung (Klimageld, «Oekobonus»)
- Für den Staat (fiskalische Abgabe)

Methodische Herausforderung der Prioritätensetzung:

- Der Zweck von Umweltpolitik ist Vermeidung von Umweltschaden
- Um den “Preishebel” zu aktivieren, ist die Verwendung zweitrangig – Hauptsache das schädliche Produkt wird effektiv bewirtschaftet.
- Ungewissheit der Emissionsentwicklung kann zu Konflikten führen:
 - Beispiel: Greenwashing der Kernenergie
- Aussenwirtschaftliche Komponenten (Benachteiligung einheimische Wirtschaft oder gerade das Gegenteil?)
- Lokale Freigrenzen (zB. Lärm, NO_x usw.), zB. bei dünner Besiedlung

Übersicht

- Die neuen Herausforderungen der Umweltpolitik
- Externe Kosten und Methoden ihrer Internalisierung
- Nachhaltigkeit – Ursprünge und Sinnhaftigkeit für die Energiewirtschaft
- Nachhaltigkeitskonflikte: fossile Energien
- Nachhaltigkeitskonflikte: Nuklearenergie

Nachhaltigkeit = Langfristige Erhaltung des Naturkapitals:

Umwelt als Funktionsträger bleibt erhalten:

- 1. Produktionsfunktion: Wasser, Energie, Raum, Aesthetik, Nahrung**
- 2. Trägerfunktion: Umwelt als Aufnahmebecken**
- 3. Informationsfunktion: Umwelt als Signalgeber (zB. Wetter, Tierarten usw.)**
- 4. Regelungsfunktion: Fähigkeit, Folgen von Eingriffen aufzufangen und auszugleichen**
- 5. Existenzwert: Umwelt als "Wert an sich"**

„Nachhaltig wird ein Wald benutzt, wenn nicht mehr Holz gefällt wird, als die Natur darin erzeugt“ (Karl Kasthofer, Bemerkungen über die Wälder des Bernischen Hochgebirges, Aarau: Sauerländer 1818)

John Rawls Verteilungsregel für intergenerationell existente Ressourcen

- **hypothetische Wahlsituation**
 - alle Generationen sind gleichermaßen abstimmungsberechtigt.
- **Die spezifischen Interessen bleiben ihnen hinter einem 'Schleier des Nichtwissens' verborgen,**
 - Niemand kennt seinen Platz in der Zeit

Verteilungsregel von Rawls:

Jede Generation solle gleich gut gestellt werden.

John Rawls

Kantischer Konstruktivismus

Wann ist Ungleichheit zulässig?

1. Jedermann soll gleiches Recht auf das umfangreichste System gleicher Grundfreiheiten haben, das mit dem gleichen System für alle anderen verträglich ist.
2. Soziale und wirtschaftliche Ungleichheiten sind so zu gestalten, «dass
 - (a)vernünftigerweise zu erwarten ist, dass sie zu jedermanns Vorteil dienen, und
 - (b)sie mit Positionen und Aemtern verbunden sind, die jedem offen stehen.»

Rawls Maximin-Regel

In realen Leistungen gesprochen soll
jede Generation die gleiche
Ressourcenversorgung haben,

Herleitung war ursprünglich ganz auf die
Rohstoffthematik fixiert:

Summe aller erneuerbaren Energien
+ Summe der Effizienztechniken
+ Summe aller nicht-erneuerbaren Energien

= real konstante Preise für jede Generation

Das bedeutet:

- Nicht-erneuerbare Energien dürfen genutzt werden, aber nur insoweit als sie die Lebensgrundlagen nachfolgender Generationen nicht bedrohen.
 - die Nutzergeneration muss den nachfolgenden Generationen technologische Brücken bauen, die den Verlust an nicht erneuerbaren Energievorräten entschädigen.
 - zB durch erneuerbare Technologien, Effizienztechnik
 - Die Emissionen und ihre Folgen müssen beherrschbar sein

Weiterung des Nachhaltigkeitskonzepts als gesellschaftliches Konzept des intergenerativen Zusammenlebens

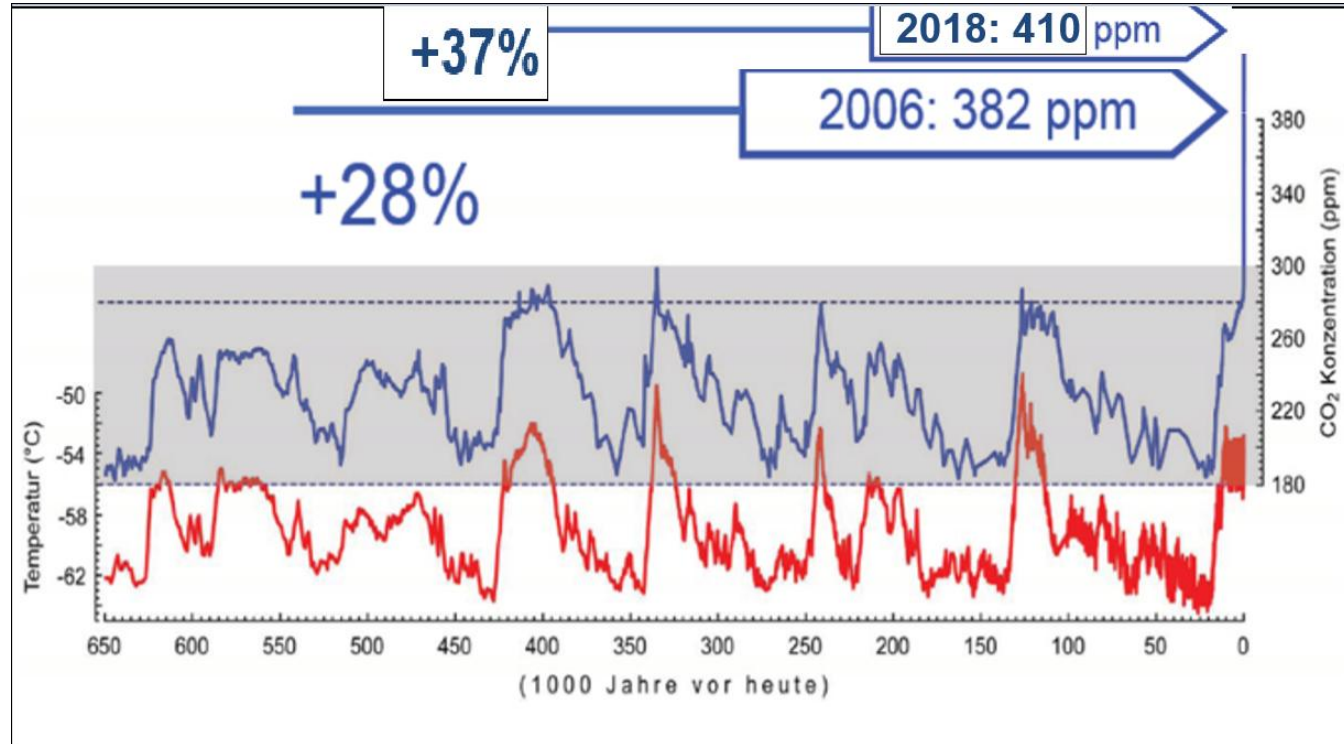
Darstellung der drei Kapitalstöcke mittels eines Kriterienrasters (IDARIO 2001, 73)

Umwelt Umweltqualität und Natürliche Ressourcen	Wirtschaft Wohlstand und Zukunftsfähigkeit	Gesellschaft Human- und Sozialkapital
<ol style="list-style-type: none"> 1. Artenvielfalt 2. Klima, Ozonschicht 3. Emissionen 4. Landschaft, Kultur-, Naturraum 5. Wasser 6. Stoffe, Organismen, Abfälle 7. Energie 8. Boden, Fläche, Fruchtbarkeit 	<ol style="list-style-type: none"> 1. BIP pro Kopf 2. Qualität und Effizienz der Infrastruktur und Dienstleistungen der öffentl. Hand 3. Wertvermehrende Investitionsquote 4. Langfristig tragbare Staatsverschuldung 5. Ressourceneffizienz 6. Wettbewerbsfähigkeit 7. Qualitatives und quantitatives Arbeitskräftepotenzial 8. Innovationsfähigkeit und leistungsfähige Forschung 9. Ordnungspolitischer Rahmen zum Wohle der Gesamtwirtschaft 10. Wirtschaftliche Entwicklung des Südens und Ostens 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bildung, Lernfähigkeit 2. Gesundheit, Wohlbefinden, Sicherheit 3. Freiheit, Unabhängigkeit, Selbstverantwortung 4. Identität, Kultur 5. Werthaltung 6. Solidarität, Gemeinschaft, sozialer Zusammenhalt, Gerechtigkeit 7. Offenheit, Toleranz, Wandlungsfähigkeit 8. Soziale Sicherheit, Armut 9. Rechtssicherheit 10. Chancengleichheit, Gleichstellung, Partizipation

Übersicht

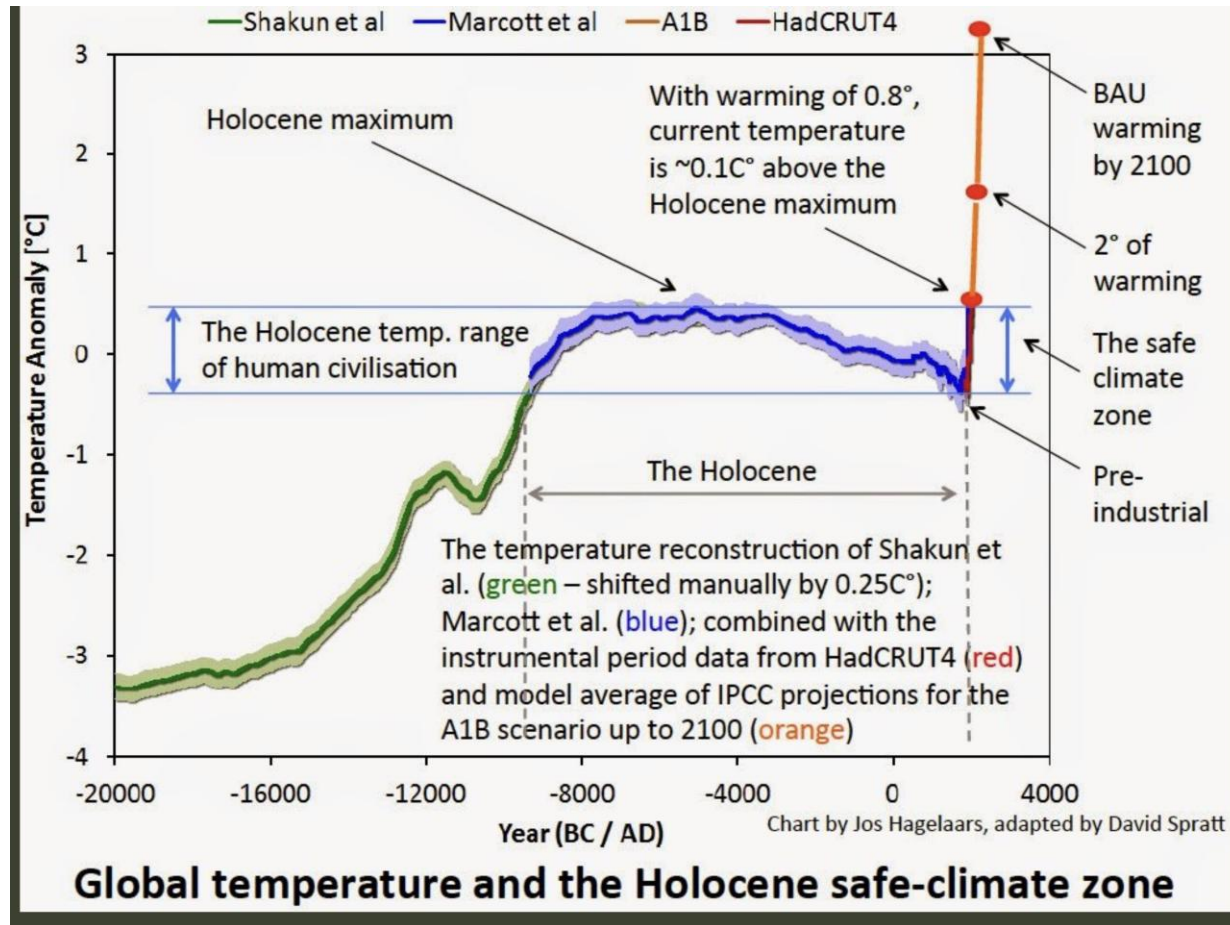
- Die neuen Herausforderungen der Umweltpolitik
- Externe Kosten und Methoden ihrer Internalisierung
- Nachhaltigkeit – Ursprünge und Sinnhaftigkeit für die Energiewirtschaft
- **Nachhaltigkeitskonflikte: fossile Energien**
- Nachhaltigkeitkonflikte: Nuklearenergie

Korrelation von CO₂ in der Atmosphäre und Erdtemperatur



CO₂ and Temperatures: The last 650'000 years (Prof. Thomas Stocker)
Aktualisiert 2018 (Daten 2018: NOAA)

10'000 Jahre Stabilität ermöglichten Landwirtschaft & Wohlstand



Temperaturanstieg von 2 bis 3 Grad bis 2100 stellt Fortbestand der menschlichen Existenz grundlegend in Frage:

- Trockenheit
- Hitze
- Waldbrände
- Überschwemmungen
- Erosion
- Verlust Bodenfruchtbarkeit
- Siedlungsnot
- Meeresspiegelanstieg
- Migration, Vertreibung

Folgen im 21. Jahrhundert sind längst bekannt

**U.S. GLOBAL CHANGE RESEARCH PROGRAM
CLIMATE SCIENCE SPECIAL REPORT (CSSR)**

Final Clearance
28 June 2017

<https://science2017.globalchange.gov/downloads/>

- **Anstieg Meeresspiegel um 3 cm pro Jahr (ab 2050) und 6 cm pro Jahr ab 2100**
- **Weniger Niederschlag, Austrocknung der Böden**
- **Zunahme der Stürme**
- **Abschwächung Golfstrom,**
- **Mögliche «Überraschungen» mit extremen Folgen**



Beispiel einer “Ueberraschung”

“Methane release from Arctic permafrost found to be doubled by unexpectedly abrupt thawing”



Methan hat die 30fache Treibhaus-Wirkung gemessen an CO₂, die Erwärmung der Böden könnte in Kanada und Sibirien sehr viel Methan freisetzen und den Temperaturstieg stärker anheizen.

<https://www.theguardian.com/environment/climate-consensus-97-per-cent/2015/oct/13/methane-release-from-melting-permafrost-could-trigger-dangerous-global-warming>

Meeresanstieg von 3 m setzt ein Drittel von Holland potenziell unter Wasser



Netherlands:
3 meters of additional sea level =
loss of ca. 1/3 of space

Kosten und Gefahren:

- Verlust von Immobilien
- Verlust Siedlungsgebiete
- Verlust landwirtschaftlicher Erzeugung
- Bedarf nach Schutz-Infrastruktur
- Gefährdung Menschenleben
- Erzwungene Migration

Drei Konzepte, wie das fossile Zeitalter zu Ende geht

neoliberale, vorwiegend marktbasierende Konzepte

1. Peak Oil – «the end of cheap oil»

- Das billige Öl geht zu Ende (Campbell/Laherrère 1999, SciAm)

2. Peak demand (Nachfrage geht zurück)

- Billigere und bessere Energien verdrängen die fossilen Energien

Umweltpolitisches Konzept

3. Politisch erzwungener Ausstieg und Rückholung der Treibhausgase

- Klimapolitik erzwingt Transformation zu Netto null
- Fossile Energien werden substituiert
- Vergangene Emissionen werden sequestriert: zB. mittels CO₂-Abscheidung und Rückführung in Gesteine, Beispiel Carbonfix – Verpumpung und Oxidation in Basaltgestein)

Erdöl ist der Rohstoff, der alle anderen Mineralien in den Schatten stellt

BIG OIL

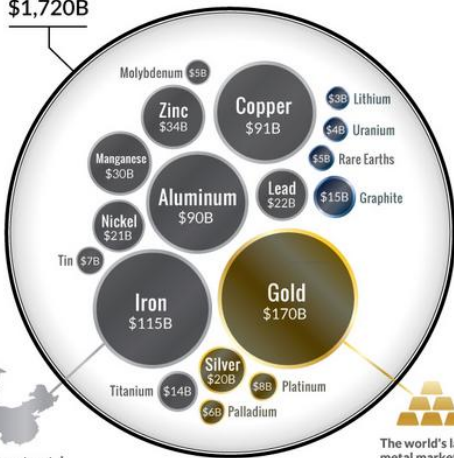
The crude oil market is bigger than all raw metal markets combined



\$1,720B

The global market for crude oil was 94 million barrels per day in 2015.

This puts the crude oil market at \$1.7 trillion per year with today's prices - far more than all raw metals combined!



The largest metal market by tonnage is iron ore. China alone consumes 1 billion tonnes per year mostly to produce steel.

The world's largest metal market by dollar value is gold. The physical market is worth \$170 billion per year at today's spot price.

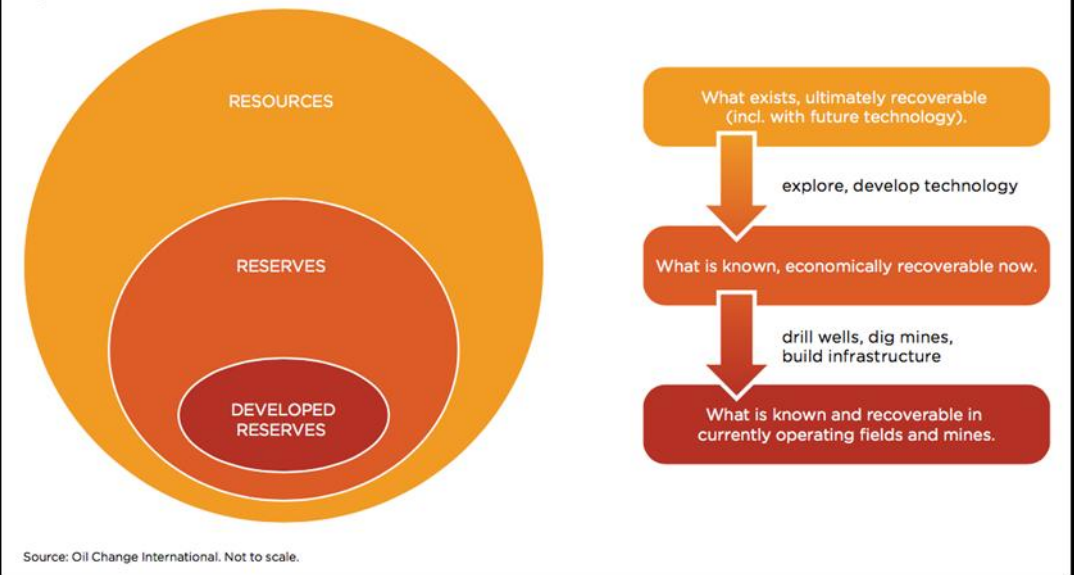
SOURCES: Infamine, EIA, World Gold Council, Johnson Matthey, Cameco, Benchmark Minerals

visualcapitalist.com

Ölgeschäft:
Rund 3000 Milliarden \$
Umsatz bei Ölpreis von 80\$

Silizium
Ca. 15 Milliarden Umsatz
bei Kilopreis von 10 \$.

Figure 3: Three Measures of Available Fossil Fuels



Source: Oil Change International. Not to scale.

Unterscheidung von Reserven und Ressourcen

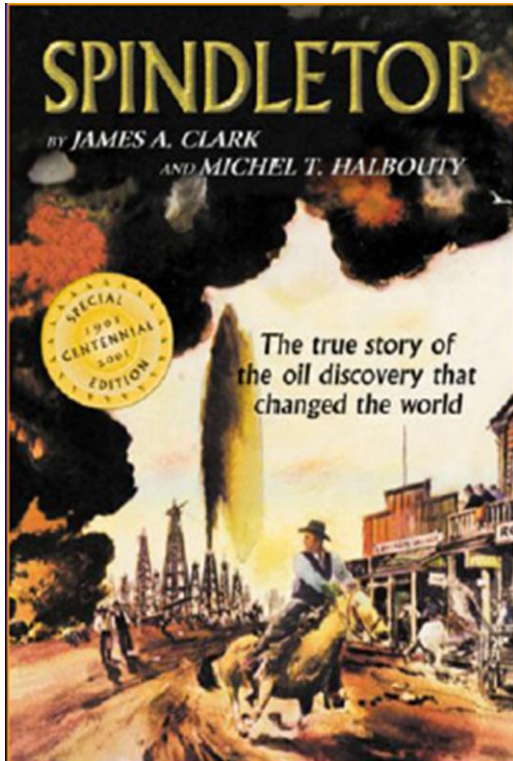
- Ressourcen sind chemische Substanzen, nicht zwingend wirtschaftlich nutzbar
- Reserven sind technisch förderbare Substanzen im wirtschaftlichen Spektrum
- entwickelte Reserven sind erschlossen

Ab einem bestimmten Preisniveau sind fossile Energieträger nicht mehr wirtschaftlich. Die meisten fossilen Ressourcen bleiben im Boden



Erdöl: ab 1859 ein industriegeschichtliches Grossereignis

Bis 1910: Nutzung für Petroleum-Lampen >50%

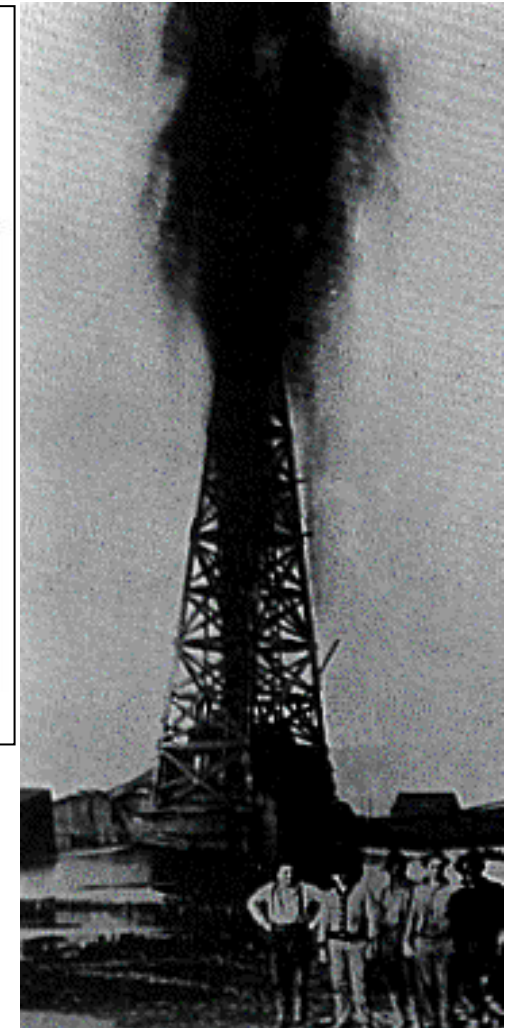


78 Scientific American March 1998

HISTORY OF OIL PRODUCTION, from the first commercial American well in Titusville, Pa. (left), to derricks bristling above the Los Angeles basin (below), began with steady growth in the U.S. (red line). But domestic production began to decline after 1970, and restrictions in the flow of Middle Eastern oil in 1973 and 1979 led to inflation and shortages (near and center right). More recently, the Persian Gulf War, with its burning oil fields (far right), reminded the industrial world of its dependence on Middle Eastern oil production (gray line).



The End of Cheap Oil



Spindletop Texas (1900)

1945: USA waren „Welt-Energie-König“.

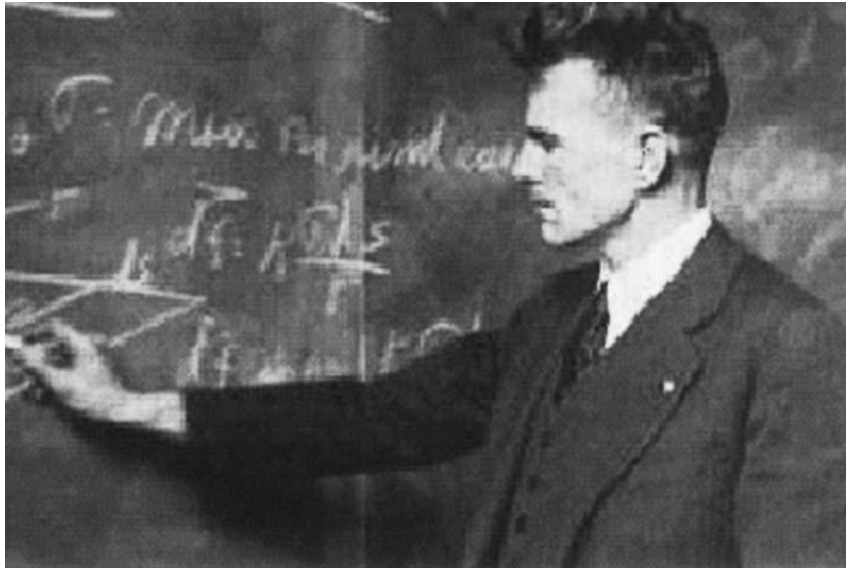
Nr. 1 in Öl

Nr. 1 in Erdgas

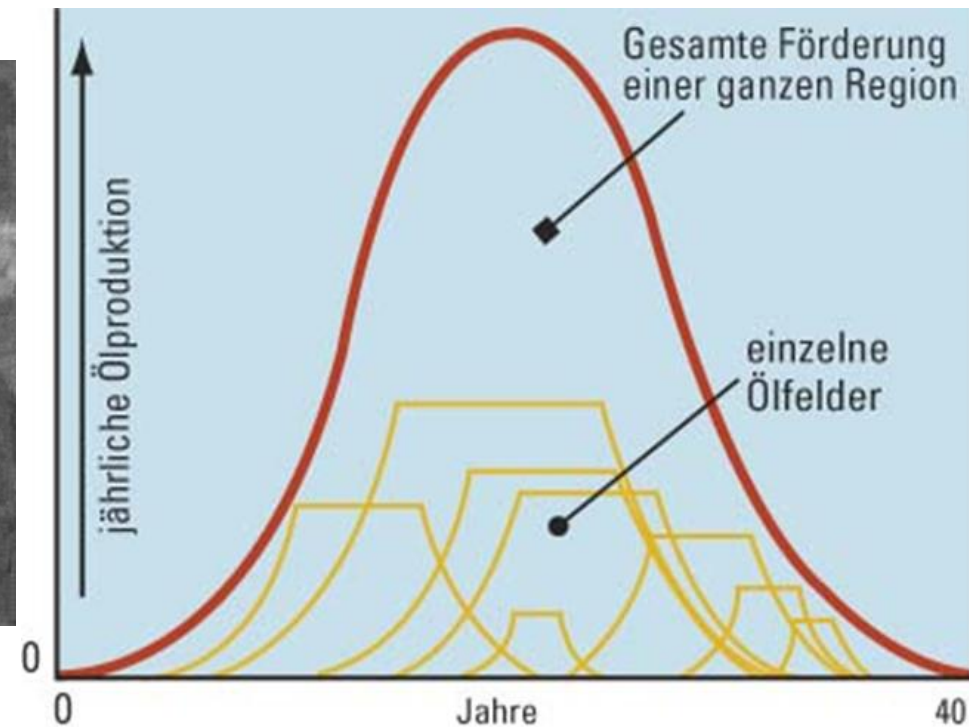
Nr. 1 in Kohle

Quelle
Campbell/Laherrere 1998

Hubbert Kurve: Ölförderung steigt, erreicht Peak und sinkt danach

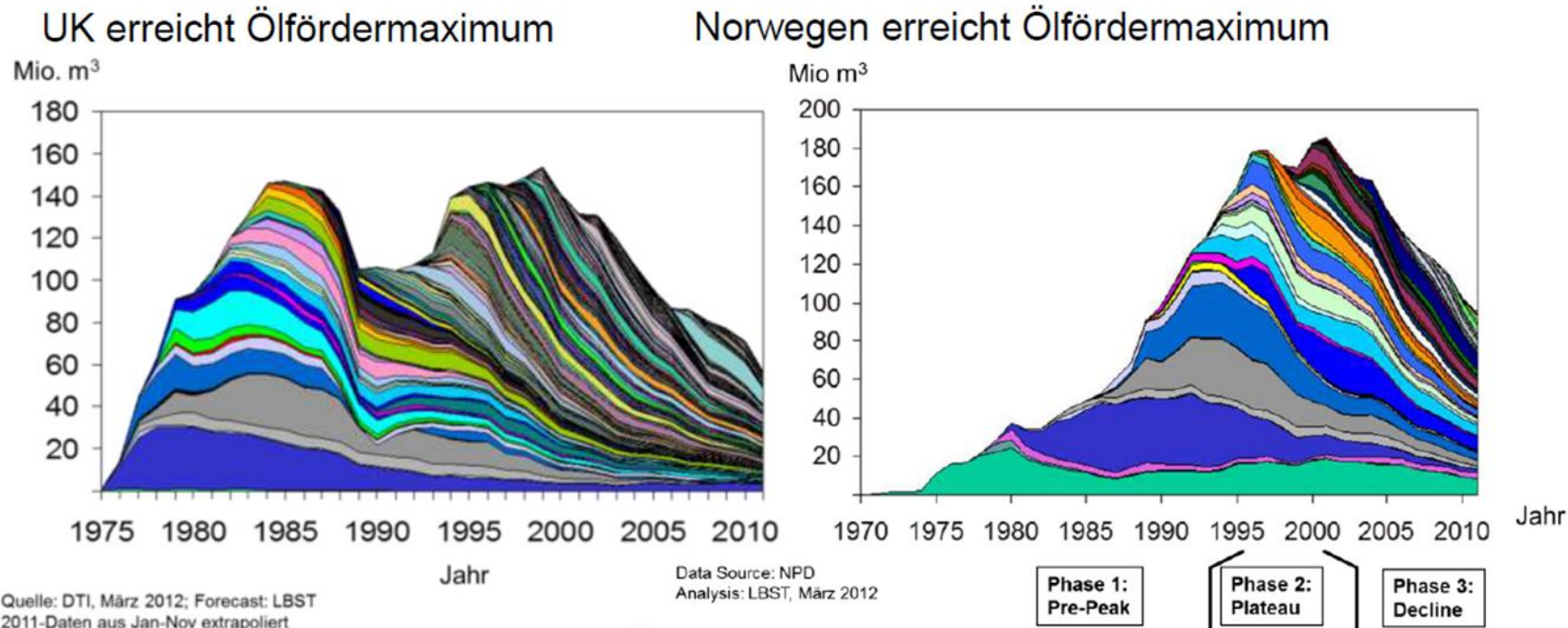


M. King Hubbert, Ölgeologe, 1956:
«World Oil Peak 2000», «US Oil Peak 1970»



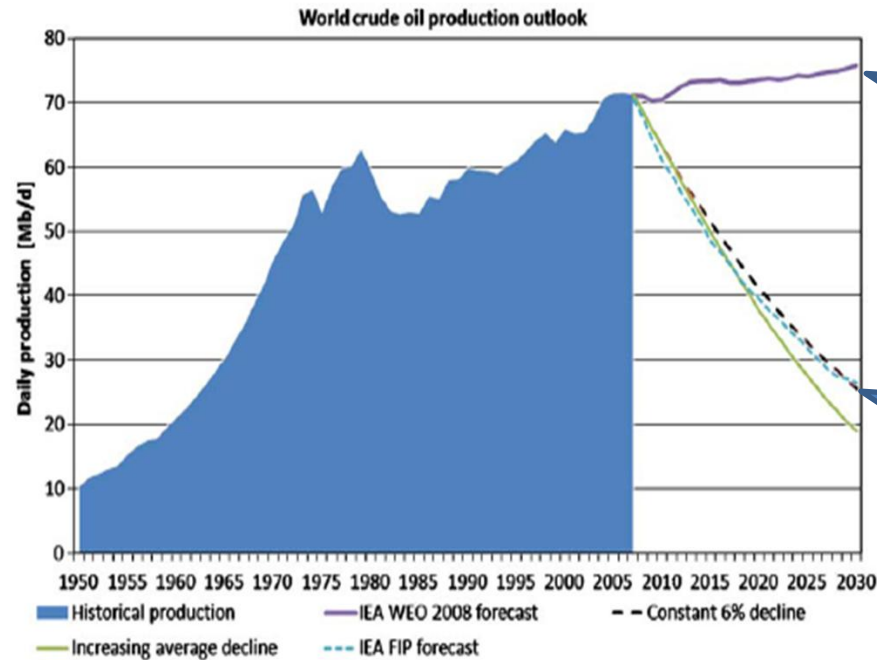
Beispiel Hubbert Peaks: britische und norwegische Ölförderung

Wichtige Regionen haben das Fördermaximum überschritten



Mexiko erreicht Ölfördermaximum 2004
Angola erreicht Ölfördermaximum 2008
Golf von Mexiko erreicht Fördermaximum 2010

IEA 2008: After a decade of denial IEA admits decline rates of oil fields at 6.7%



IEA 2008 global production forecast

IEA 2008 oil fields in production decline rate forecast

Post-peak oil fields show a decline rate of 5,5% per year (Höök, 2009)

Table 1
Characteristic parameters for all 261 post peak giant fields covered by this study.

	Mean	Median	Prod. Weight
Decline rate	-6.5%	-5.3%	-5.5%

Fields that had not reached the decline phase as of the end of 2005 were excluded.

Table 2
Characteristic decline rates of land and offshore fields.

# Fields	Field type	Mean (%)	Median (%)	Prod weight (%)
170	Land fields	-4.9	-4.4	-3.9
91	Offshore fields	-9.4	-9.0	-9.7

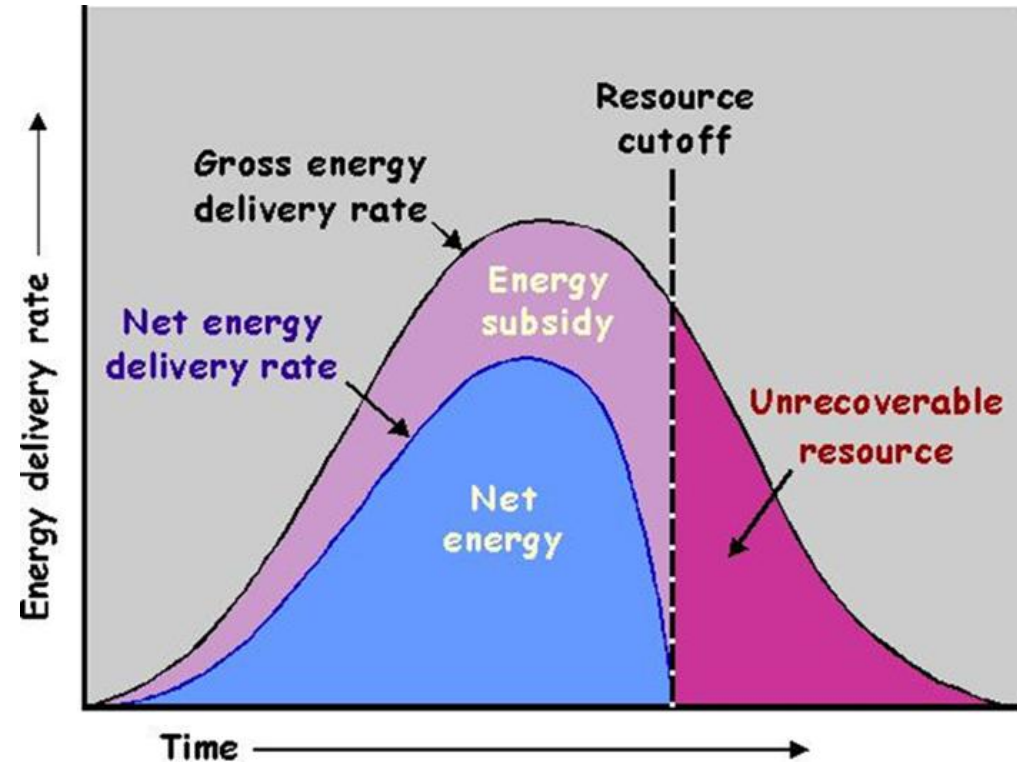
Fields that had not ended their plateau phase or were in build up phase as of the end of 2005 were excluded.

Source: Höök, M. et al: Giant oil field decline rates and their influence on world oil production .Energy Policy (2009),

Plötzlicher Cut-off ist nicht auszuschliessen – oder: Was geschieht auf der rechten Seite der Hubbert-Kurve?

Die Energiegewinnung endet, lange bevor eine Ressource erschöpft ist:

- Übersteigt der Energieeinsatz den Energieertrag, wirft die Gewinnung keinen Nettoertrag mehr ab.
- Übersteigen die Kosten den Erlös, wird die Förderung eingestellt
- Die Hoffnung, dass ein Grossteil von Öl/Erdgas/Kohle unter der Erde bleibt, ist angesichts der Verbilligung von Wind- und Solarenergie nicht falsch .

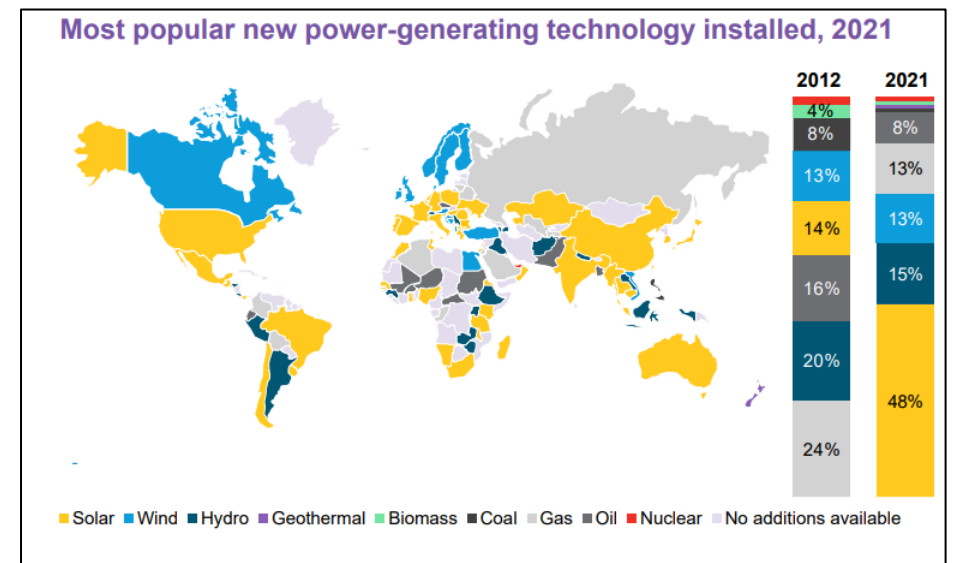
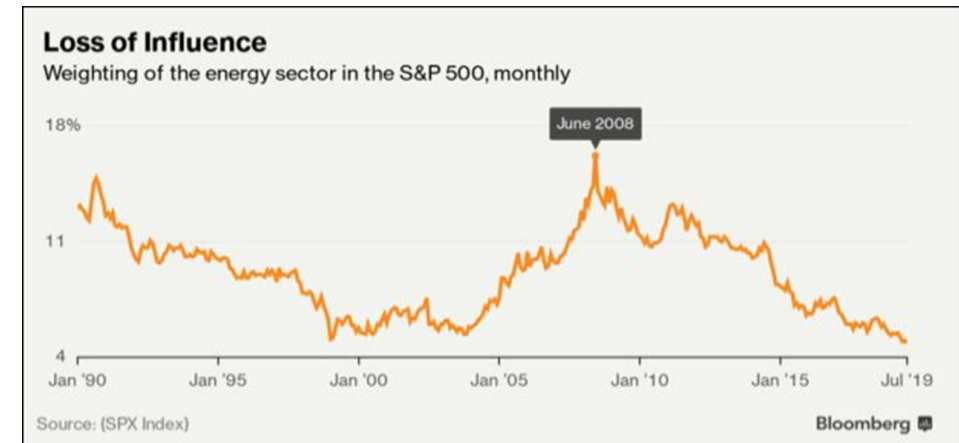


Was spricht für die These, dass viel Öl im Boden bleibt?
«die Steinzeit endete nicht aus Mangel an Steinen»....

Fossile Energie ist nicht mehr billig

	2014	2019
China	Kohle	Windkraft
USA	Gas	Windkraft
Indien	Kohle	Solarenergie
Russland	Gas	Gas
Japan	Kohle	Kohle
Deutschland	Windkraft	Windkraft
Iran	k. A.*	k. A.*
Saudiarabien	Gas	Solarenergie
Südkorea	Kohle	Kohle
Kanada	Gas	Windkraft
Brasilien	Gas	Windkraft
Südafrika	Kohle	Solarenergie
Mexiko	Gas	Windkraft
Indonesien	Kohle	Kohle
Grossbritannien	Kohle	Windkraft
Australien	Gas	Solarenergie
Türkei	Kohle	Kohle
Italien	Kohle	Solarenergie
Thailand	Kohle	Kohle
Frankreich	Kohle	Solarenergie

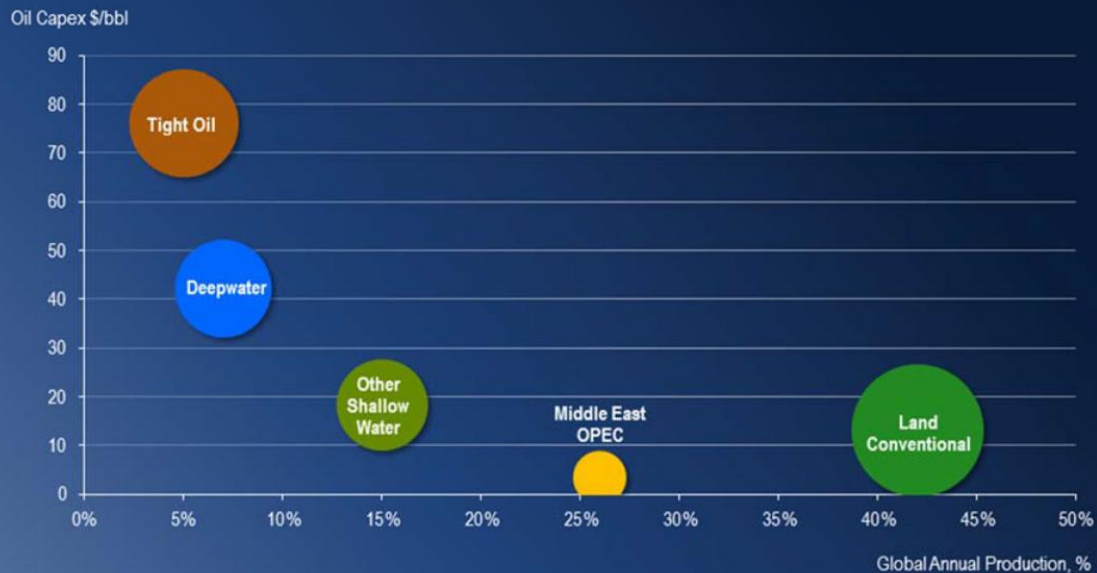
* Zu Iran gibt es bei der Quelle keine Angaben. Das Land gehört zu den 20 grössten CO₂-Emittenten.
Quelle: [BloombergNEF New Energy Outlook via Bloomberg](#) NZZ / cke.



Oil is not running out, but cheap oil is

All Resources Are Not Equal

Oil Production and Capex by Operating Environment, 2014
Bubble size represents E&P Oil Capex Billion US\$

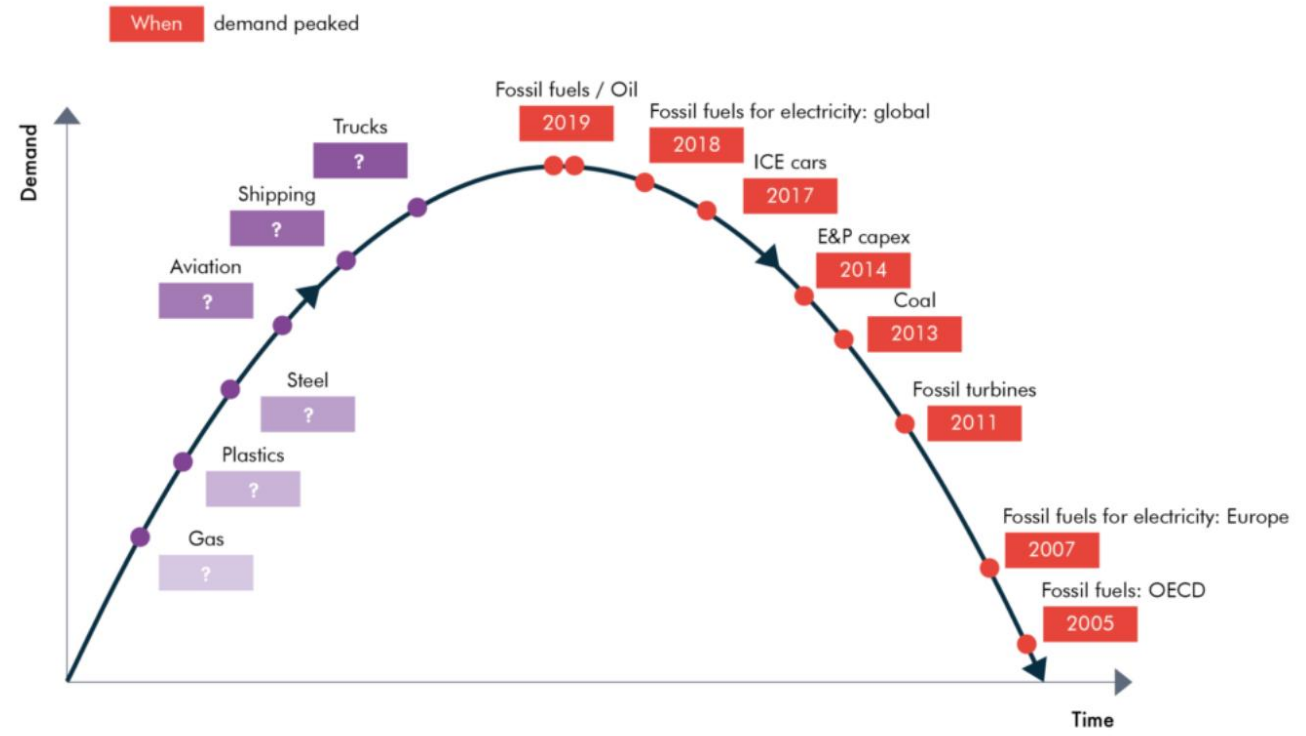


Source: Barclays, IEA, SLB Analysis
Note: Middle East OPEC: Saudi Arabia, Kuwait, UAE and Qatar

Schlumberger

8

PEAK DEMAND DETAIL



“The oil price bubble 2007-2014 created a shale oil & shale gas bubble” (Art Berman)

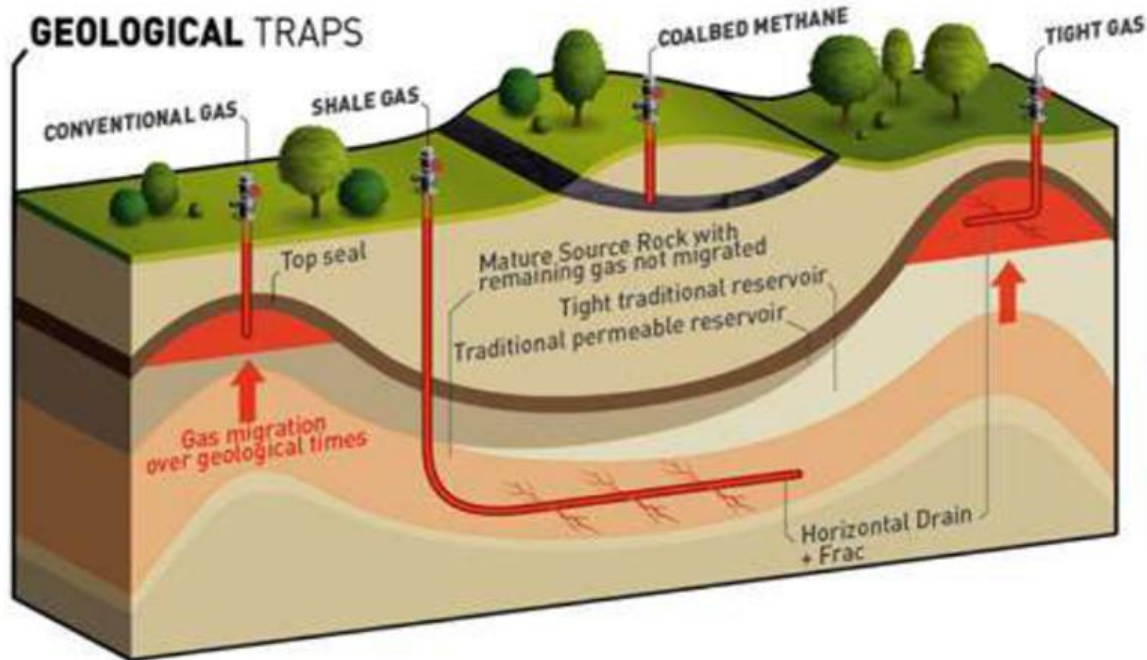


Figure 8 is a typical Bakken well decline curve and illustrates the steep decline curves that some companies were/are facing. As shown in the typical decline curve, daily oil production is greatly diminished after the first two years, and whether or not a well will be profitable has a very strong correlation to the well's IP and production decline curve. Operators may slow a well's production for operational and well/reservoir longevity reasons after establishing the IP. If drilling and subsequent completion processes were optimum, the IP would be a close approximation of what the geologic formation would be capable of producing.

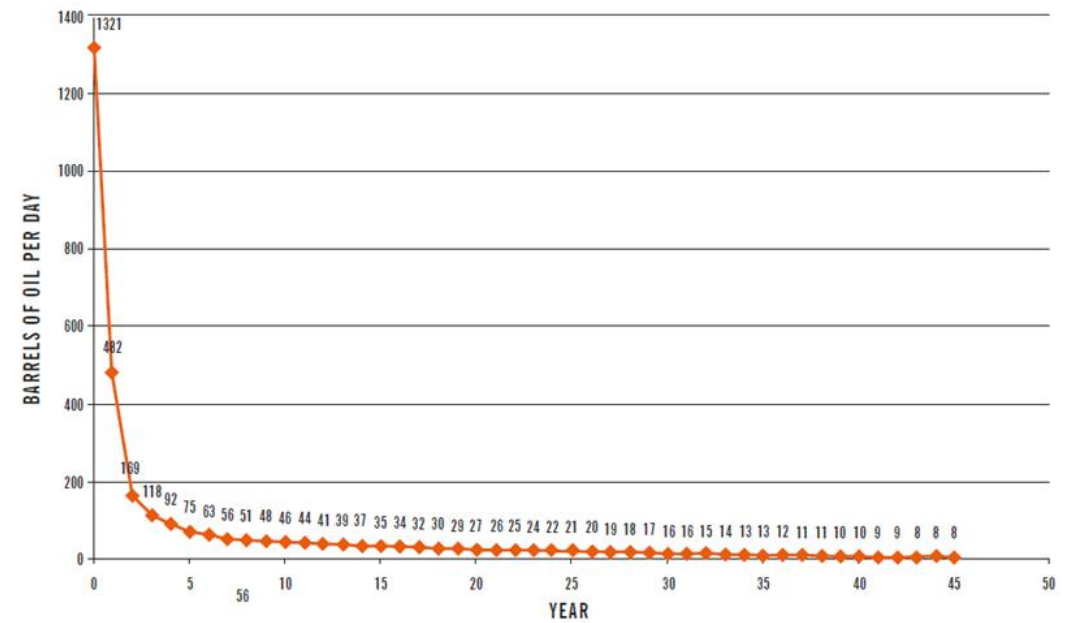


Figure 8: Typical Bakken Well Production
 Source: North Dakota Industrial Commission-Department of Mineral Resources

Fracking in USA: Raumgreifend, Methanproblematik



Probleme des Ölsektors endogen: Erschöpfung exogen: Klimaschutz + Konkurrenz neuer Energien

1. Knappheit und Erschöpfung bestehender Quellen

- Steigende Suchkosten, Förderkosten, Transportkosten, Raffineriekosten
- Steigender Energieinput pro Output

2. Klimaschutz und Luftreinhaltung

- Globale Abkommen
- Regionale Regulierungen: zB. EU mit Cap-and trade, Abgaben,
- End of pipe Massnahmen (EPA)

3. Innovation und sinkende Kosten der Alternativen

- Sonne und Wind als erneuerbare Endlosenergien
- Elektroautos und Wärmepumpen mit vernünftigen Speichern
- Energieeffizienz bei Heizungen und in der Mobilität

«Konsens-Punkte»

- **Signifikanter Abfall der Förderung vor 2050.**
- **Maximum der Ölförderung vor 2030.**
- **Langes Plateau mit Auf und Ab wahrscheinlicher als ein klarer «Peak»**
- **Ersatzlösungen bei Motorfahrzeugen können Abfall der Förderung beschleunigen.**
- **Relevant sind nicht Ölreserven, sondern «Inkubationszeit» der elektrischen Mobilität**
- **Unkonventionelles Öl kann nicht mehr sehr «billig» produziert werden**
- **Der «energy return on energy investment» fällt ab.**

Kosten der Ölförderung steigen und ermöglichen dadurch neue Techniken mit besseren Wirkungsgraden und höherer Akzeptanz.