



Knappheiten von Ressourcen

Jörn Schwarz – 25.4.2023
info@aspo-deutschland.org

2 Kurze Ergänzungen

zur Vorlesung vom 18.4.2023



Bericht des Weltklimarats (IPCC)

- letzte Veröffentlichung: April 2022

Uno-Generalsekretär António Guterres

- „Wir steuern auf einen Anstieg (der globalen Mitteltemperatur) um 2,8 °C zu die Folgen wären verheerend: mehrere Regionen unseres Planeten wären unbewohnbar, und für viele Menschen würde dies ein Todesurteil bedeuten.“

zitiert nach www.zdf.de, 4.10.2022

Anders ausgedrückt: Bei der Klimakatastrophe

- geht es um das Überleben der Menschheit!
- nicht um ökosozial-romantische Phantastereien!

Guterres weiter:

- „Investitionen in Öl und Kohle sind moralischer und wirtschaftlicher Wahnsinn.“

Aus für Öl- und Gasheizungen ab 2024

- Die Bundesregierung hat sich auf ein Verbot **neuer** Öl- und Gasheizungen ab 2024 geeinigt:
- funktionierende Heizungen müssen aber **nicht** ausgebaut werden,
- Zukünftige Heizungen sollen zu 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden, mit Ausnahmen, Übergangsfristen und Förderungen.
- ... das stand ganz ähnlich schon im Koalitionsvertrag von 2021: fossilbetriebene Heizungen sollen (bis 2045) ersetzt werden.



FDP-Heizungs-Rebell Frank Schäffler

Foto: picture alliance/dpa

<https://www.bild.de/politik/inland/politik-inland/lindners-fdp-retter-von-millionen-heizungen-oder-bloss-maulhelden-83660520.bild.html>

Frank Schäffler zum Gebäudeenergiegesetz (GWG)

- „... ein Angriff auf das Eigentum der Menschen,“
- Die FDP müsse „an der Seite derjenigen stehen, die Eigentum besitzen“.
- „Das Heizungsverbotsgesetz von Robert Habeck ist ökonomischer Unsinn, es ist aber auch technisch in weiten Teilen nicht umsetzbar.“



Frank Schäffler

Foto: picture alliance/dpa

<https://www.bild.de/politik/inland/politik-inland/lindners-fdp-retter-von-millionen-heizungen-oder-bloss-maulhelden-83660520.bild.html>

Frank Schäffler ist nicht nur „Heizungsrebell“, sondern auch:

- Geschäftsführer u. Autor des „Prometheus-Instituts“
- Prometheus (gr. Mythologie): der Vorausdenkende, Vordenker: hat den Menschen das Feuer gebracht (vorher gestohlen)

Lobbypedia:

- Prometheus-Inst.: Teil des „Atlas-Netzwerks“, **finanziert u. a.** von
 - Exxon Mobile,
 - Koch Industries (zweitgrößtes US-Privatunternehmen, fossile Energie), unterstützt PR von Politik, Denkfabriken, Verbände **gegen** Umweltauflagen, Steuern, Dekarbonisierung
- Schäffler ist/war u. a. in folgenden Organisationen tätig
 - Friedrich A. von Hayek-Gesellschaft / -Stiftung*
 - Ludwig von Mises Institut*, Autor
 - Stiftung Fonds zur Finanzierung der kerntechnischen Entsorgung
 -

* [neoliberal und marktradikal](#)

https://lobbypedia.de/wiki/Frank_Sch%C3%A4ffler



Frank Schäffler

Foto: picture alliance/dpa

<https://www.bild.de/politik/inland/politik-inland/lindners-fdp-retter-von-millionen-heizungen-oder-bloss-maulhelden-83660520.bild.html>

Naheliegende Vermutung

- Schäffler vertritt die Interessen der fossilen Industrie
- von denen das „Prometheus-Institut“ u. a. finanziert wird

Schäffler verwendet

- ökonomische Argumente „abseits der Klimakrise“



SO – 17.3.2023

Abschlussdokument des Weltklimarates

Wer für E-Fuels und Gasheizungen ist, sollte diesen Bericht lesen

Ein Gastbeitrag von Niklas Höhne



Zum sechsten Mal tragen Forscher das Wissen zum Klimawandel zusammen. Wie bedrohlich die Szenarien sind, haben viele Politiker noch nicht verstanden. Besonders die Verfechter des Marktes liefern zu wenige Lösungsideen.

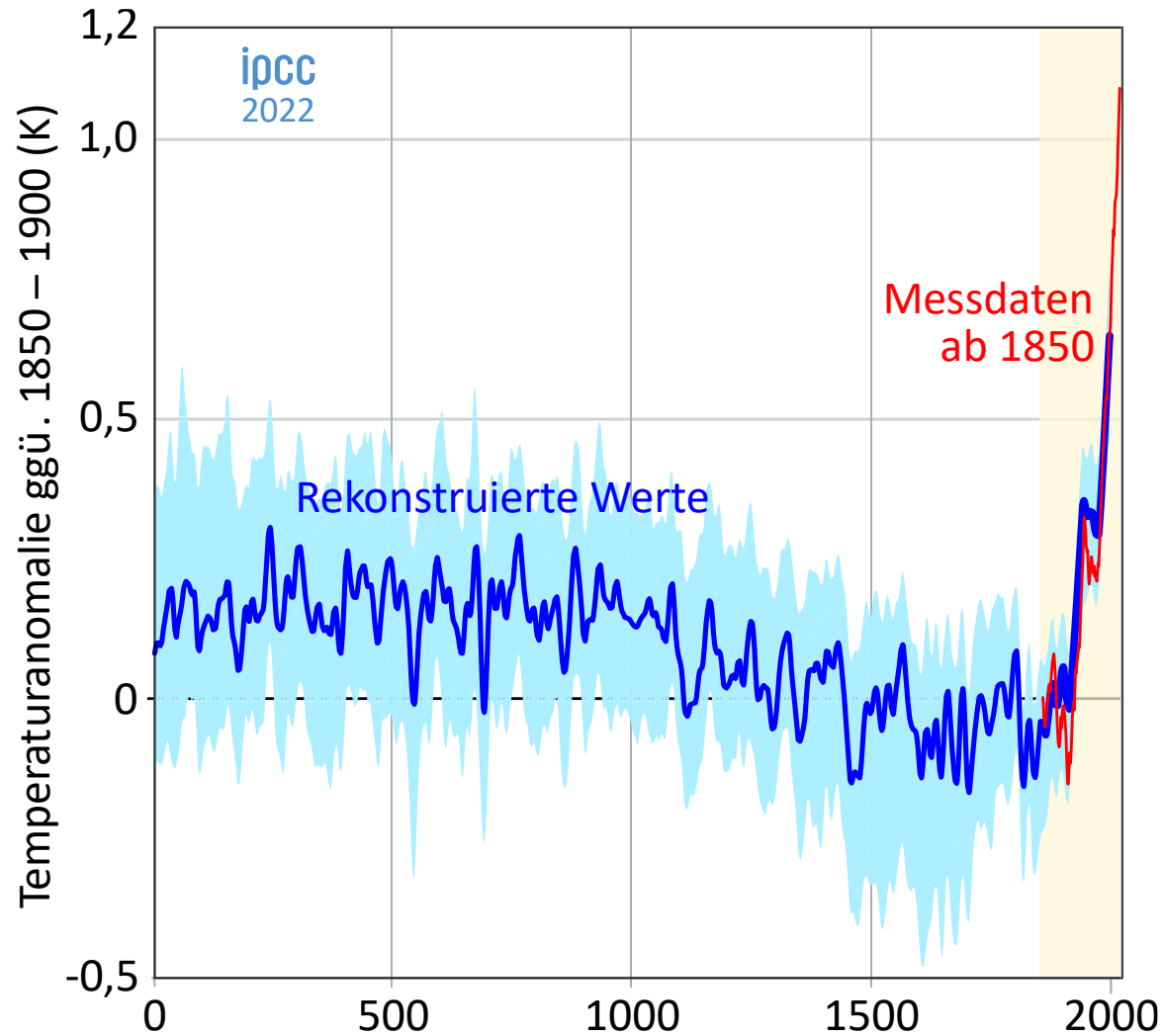
**Gastbeitrag von Niklas Höhne, IPCC Lead Author
Uni Wageningen, Niederlande**

- *„Das Szenario ohne Klimaschutz ist keine Option mehr, da wir als Gesellschaft **nicht überleben** würden.“*
- *In dieser Zukunft*
 - *würde eine Kaskade von Kipppunkten im Klimasystem angestoßen,*
 - *wären die Veränderungen so gravierend, dass eine Anpassung an den Klimawandel **unmöglich** wäre.*
- *Diese fundamentale Bedrohung scheint jedoch von weiten Teilen der Gesellschaft **und der Politik** nicht verstanden zu sein.*
- *Die erklärten Verfechter des Marktes halten sich mit konkreten Vorschlägen zurück und argumentieren **abseits der Klimakrise.**“*

Schwankungen der solaren Intensität

2020 Jahre Temperatur-Veränderung

Globale Oberflächentemperatur im Dekaden-Durchschnitt

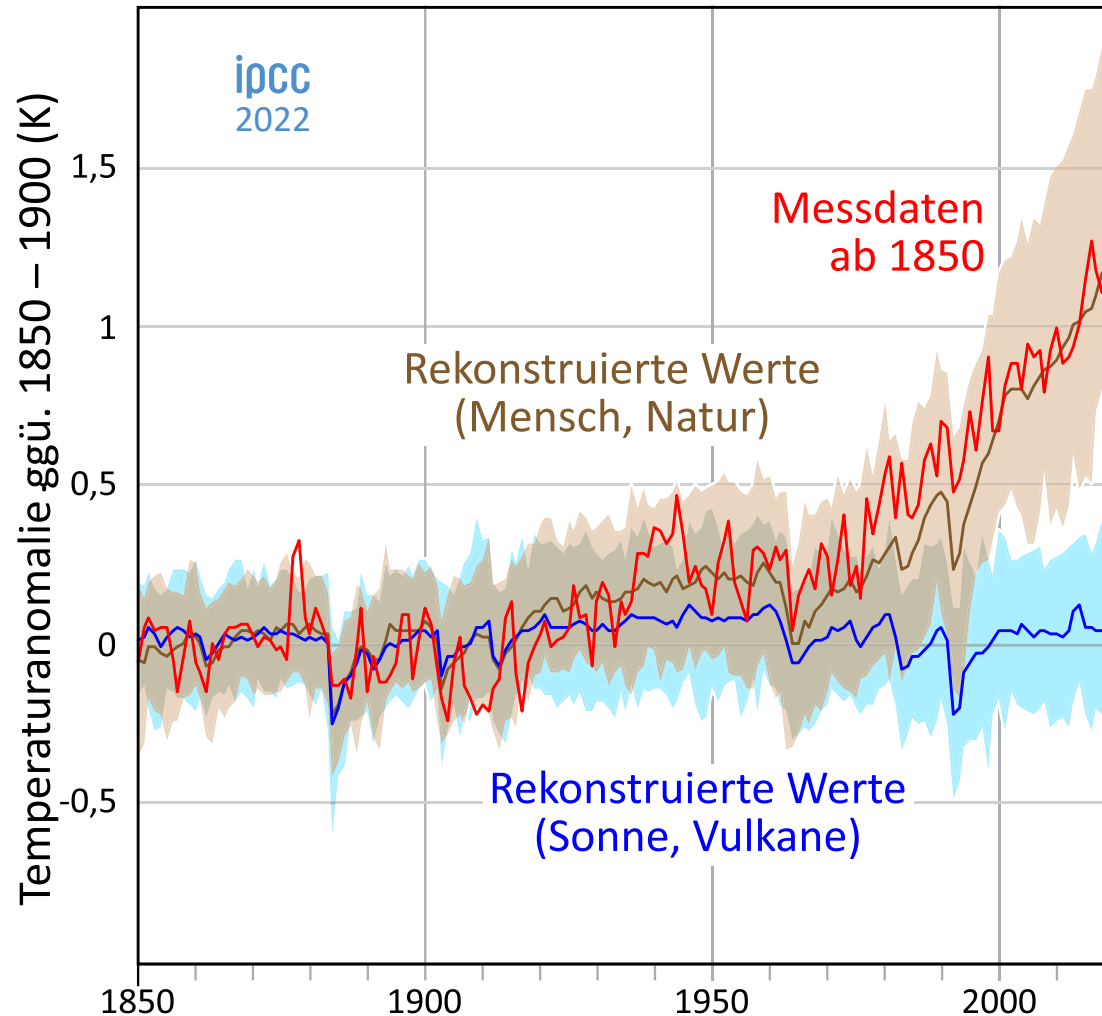


Außerordentlicher Temperaturanstieg

- im letzten Zehntel →

170 Jahre Temperatur-Veränderung

Globale Oberflächentemperatur im Dekaden-Durchschnitt



Gute Übereinstimmung

- zwischen **Messdaten** und aufgrund der Aktivität von **Mensch + Natur** rekonstruierten Werten

Rekonstruierte Werte (Sonne, Vulkane)

- liegen weit niedriger
- deren Einfluss kann den gemessenen Temperaturanstieg daher nicht verursacht haben

Knappheit von Ressourcen

Vorbemerkungen



„Wir machen die Erfahrung
von Abhängigkeiten und Knappheiten
von Ressourcen,
von denen wir früher dachten,
dass sie uns *unendlich* zur Verfügung stehen.

Da geht es

um stabile Klimaverhältnisse,

um **Energieträger**,

um **Rohstoffe**.“

»Leben und Überleben«

Jan. 2020, Weltwirtschaftsforum in Davos



»Die Einhaltung des Pariser Abkommens könnte eine Frage des **Überlebens** für den ganzen Kontinent sein.«

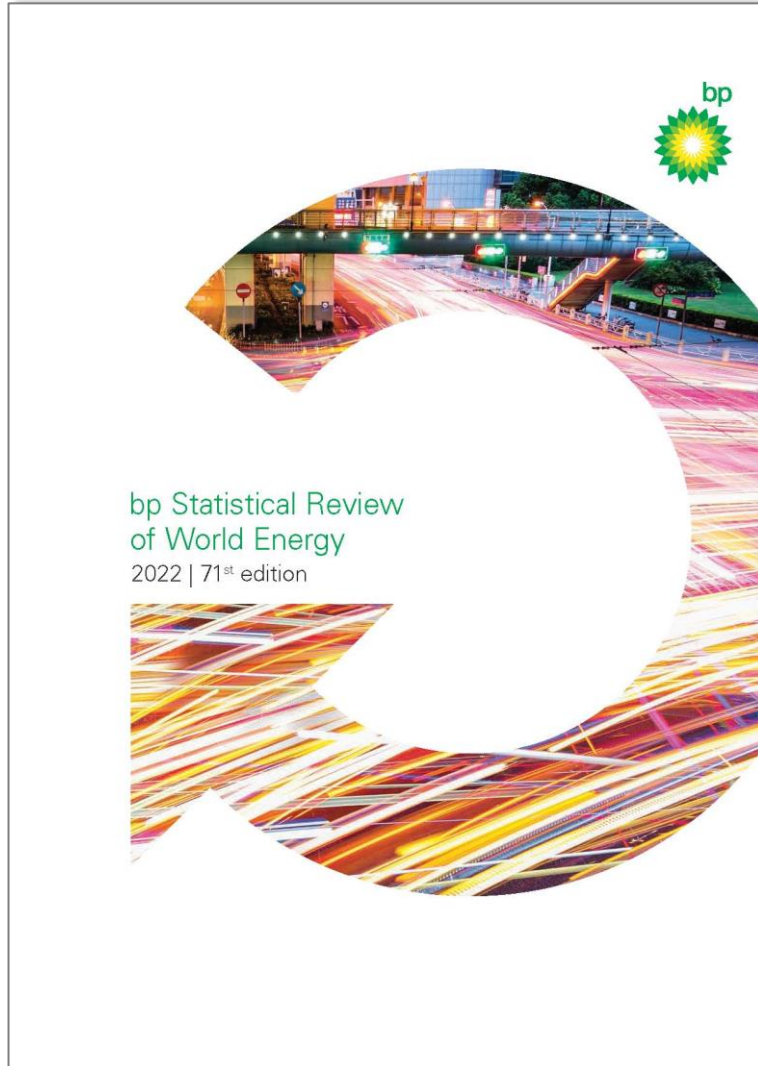
»Die gesamte Art des **Wirtschaftens** und des **Lebens**, wie wir es uns angewöhnt haben, **werden** wir in den nächsten 30 Jahren verlassen.«

.... nicht „müssen“ oder „sollten“, sondern „**werden** wir verlassen“!

Entweder freiwillig oder unfreiwillig!

Globale Förderung von Kohlenwasserstoffen

1. BP Statistical Review of World Energy 2022
2. BGR Energiestudie 2021
3. IEA World Energy Outlook 2022

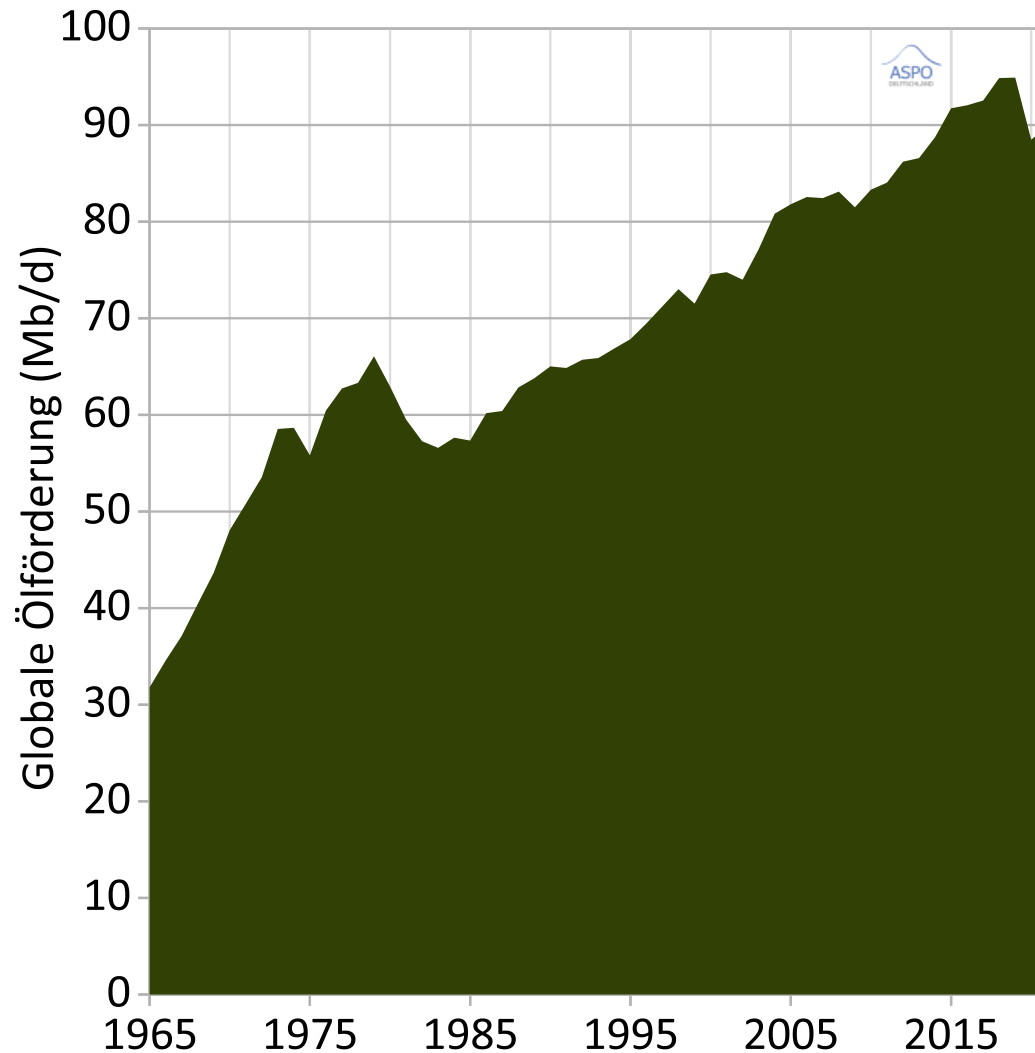


Ölförder- und reservedaten

- für alle Förderländer und Regionen
- 60 Seiten
- Juni 2022
- wenig aussagekräftige Grafiken
- wichtigste Daten in *unübersichtlichen* Tabellen
- Tabellen auch als *.xlsx veröffentlicht

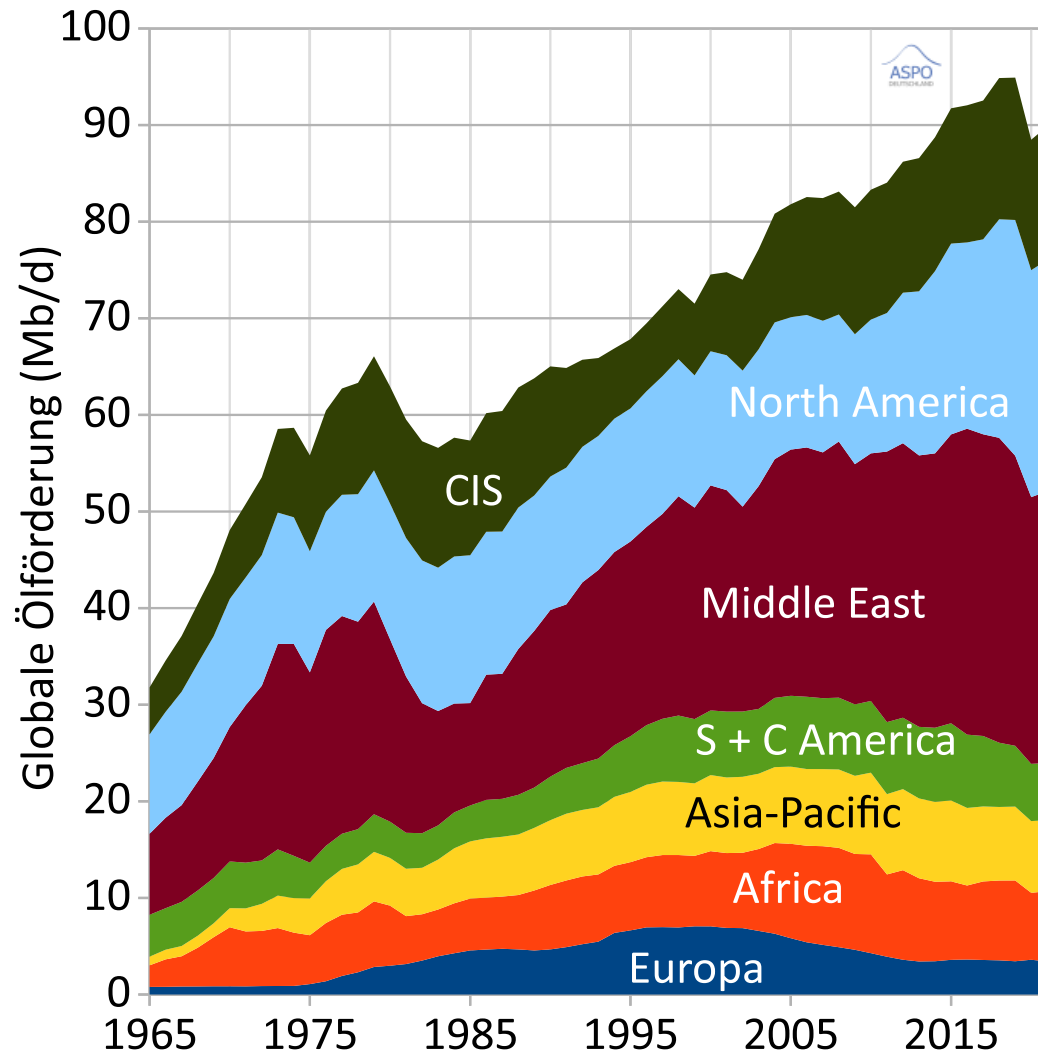
Globale Ölförderung – gesamt

1965 – 2021 / BP Statistical Review of World Energy



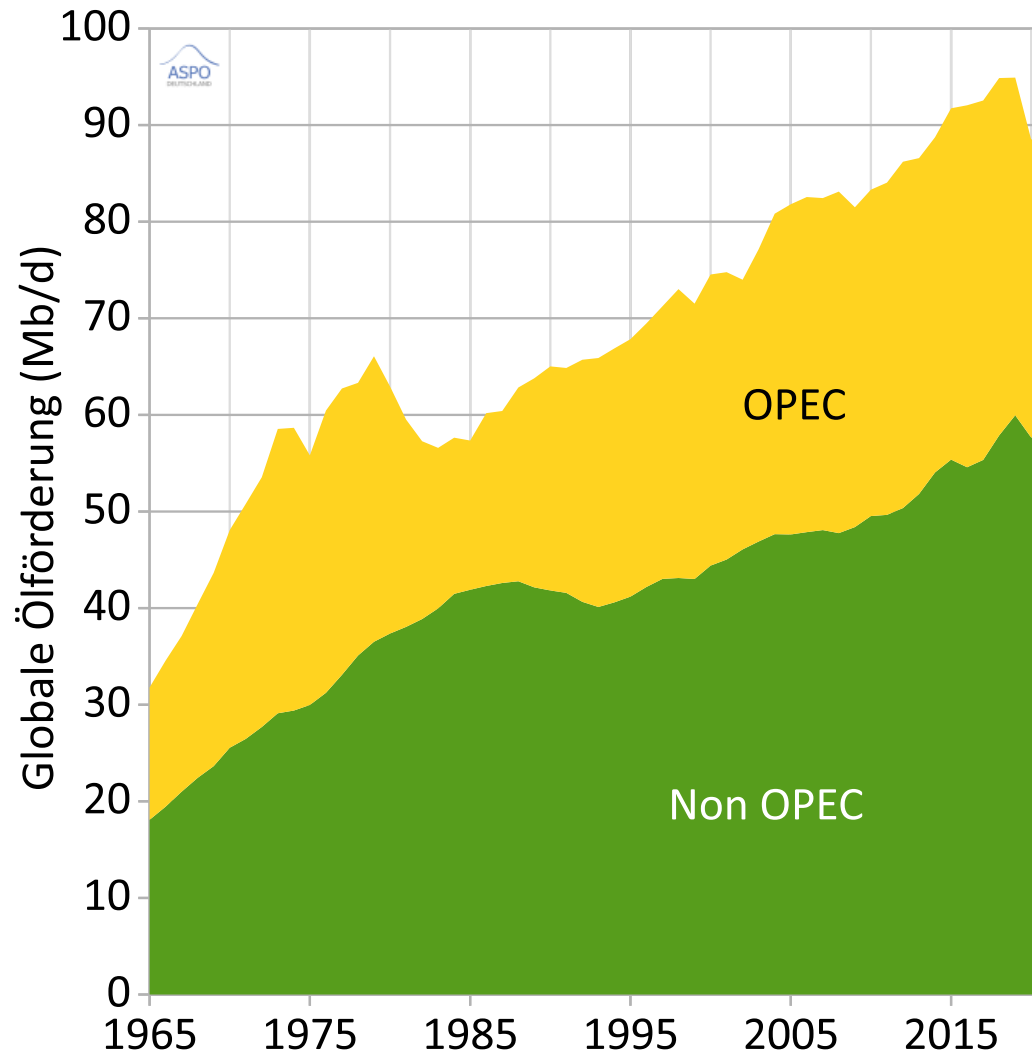
Alle 56 Ölförder-Staaten

- 1979 – 1984: starker Förderrückgang
- 2018 – 2019: Peak der globalen Förderung
- 2020: deutlicher Förderrückgang
- 2021: geringer Förder-Wiederanstieg



Förderregionen

- Middle East
 - 2021: Anteil an globaler Förderung = 31 %
- Nord-Amerika
 - 2021: Anteil an globaler Förderung = 27 %

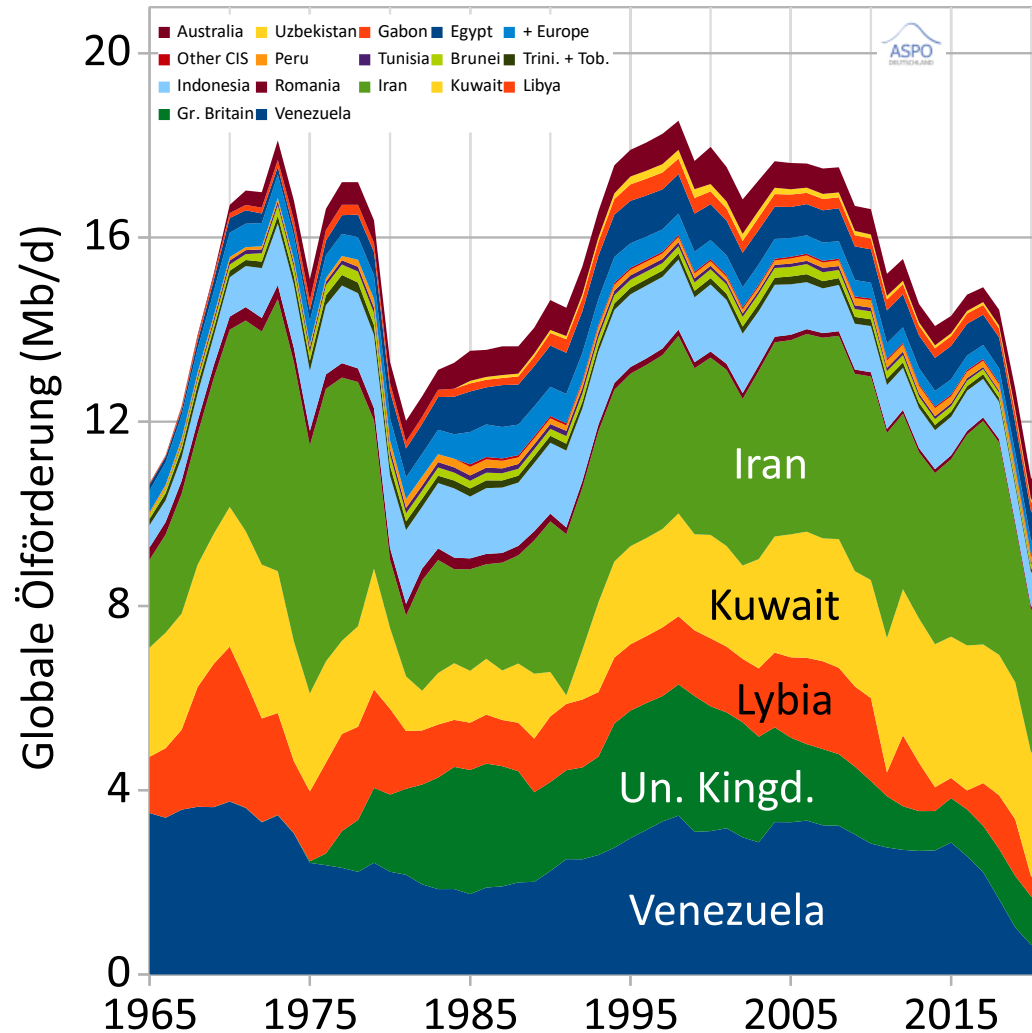


Förderregionen

- Non-OPEC dominiert, geringer Förderrückgang nach 2019
 - 2021: Anteil an globaler Förderung = 65 %
- OPEC: stärkerer Förderrückgang nach 2019

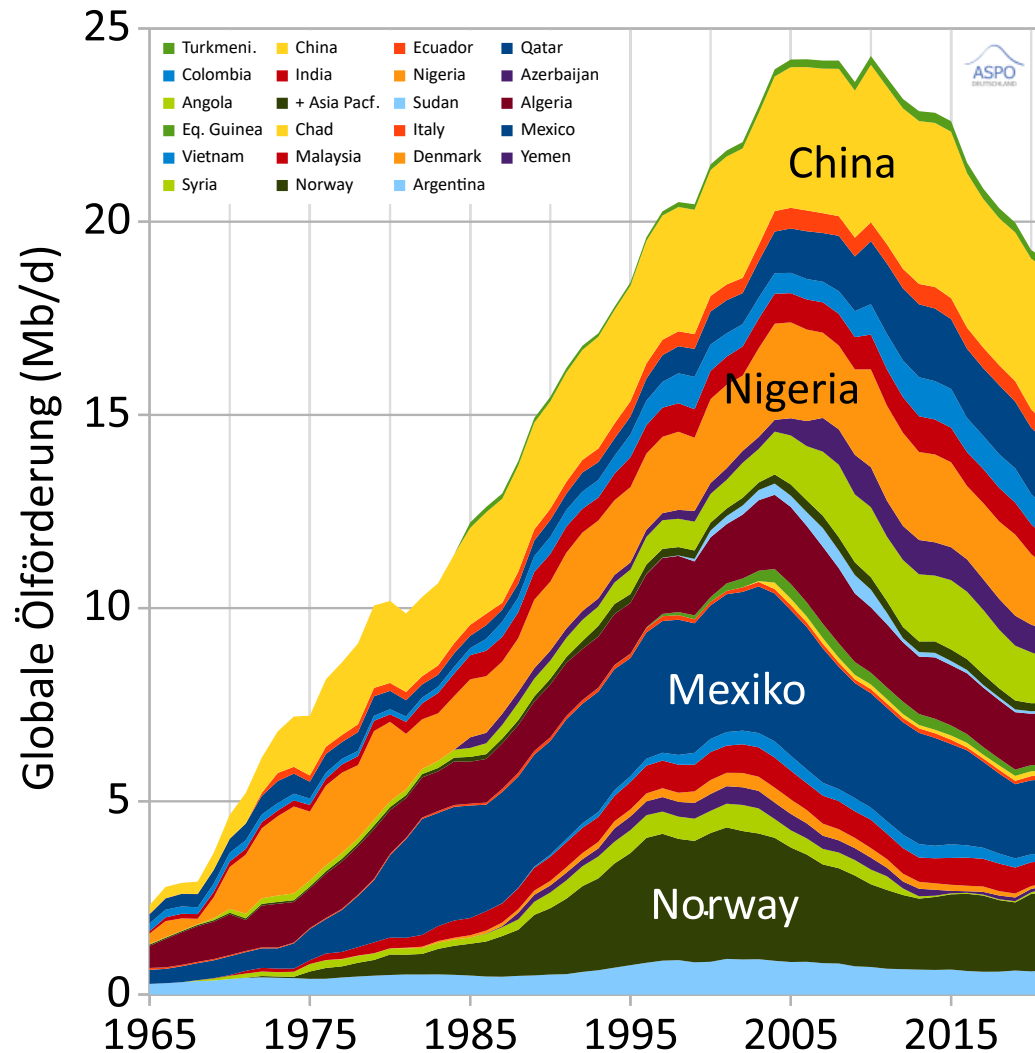
Globale Ölförderung – nach Ländern 1

1965 – 2021 / BP Statistical Review of World Energy



17 Länder mit Ölfördermaximum (Peak Oil) bis 2000

- 1998: Gesamt-Peak
- ab 2008: deutlicher Förderrückgang mit Wiederanstieg nach 2014
- 2021: Förder-Wiederanstieg
- 2021: Anteil an globaler Förderung = 13,2 %

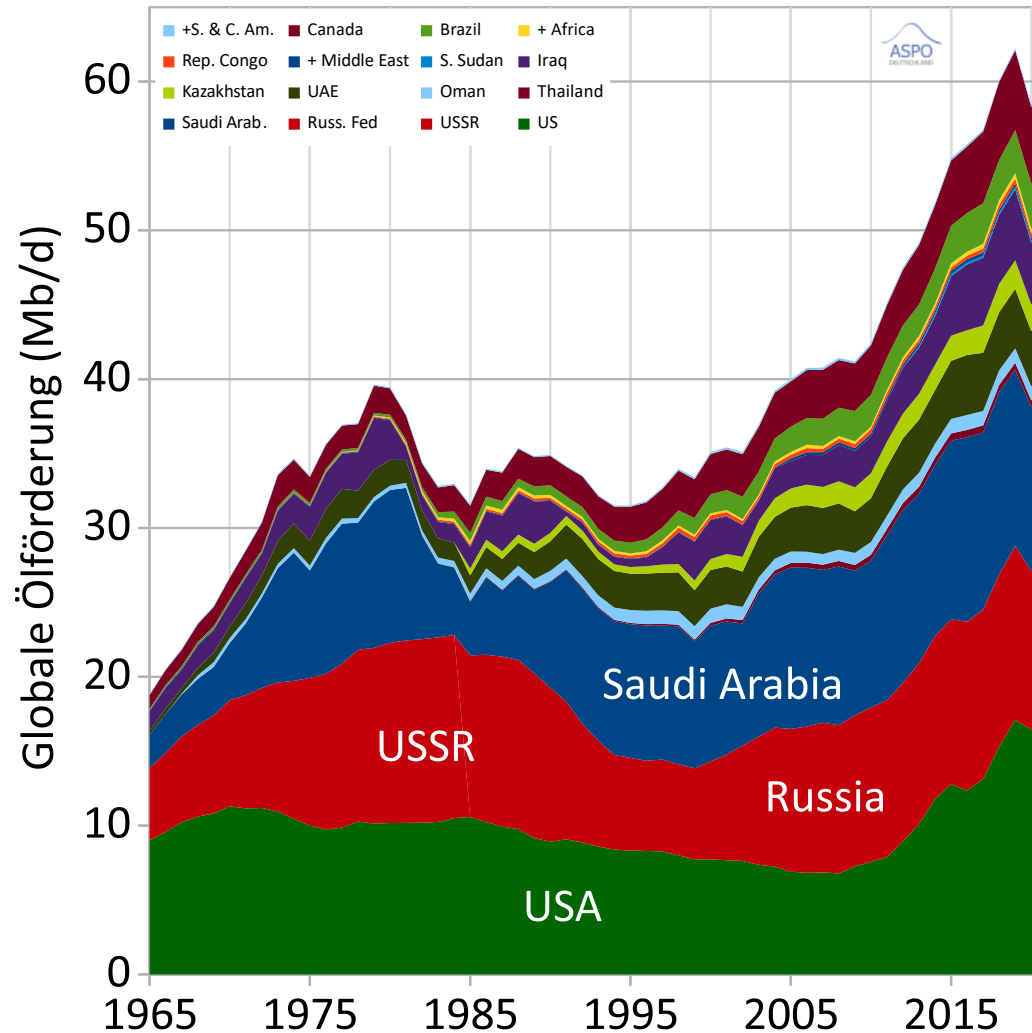


23 Länder mit Peak Oil bis 2015

- 2005 – 2010: gemeinsamer Peak
- danach: deutlicher Förderrückgang
- kein Förder-Wiederanstieg 2021
- 2021: Anteil an globaler Förderung = 21,1 %

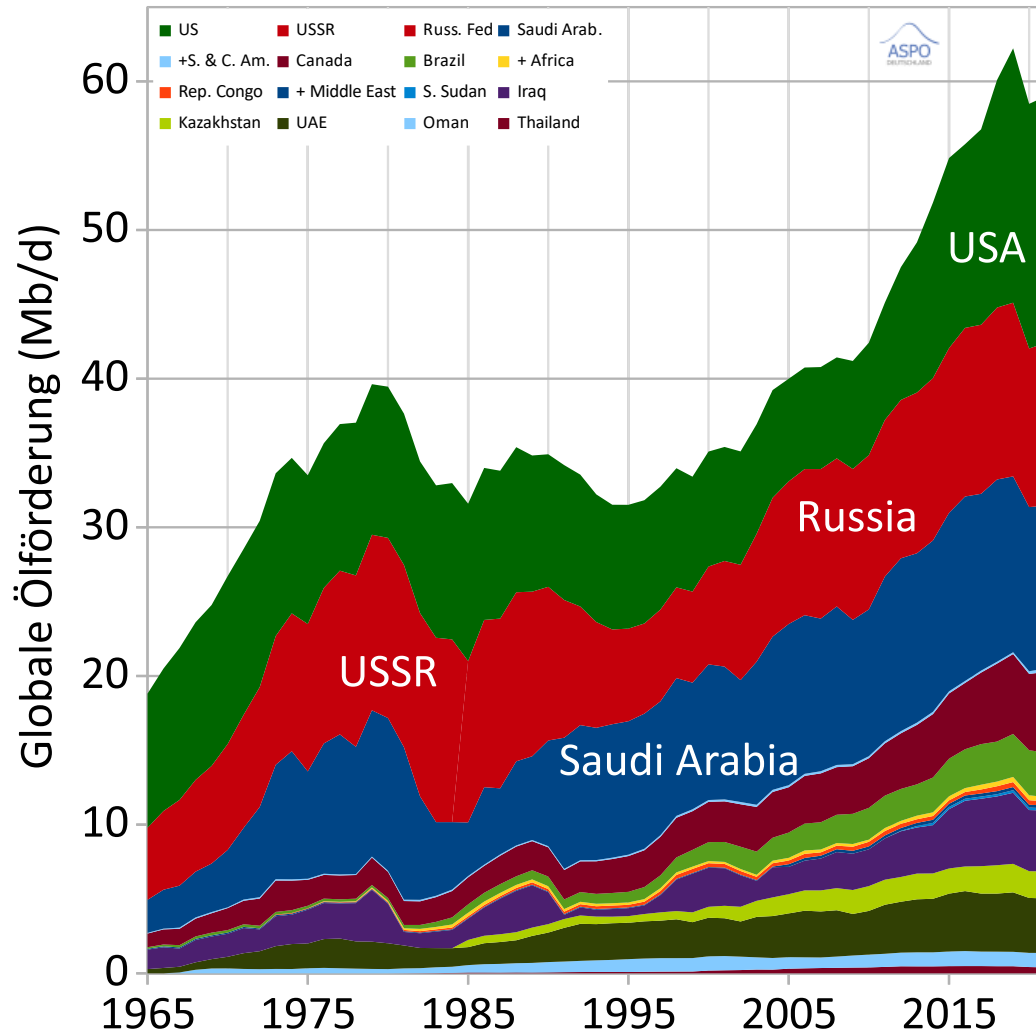
Globale Ölförderung – nach Ländern 3

1965 – 2021 / BP Statistical Review of World Energy



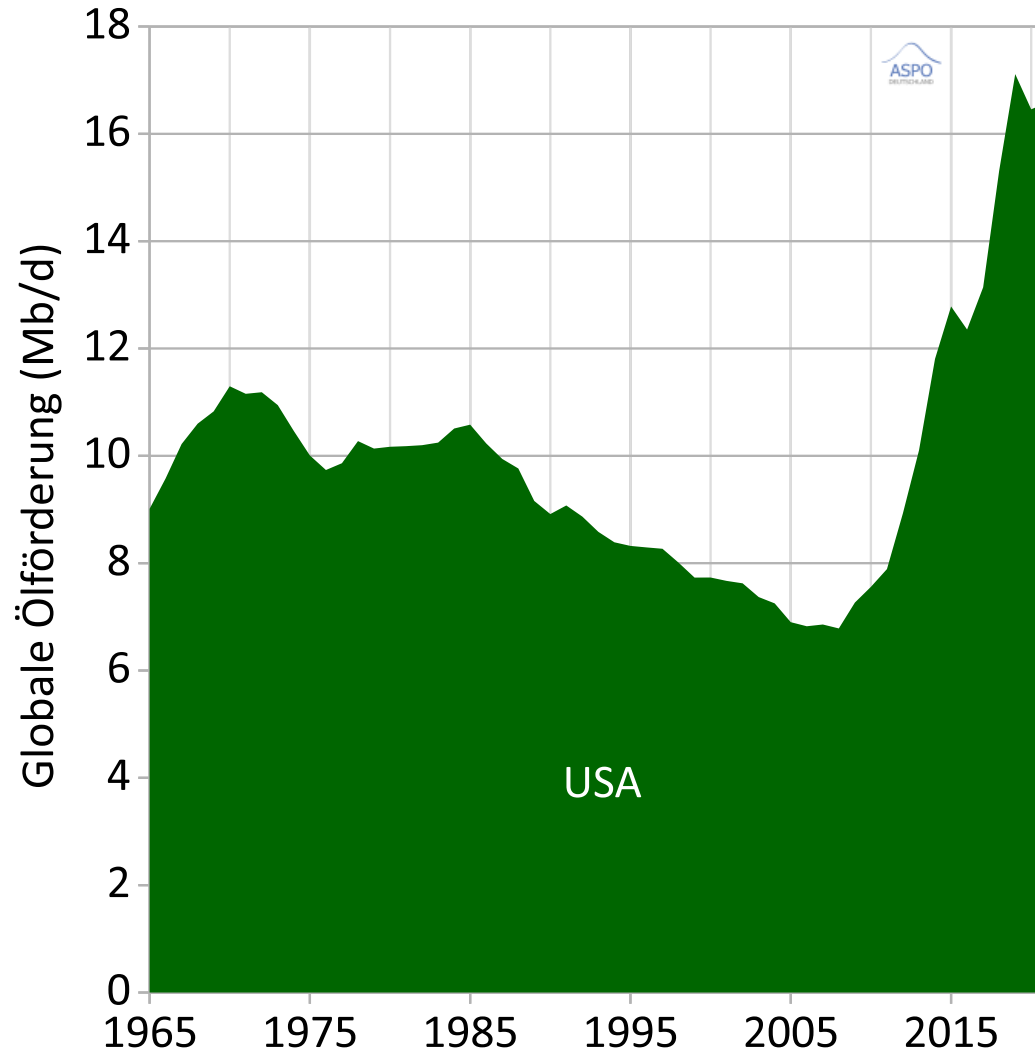
16 Länder mit Peak Oil nach 2015

- 2019: vorläufiger (?) Peak
- geringer Förder-Wiederanstieg 2021
- 2021: Anteil an globaler Förderung = 65,6 %



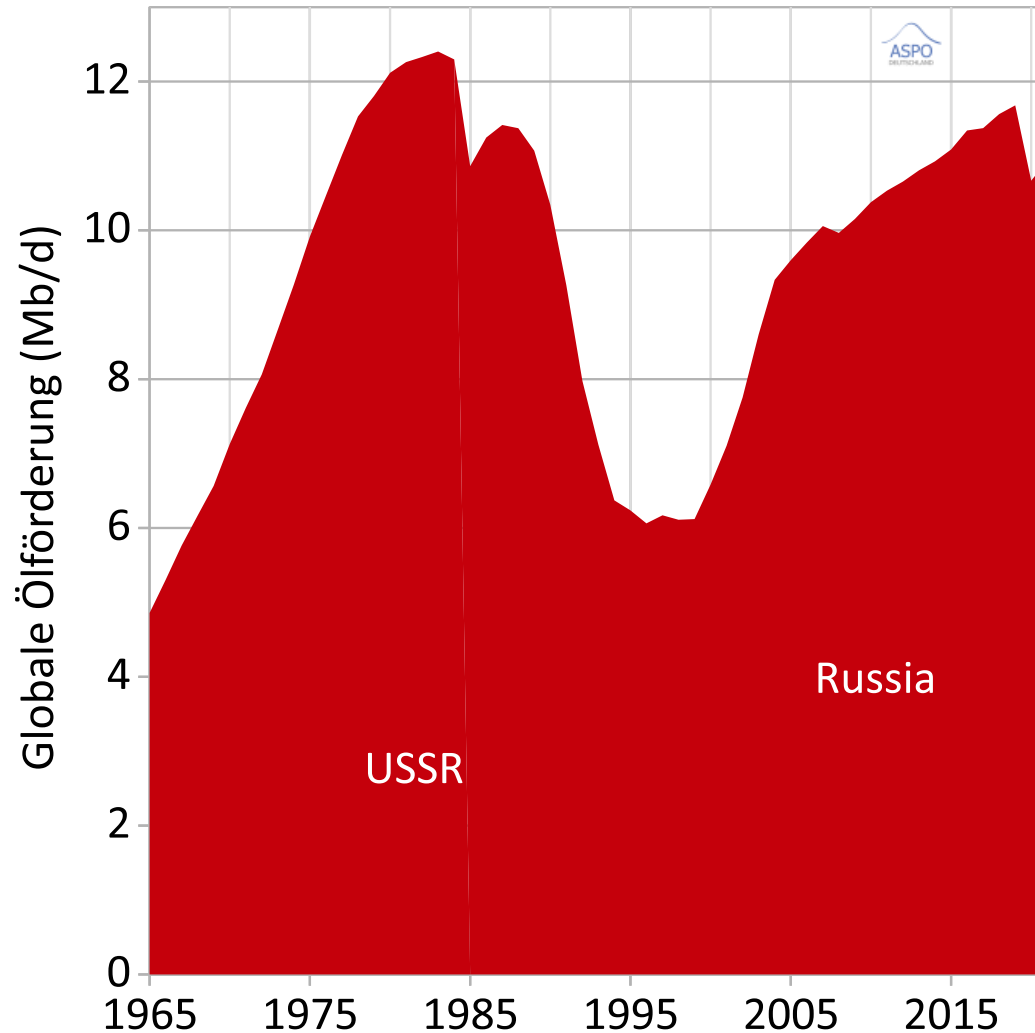
16 Länder mit Peak Oil nach 2015

- 2019: vorläufiger (?) Peak
- geringer Förder-Wiederanstieg 2021
- 2021: Anteil an globaler Förderung = 65,6 %
- Detail-Betrachtung der drei Größten →



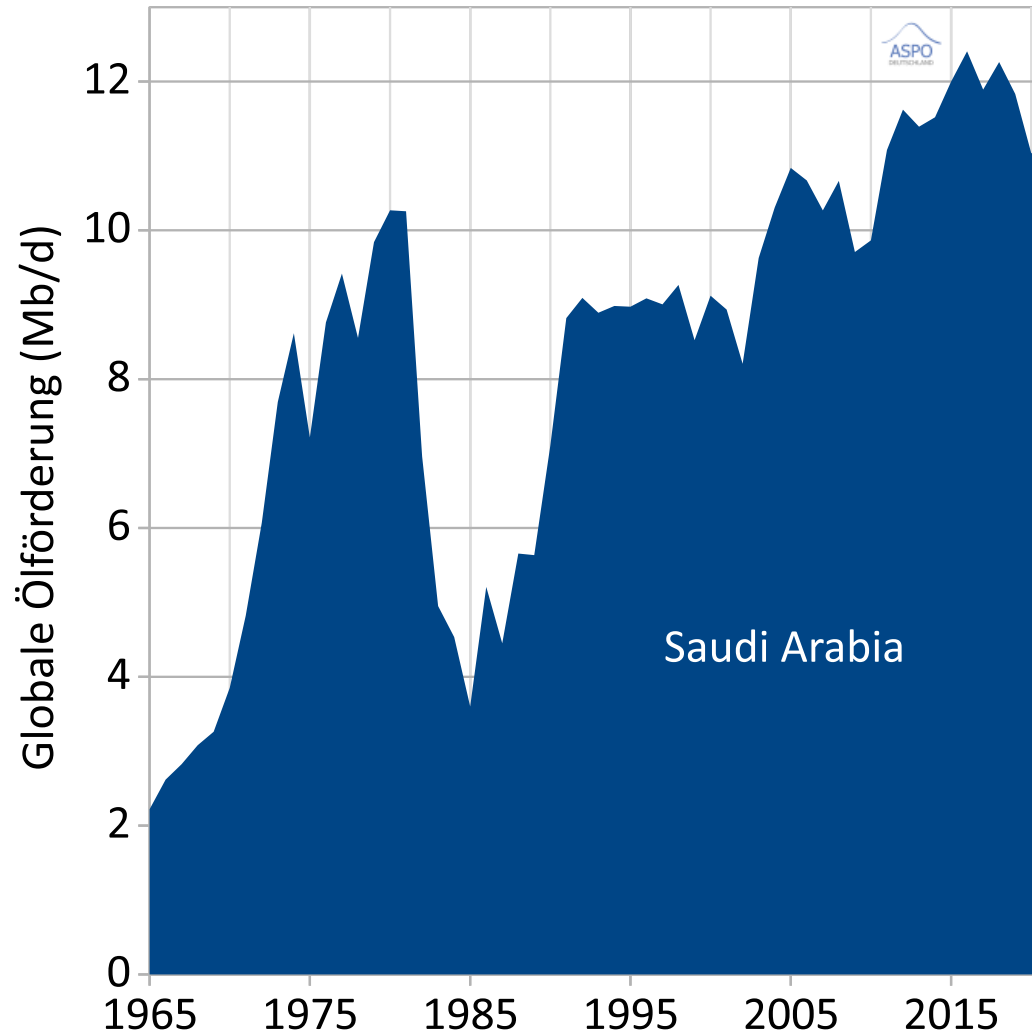
USA

- 1970: Peak der konventionellen Förderung
- dann Rückgang (mit kurzer Stagnation) bis 2008
- danach: steiler Anstieg bis 2019 durch Fracking (mit kurzem Rückgang 2016)
- 2019: vorläufiger Peak
- 2021: Anteil an globaler Förderung = 18,5 %



UdSSR und Russland

- 1983: Peak Oil
- nach 1984: deutlicher Förderrückgang
- nach 1990: sehr starker Förderrückgang mit anschließender Stagnation bis 1999
- danach: Wiederanstieg der Förderung
- 2019: Förderrückgang
- 2021: geringe „Erholung“
- 2021: Anteil an globaler Förderung = 12,2 %

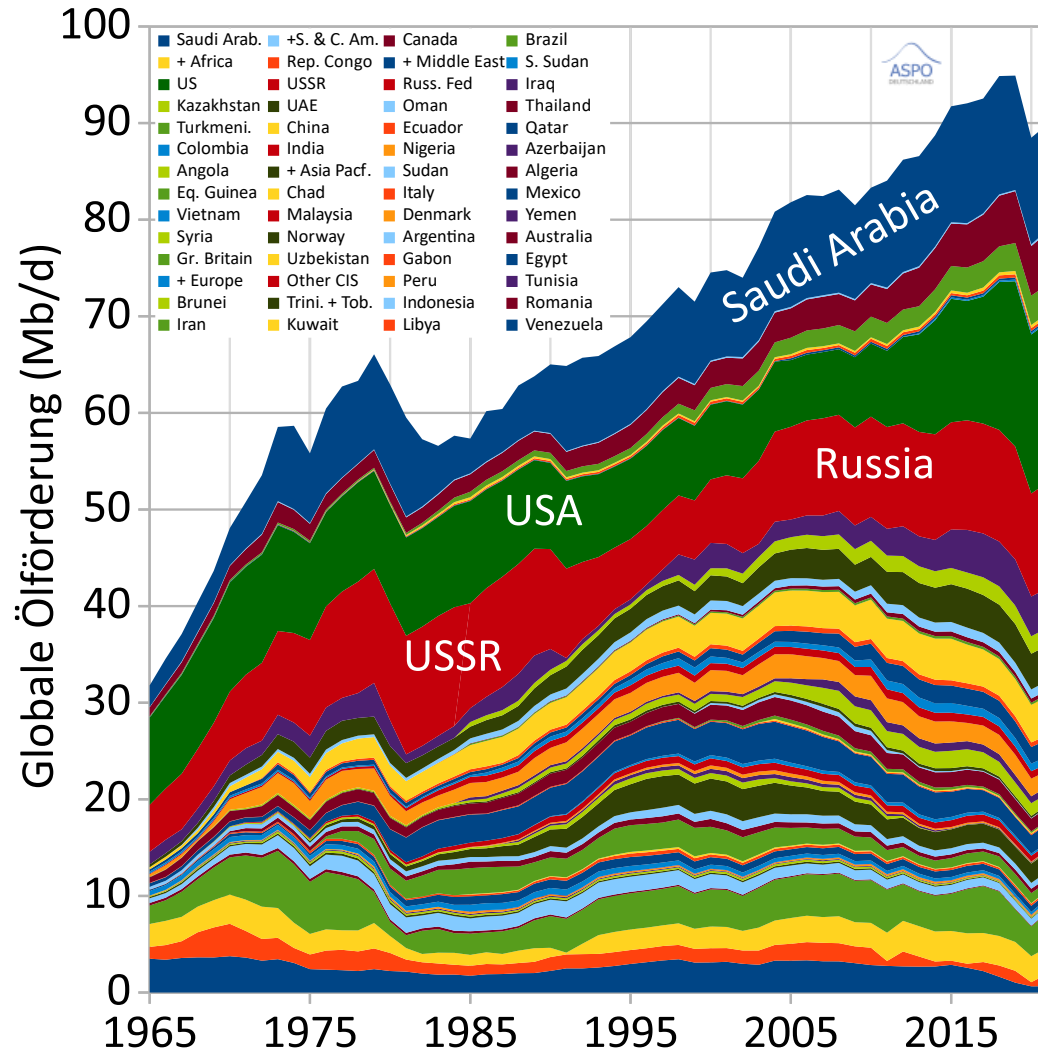


Saudi Arabia

- 1981 – 1985: deutlicher Fördereinbruch
- Wiederanstieg bis 1992, gefolgt von Stagnation
- danach: Wiederanstieg der Förderung

Peak 2016

- 2020: Förderrückgang
- 2021: sehr geringe „Erholung“
- 2021: Anteil an globaler Förderung = 12,2 %



Alle 56 Förderstaaten nach Jahr des Peak

- 1979 – 1983: deutlicher Fördereinbruch
- danach Wiederanstieg mit Schwankungen
- 2018 – 2019: vorläufiger (?) Peak
- 2020: Förderrückgang
- 2021: geringe „Erholung“ der Förderung

Ölsorten nicht gesondert ausgewiesen

- Schieferöl: durch Fracking in den USA seit Anfang der 2000er Jahre
- NGL: Abfallprodukt bei der Erdgasförderung
- Schweröl: Venezuela
- Ölsande: Kanada
- Biokraftstoffe: Ölersatz

→ **Energiestudie der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe**

Zukünftige globale Ölförderung

Historische Förderdaten gemäß BGR
und Förderszenarien gemäß
World Energy Outlook 2021 und 2022 der IEA



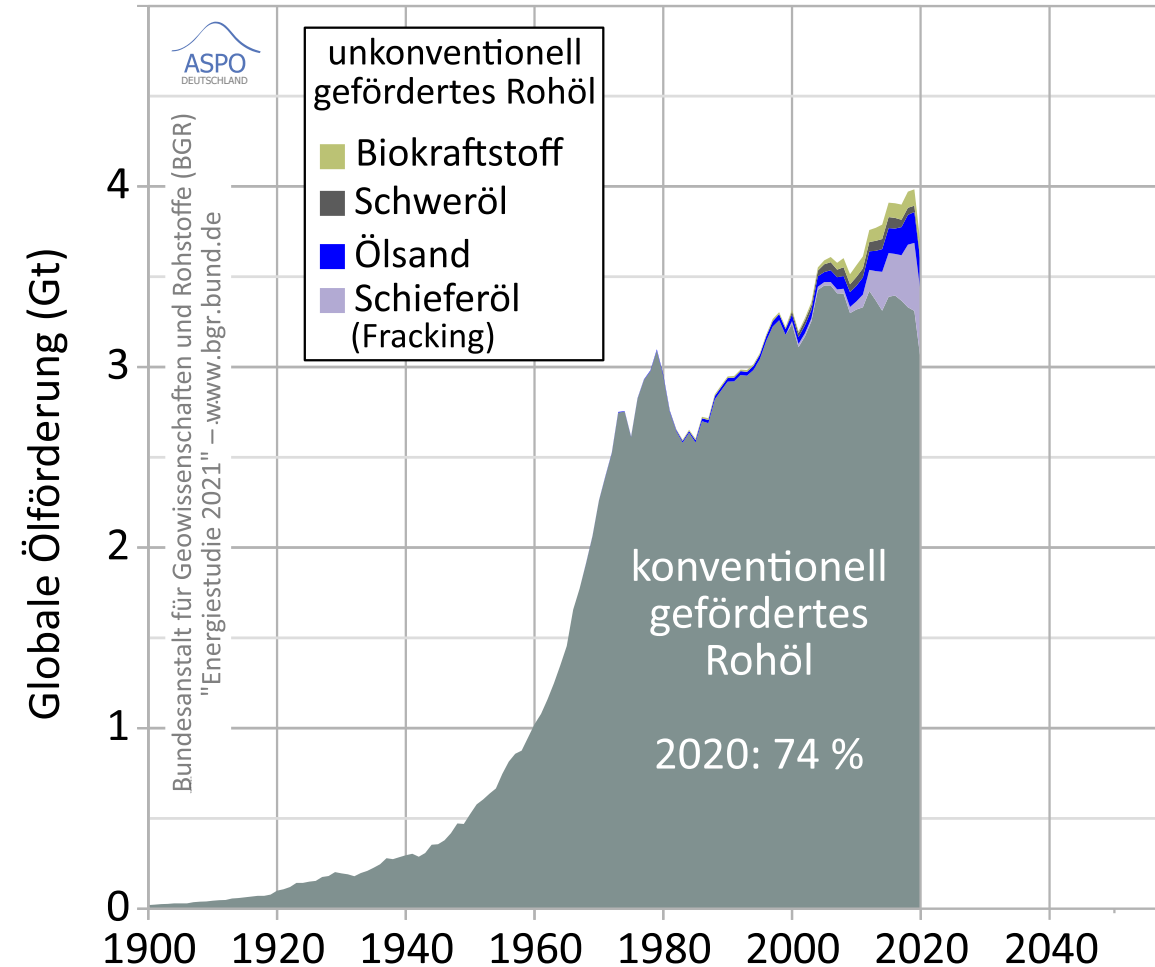
Inhalt

Energiesituation in Deutschland

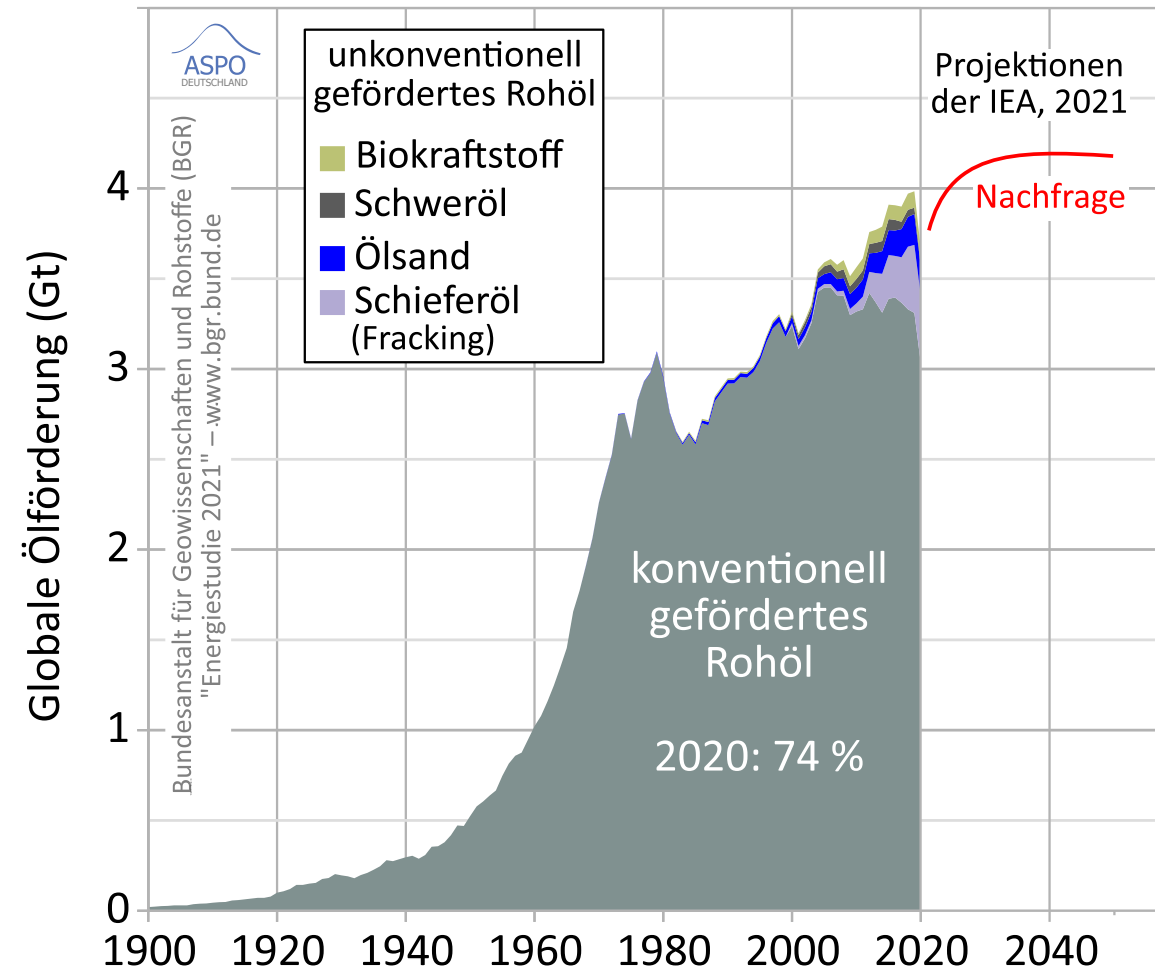
- Erdgas
- Erdöl
- Erneuerbare
- Geothermie
- Kernbrennstoffe
- Kohle
- Wasserstoff

Energierohstoffe weltweit

- Erdgas
- **Erdöl**
- Erneuerbare
- Geothermie
- Kernbrennstoffe
- Kohle
- Wasserstoff



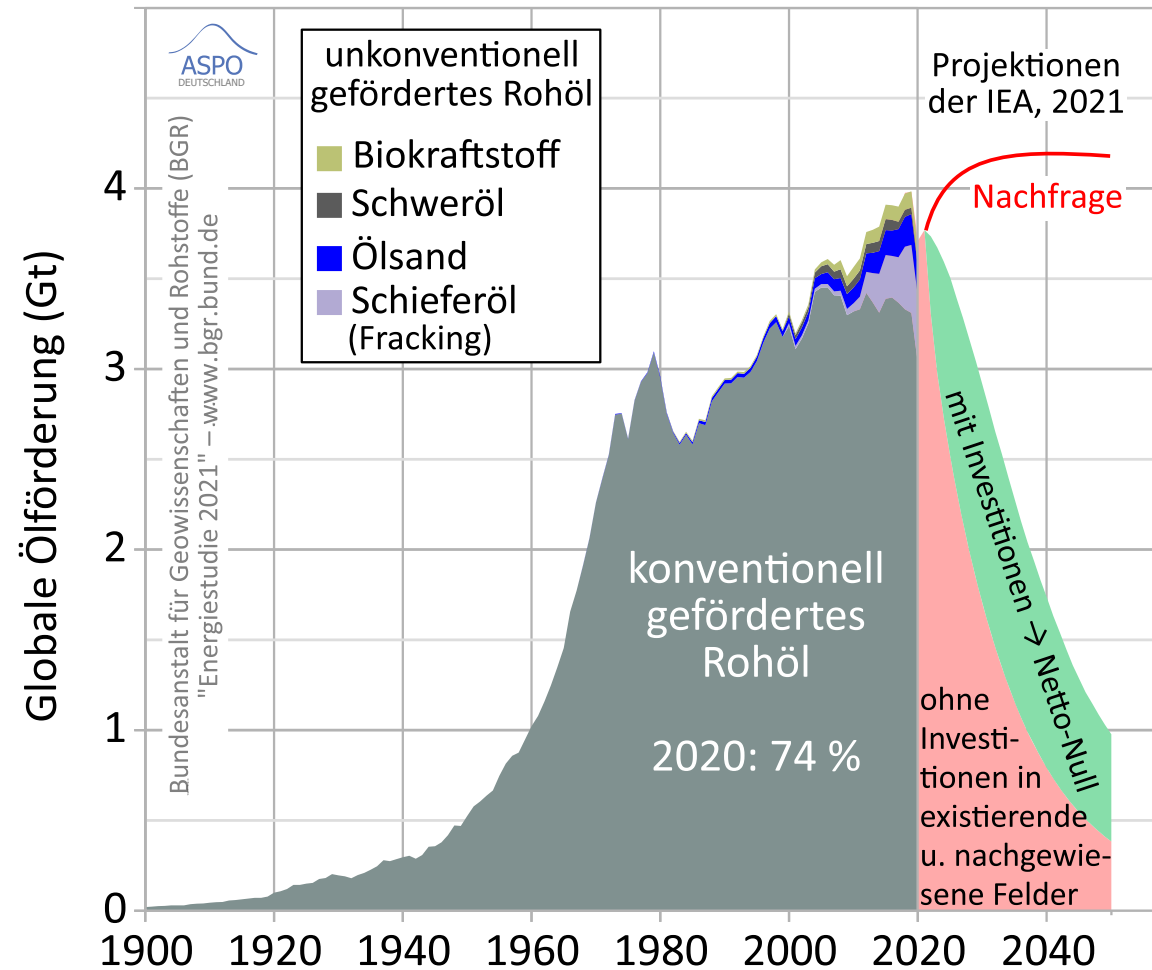
- Förderhöhepunkt (Peak Oil) konventionell geförderten Öls war \approx 2005
- Ausweitung der globalen Förderung danach durch unkonventionell geförderte Öle
- Wie geht es weiter: Projektion der Internationalen Energieagentur 2021 \rightarrow



- Nachfrageanstieg bis 2050

Zukünftige globale Ölförderung

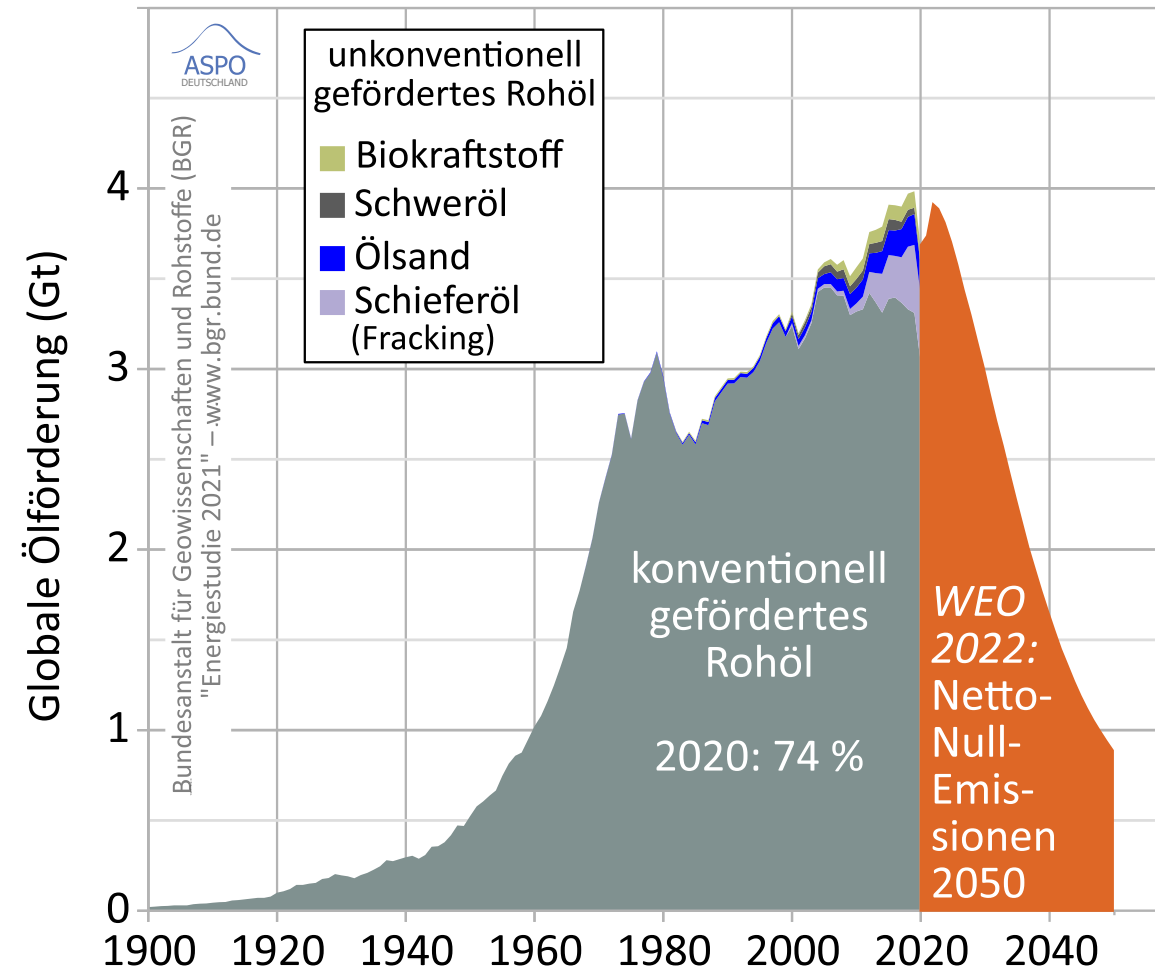
WEO 2021



- Rückgang der zukünftigen Ölförderung bis 2050 auf 10 %: ohne Investments
- Rückgang der zukünftigen Ölförderung bis 2050 auf 25 %: mit Investments

Zukünftige globale Ölförderung

WEO 2022



- deutlicherer Rückgang bis 2050 im WEO 2022 auf $\approx 0,9$ Gt
- Nachfrageanstieg wird nicht mehr thematisiert

Konventionelle Förderung

- Peak Oil war 2005
- 2020: Förderrückgang von 8 % (nur aufgrund von Corona?)

Unkonventionelle Förderung

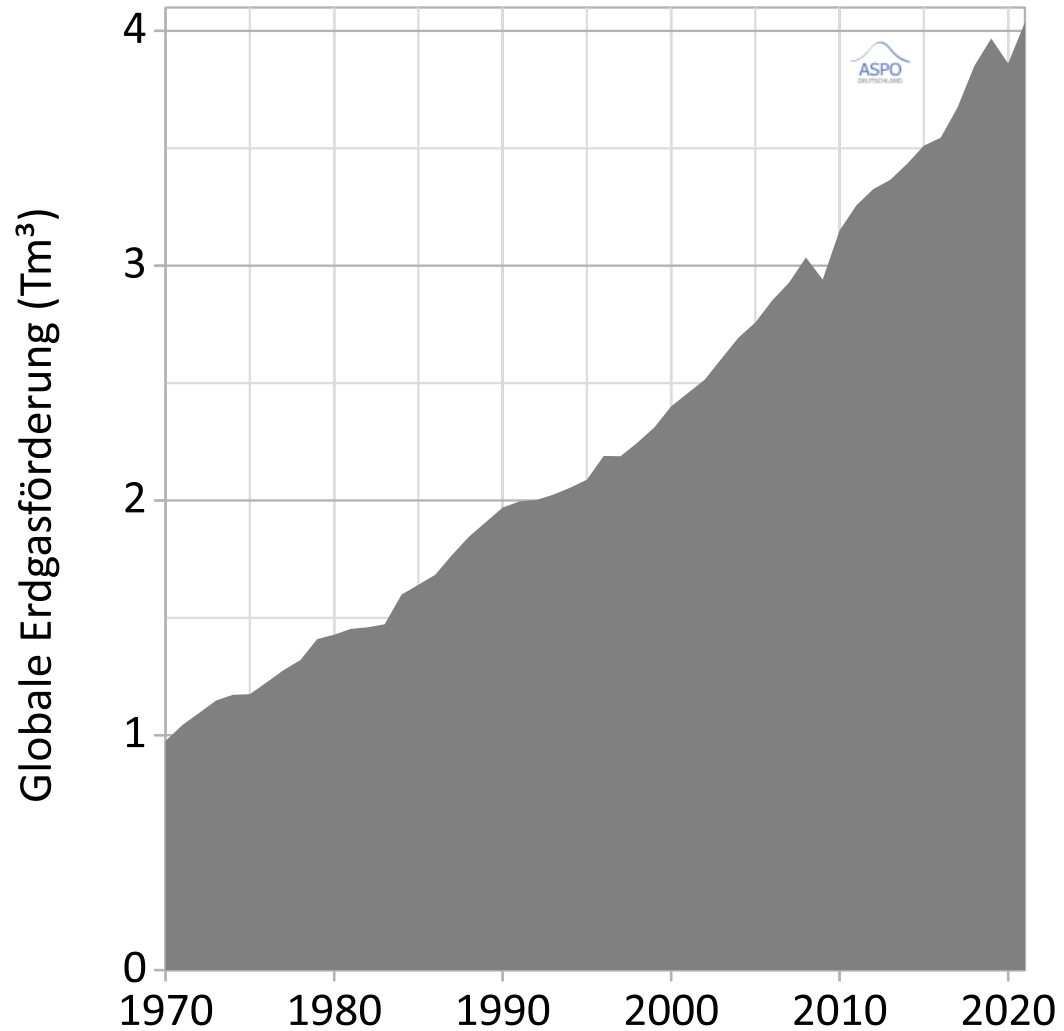
- Kaschierung des Peak Oil seit 2005
- Höhe der Fördermengen ist aber *ungenau*
 - NGL ist Erdgas-Abfallprodukt, das den Ölen *zugerechnet* wird (Energieinhalt im Vergleich zu konventionellen Öl um ca. 30 % geringer)
 - Biokraftstoffe sind Öl-Ersatz und kein Öl

IEA-Projektion bis 2050

- Rückgang der Förderung hat bereits begonnen
- trotz großer Investitionen in der Vergangenheit wurden kaum neue Ölfelder gefunden

Globale Erdgasförderung

BP Statistical Review of World Energy 2022

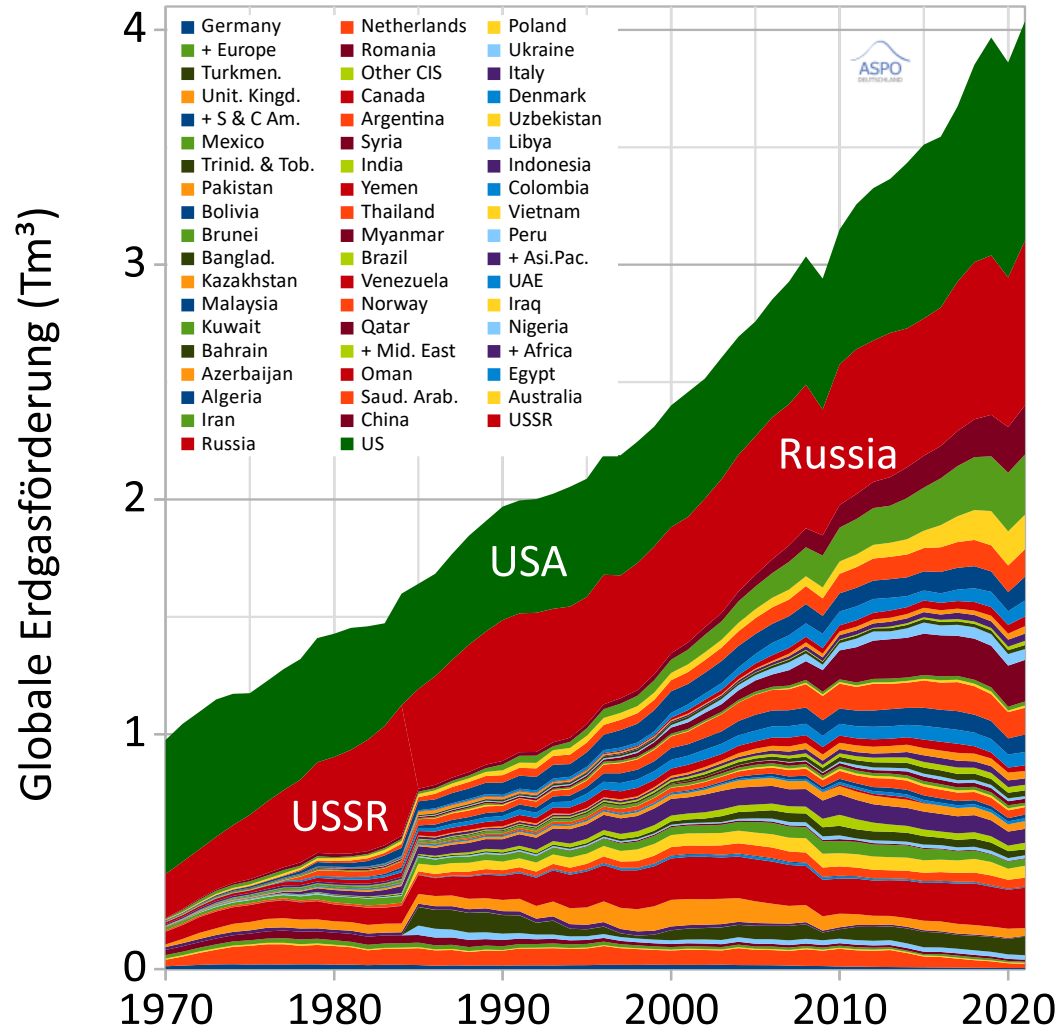


Verlauf der Förderung

- bis 2008: kontinuierlicher Anstieg ohne Rückgang
- 2008: Rückgang (Weltfinanzkrise)
- 2020: Rückgang (Corona-Krise)
- 2021: Wiederanstieg (auf höheres Niveau)

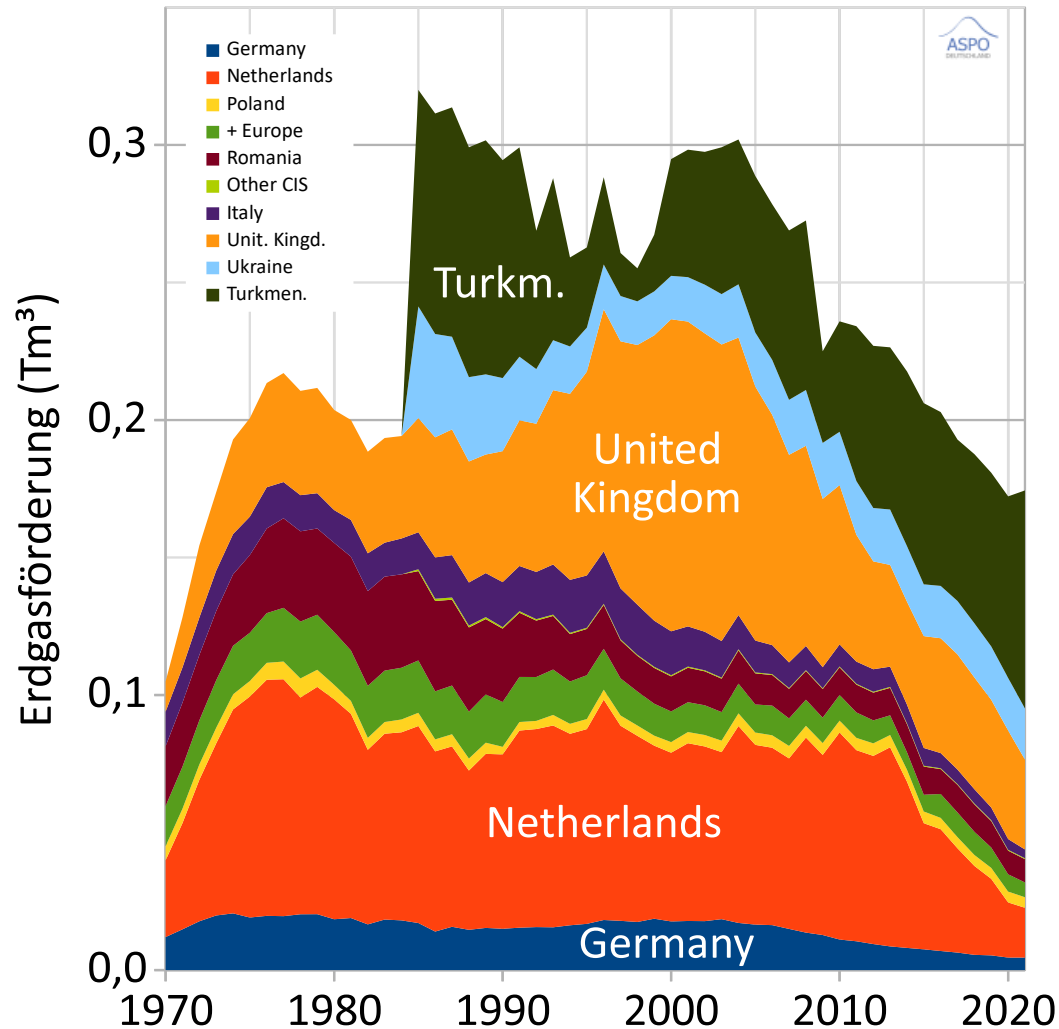
Spezifischer Verbrauch

- $\approx 500 \text{ m}^3/(\text{cap}\cdot\text{a})$



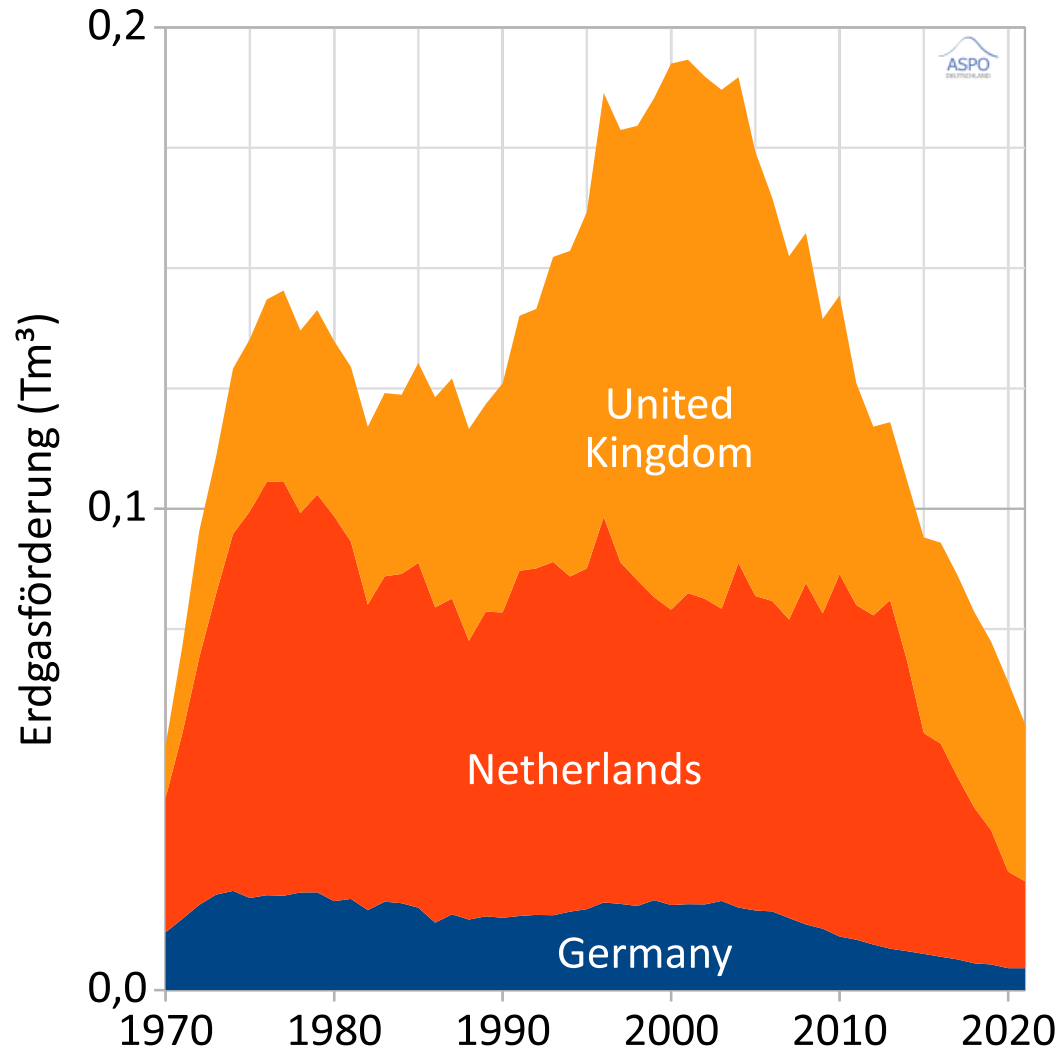
56 Förderstaaten / -regionen

- sortiert nach Peak Gas
- USA, Russland: wichtigste Förderländer
- 1985: sprunghafter Förderanstieg durch **Ukraine** und Turkmenistan
- gleichzeitig Förderrückgang der UdSSR (geänderte Statistik)



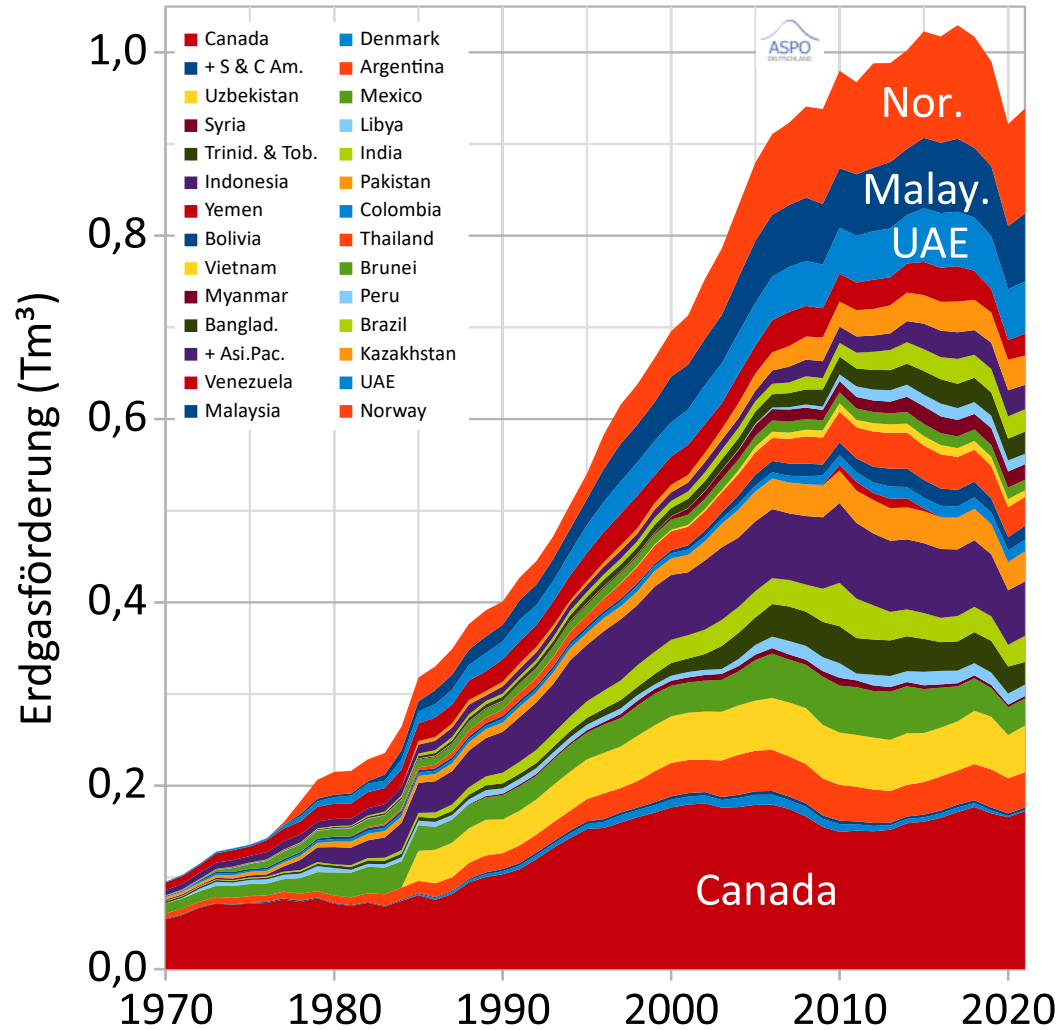
10 Förderstaaten / -regionen: Peak bis 2000

- sortiert nach Peak Gas
- 1985: sprunghafter Förderanstieg durch [Ukraine](#) und [Turkmenistan](#)
- ≈ Halbierung der Förderung nach Peak
- 2021: Anteil an globaler Förderung = 4,3 %



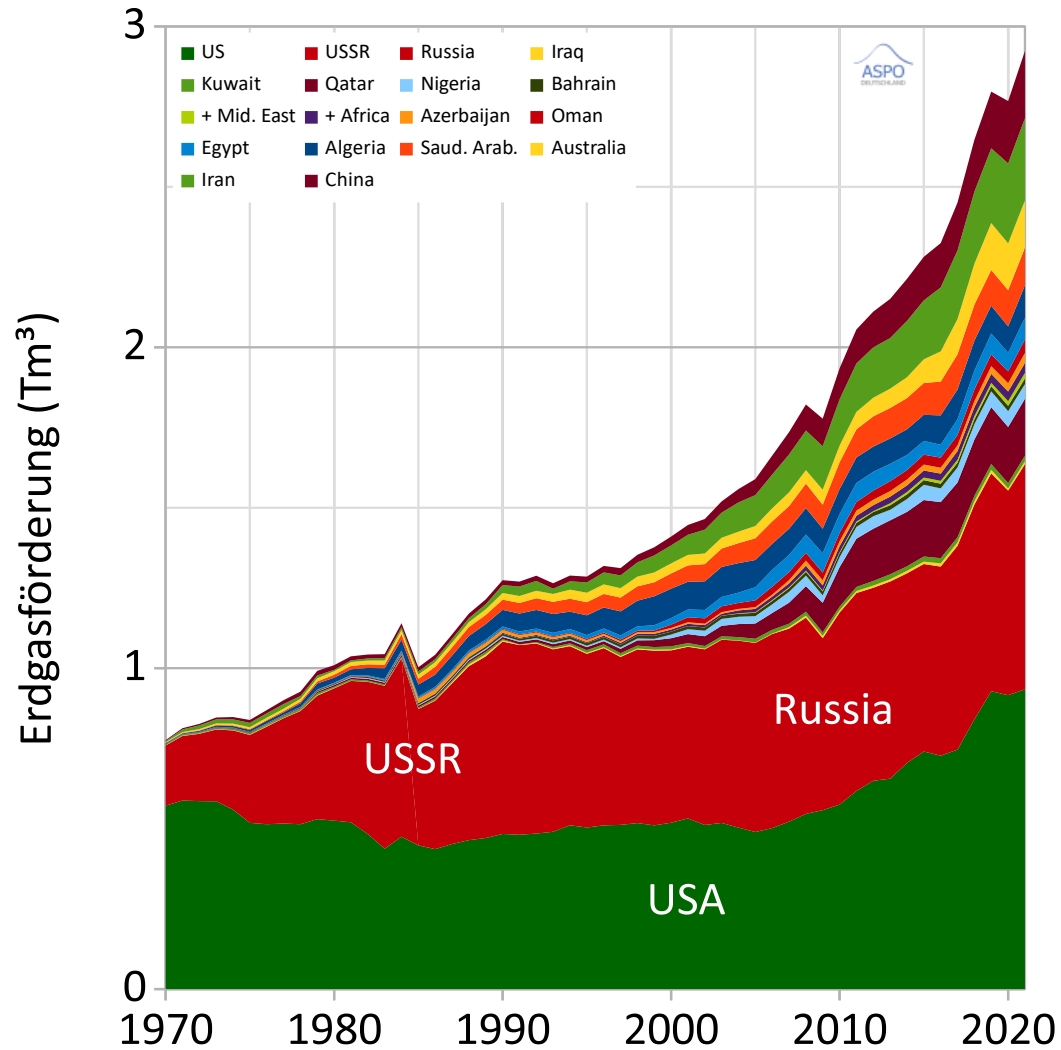
3 Förderstaaten in EU

- 2001: Peak Gas ges.
- Förderrückgang nach Peak um $\approx 2/3$



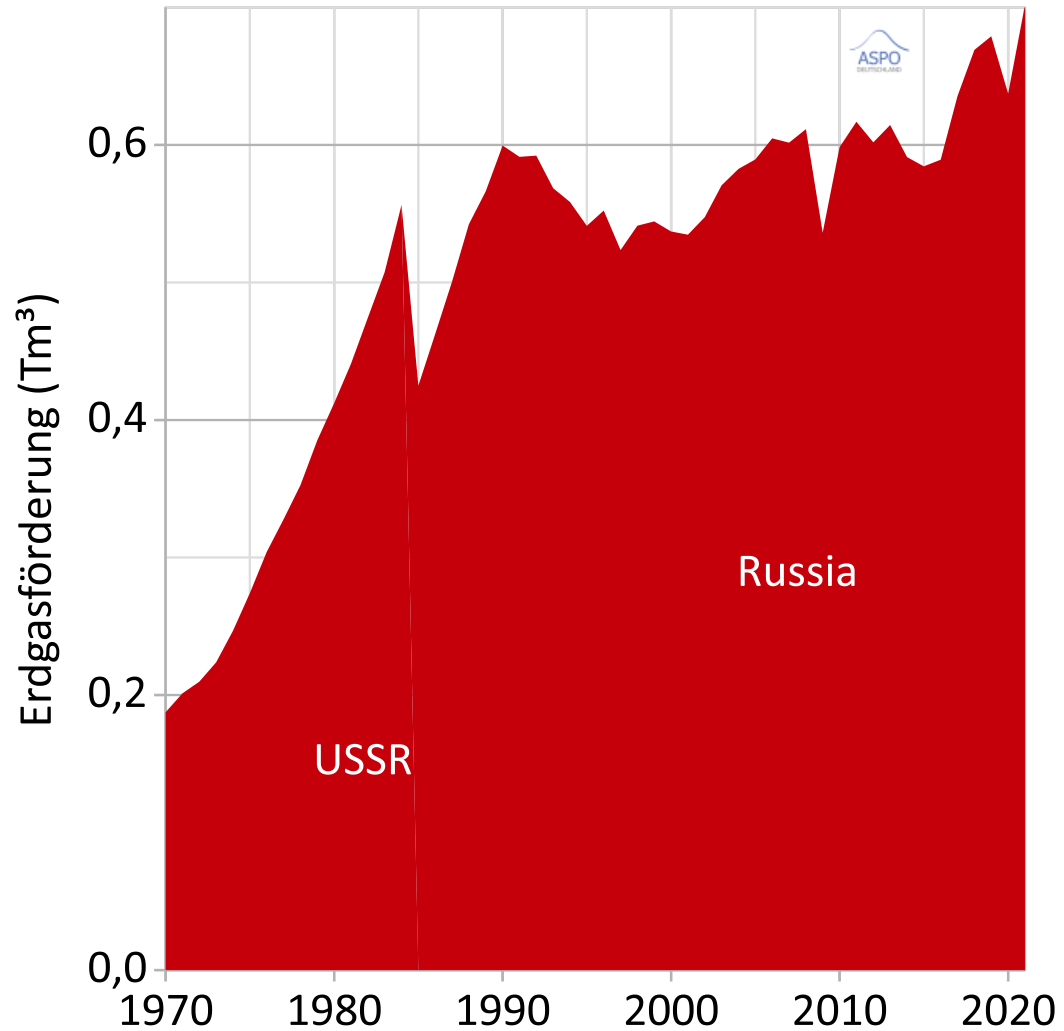
28 Förderstaaten / -regionen: Peak bis 2017

- sortiert nach Peak Gas
- 2017: Peak
- dann: Förderrückgang bis 2020
- 2021: geringer Wiederanstieg der Förderung
- 2021: Anteil an globaler Förderung = 23,3 %



18 Förderstaaten / -regionen: Peak nach 2017

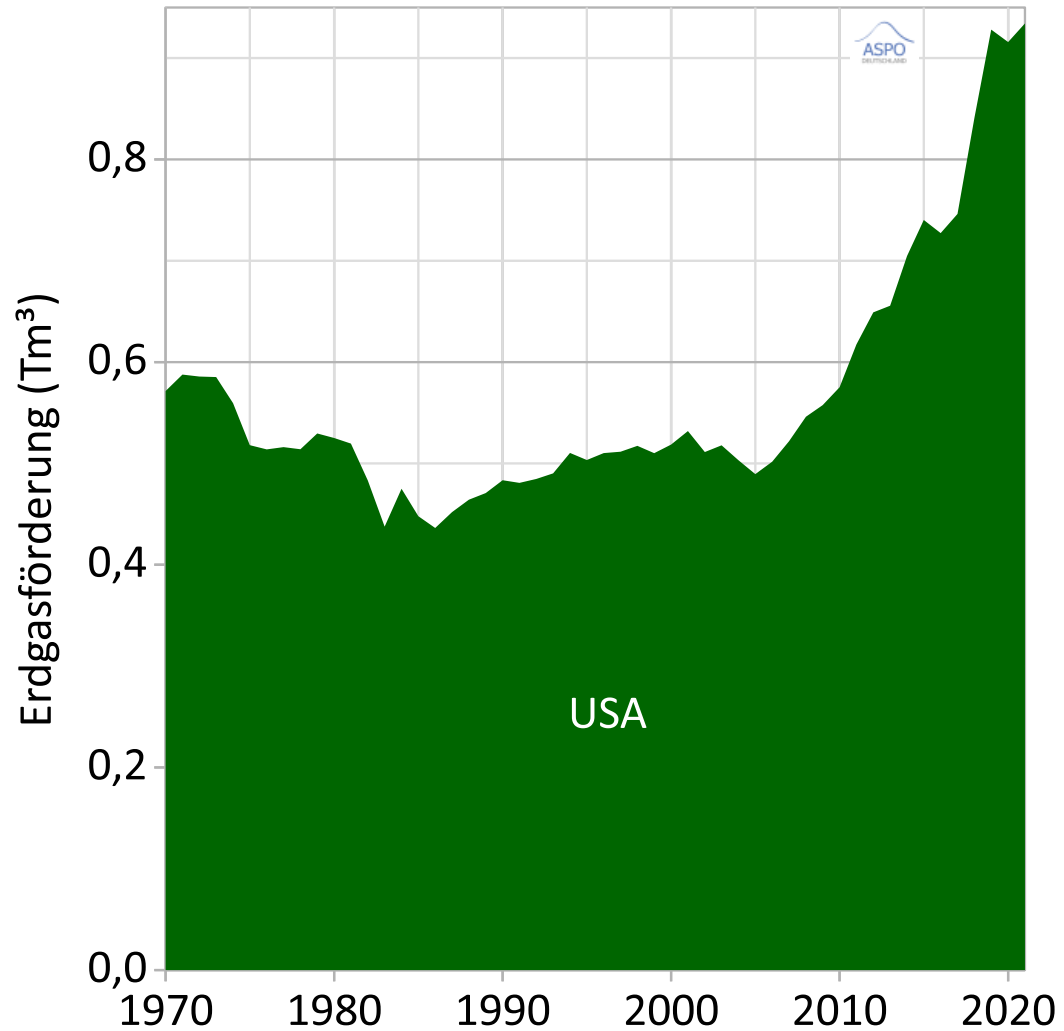
- 2020: geringer Förderrückgang
- 2021: deutlicher Wiederanstieg der Förderung
- 2021: Anteil an globaler Förderung = 72,4 %
(Russland + USA = 40,5 %)



UdSSR / Russland

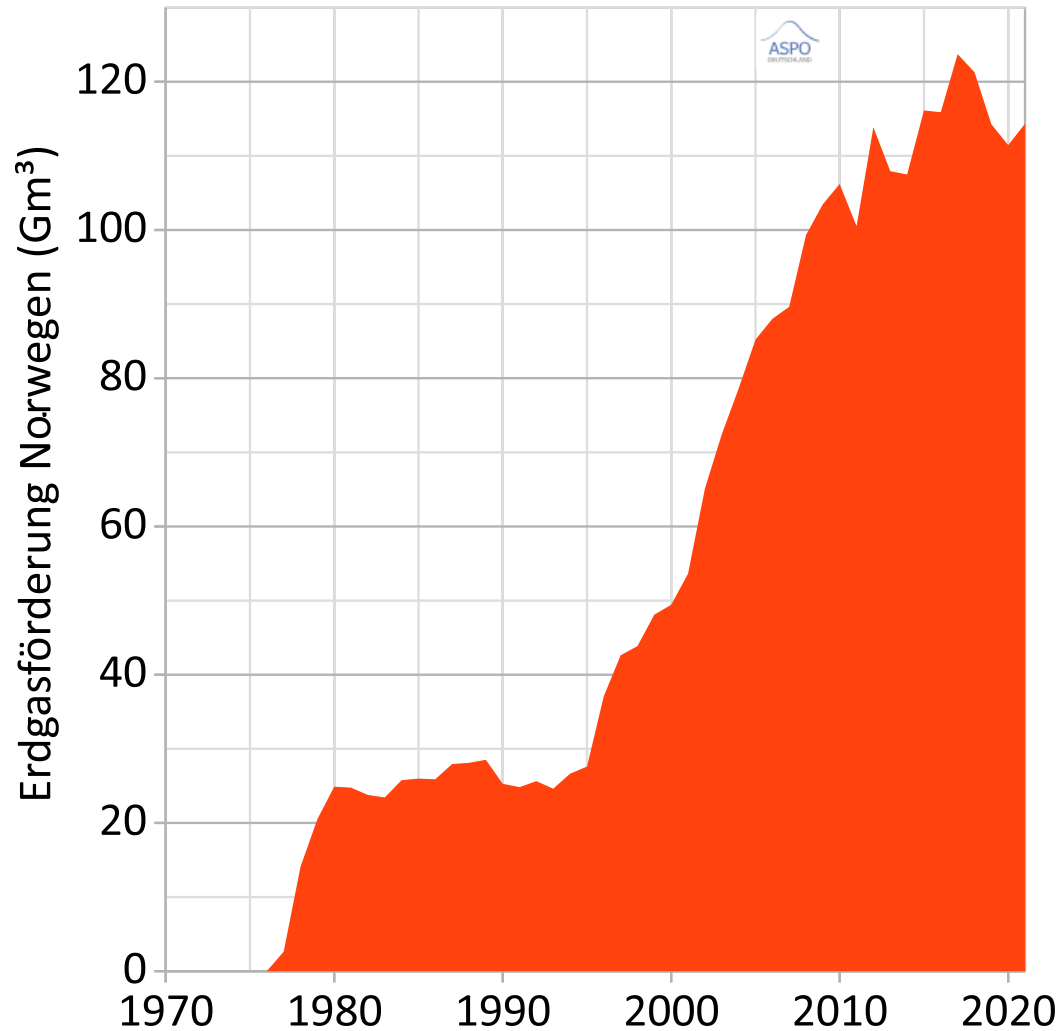
- 1985: „Förderrückgang“ durch neue Statistik
- Förderschwankungen bis 2019
- 2020: Rückgang der Förderung (Corona)
- 2021: deutlicher Wiederanstieg der Förderung

- 2021: Anteil an globaler Förderung = 17,4 %



USA

- 1971 – 1973: Peak konventionell
- dann: Rückgang mit Erholungen/Schwankungen
- nach 2001: Förderrückgang
- ab 2005: Wiederanstieg durch Fracking
- 2020 – 2021: geringer Fördereinbruch (Corona)
- 2021: Anteil an globaler Förderung = 23,1 %



SPIEGEL-Online, 16.8.2022

Scholz-Besuch in Oslo

Norwegen kann Gaslieferungen nach Deutschland nicht ausweiten

»Auf Norwegen kann man sich verlassen«, sagt Olaf Scholz in Oslo. Das Land hilft in der Energiekrise mit einer höheren Produktion. Die deutschen und europäischen Gasprobleme kann es aber allein nicht lösen.

Norwegen

- Peak Gas war 2017

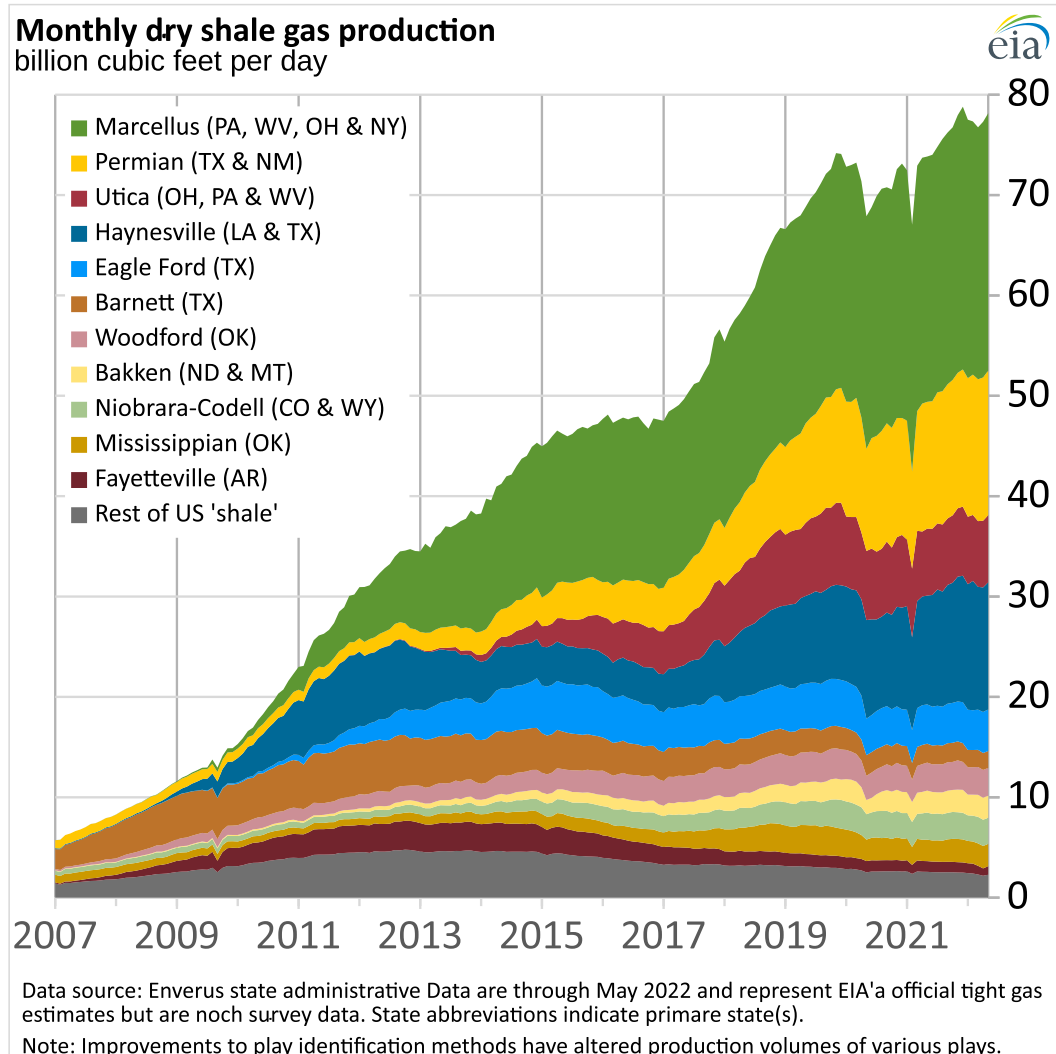
Globale Förderung

- Höchstwert 2021 (trotz Corona-Krise)
- 18 Förderstaaten/-regionen stehen noch vor einem Peak, verantwortlich für 72 % der globalen Förderung (2021)
- USA und Russland sind größte Förderländer (40 %, 2021)

Die Macht der Bilder oder „Alles paletti!“

Analyse der US-Shalegas-Förderung
gemäß Darstellung der US-Energy Information Agency
nach Dr. Werner Zittel, ASPO

Datenstand: 7. Juli 2022



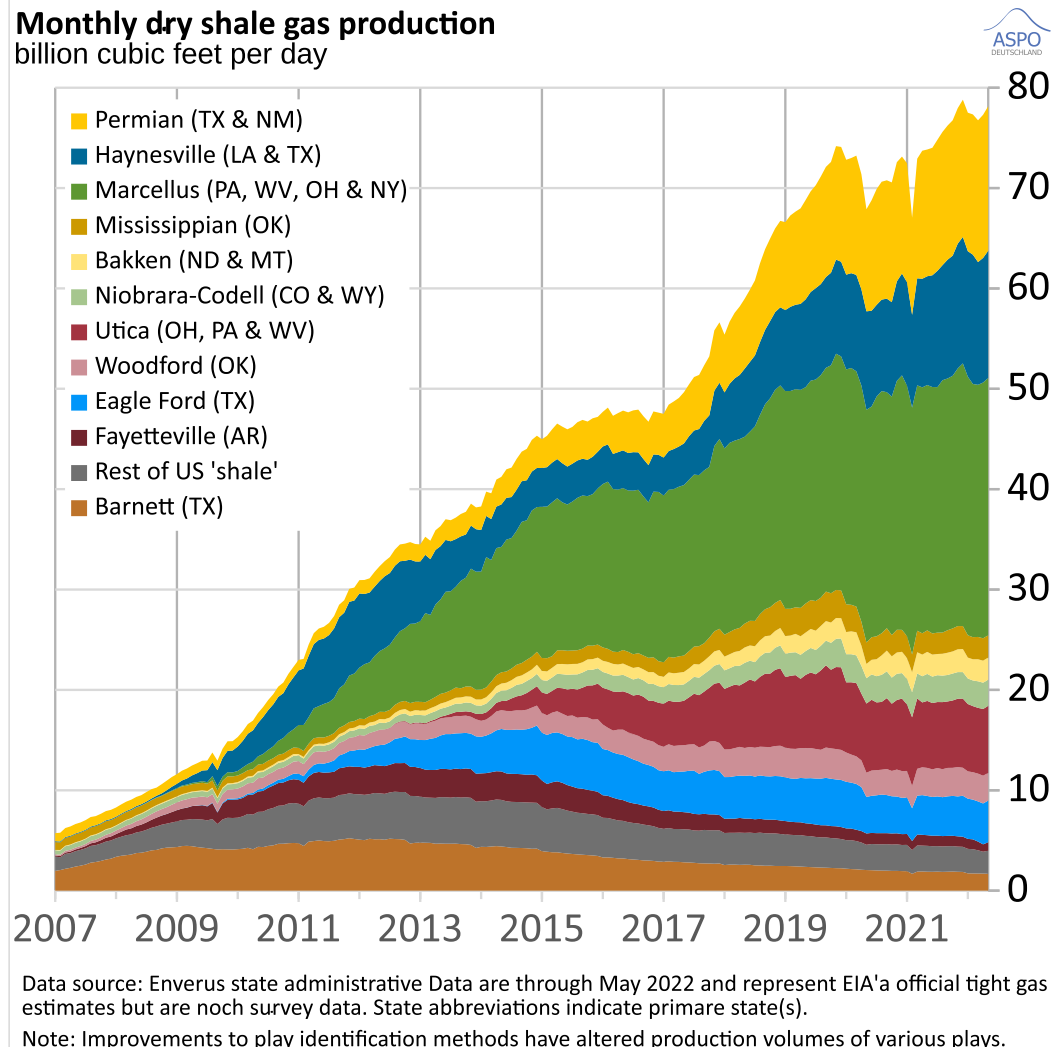
Geologische Botschaften der Grafik

- die Förderung steigt seit 2007 an
- pandemiebedingte Rückgänge 2020 – 2021 konnten kurzfristig kompensiert werden

Politische Botschaften der Grafik

- die USA können Erdgas-Export ausbauen
- mögliche Importeure haben verlässlichen Lieferanten
- also: alles paletti!

- eine andere Reihenfolge der Förderregionen führt zu anderen Erkenntnissen →



Sortierung der Förderregionen nach Zeitpunkt des Förderhöhepunkts:

Geologische Botschaften der Grafik

- knapp 2/3 des Erdgases stammt aus Regionen, deren Förderung seit Ende 2019 stagniert
- nur gut 1/3 stammt aus Regionen, die noch einen (geringen) Anstieg zu verzeichnen haben

Politische Botschaften der Grafik

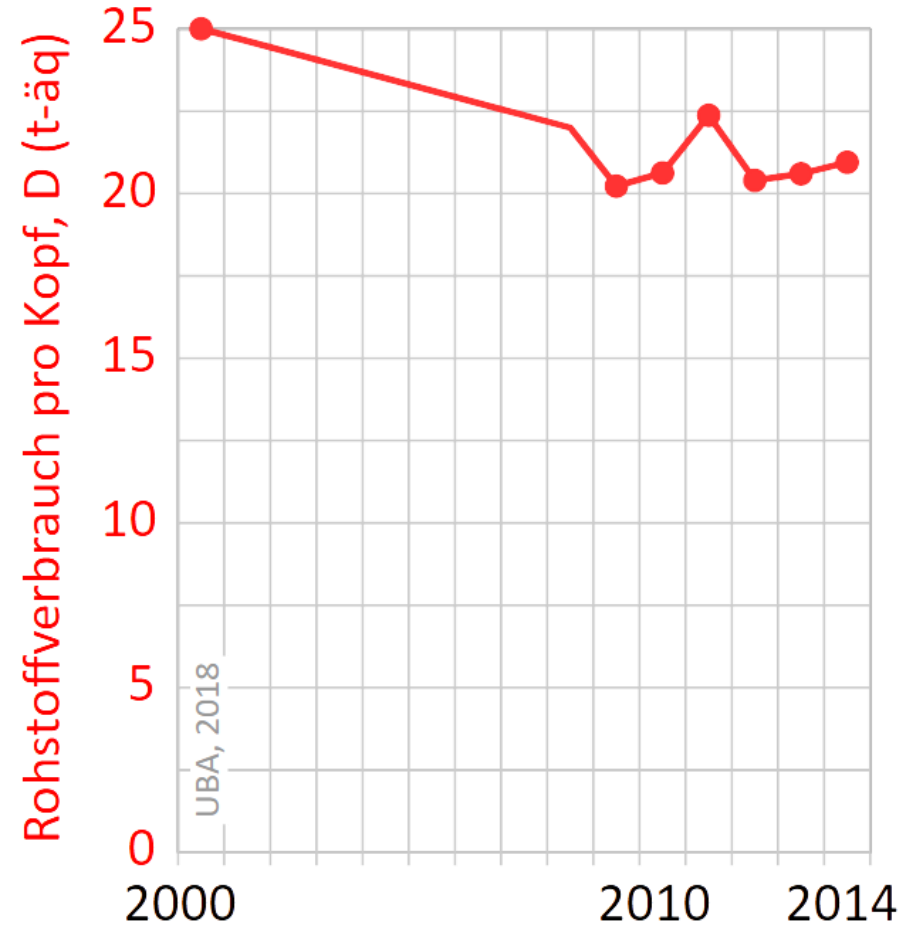
- ein weiterer Ausbau der Förderung ist fraglich
- mögliche Importeure sollten nicht langfristig auf US-Shale-Gas bauen

Rohstoffe

"Wir führen den Planeten an den Rand der Apokalypse"

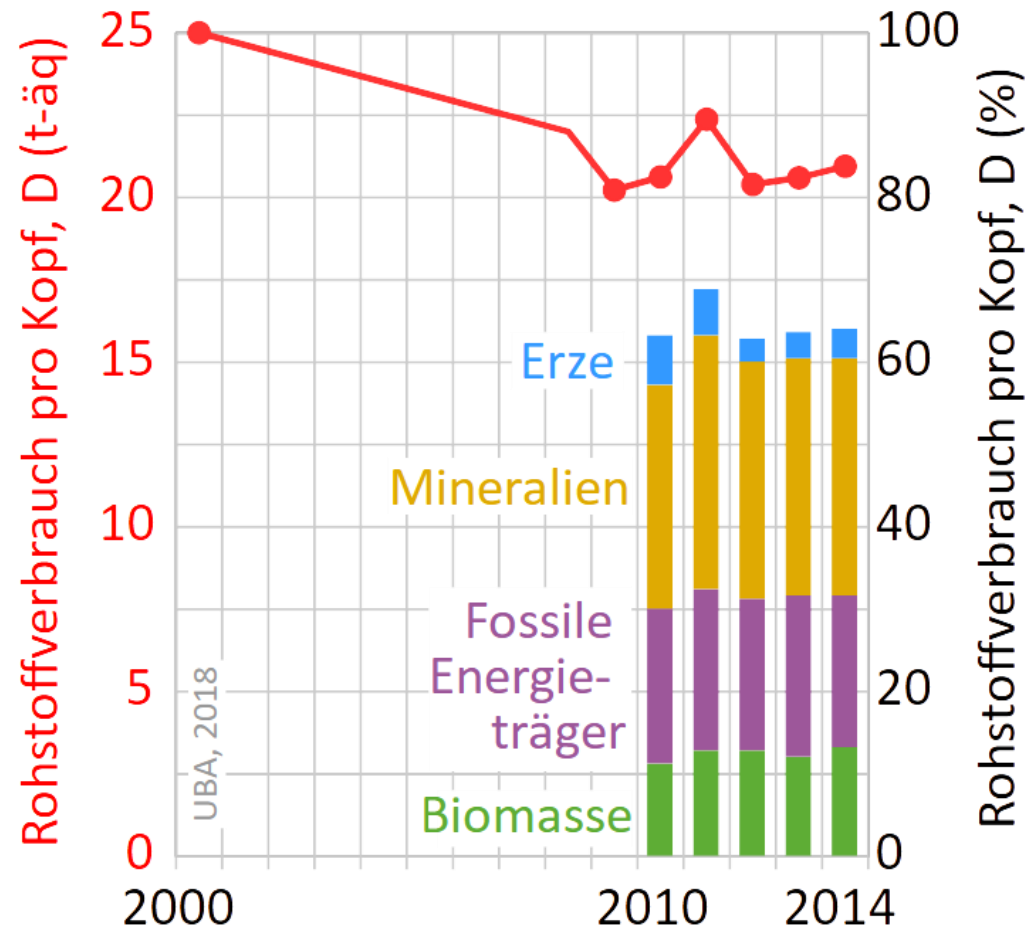


Interview der Woche Der Konsum der Industrieländer erfordere Ressourcen von zwei bis drei Planeten, sagte Entwicklungshilfeminister Gerd Müller (CSU) im Interview der Woche im Dlf. Er sprach sich für eine nachhaltige Politik aus. Es dürfe keinen neuen Kolonialismus, die Ausbeutung der Ressourcen von Mensch und Natur etwa in Afrika geben.



Pro-Kopf-Rohstoffverbrauch

- seit Jahrzehnten zwischen 25 – 20 t/a
- fallende Tendenz?



Pro-Kopf-Rohstoffverbrauch

- seit Jahrzehnten zwischen 25 – 20 t/a
- fallende Tendenz?

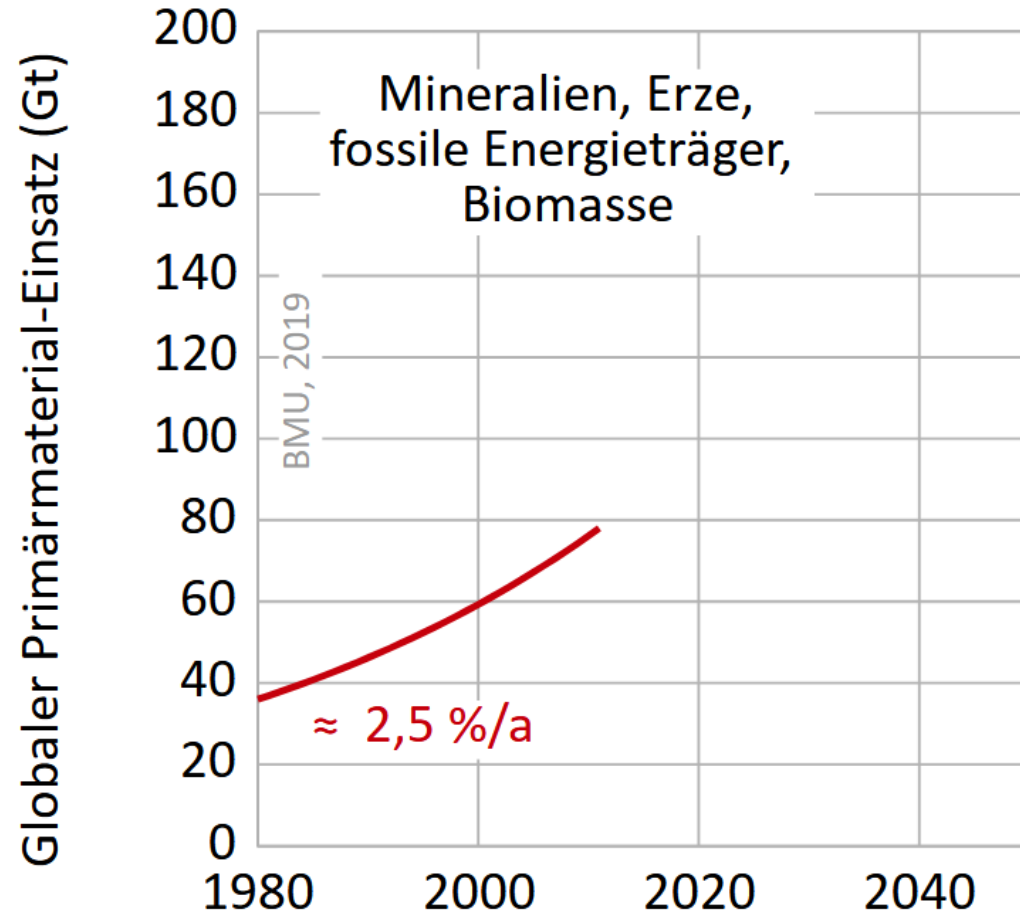
Verbrauch

- Fossile Energieträger: nicht recycelbar
- Erze, Mineralien: (sehr) begrenzt recycelbar

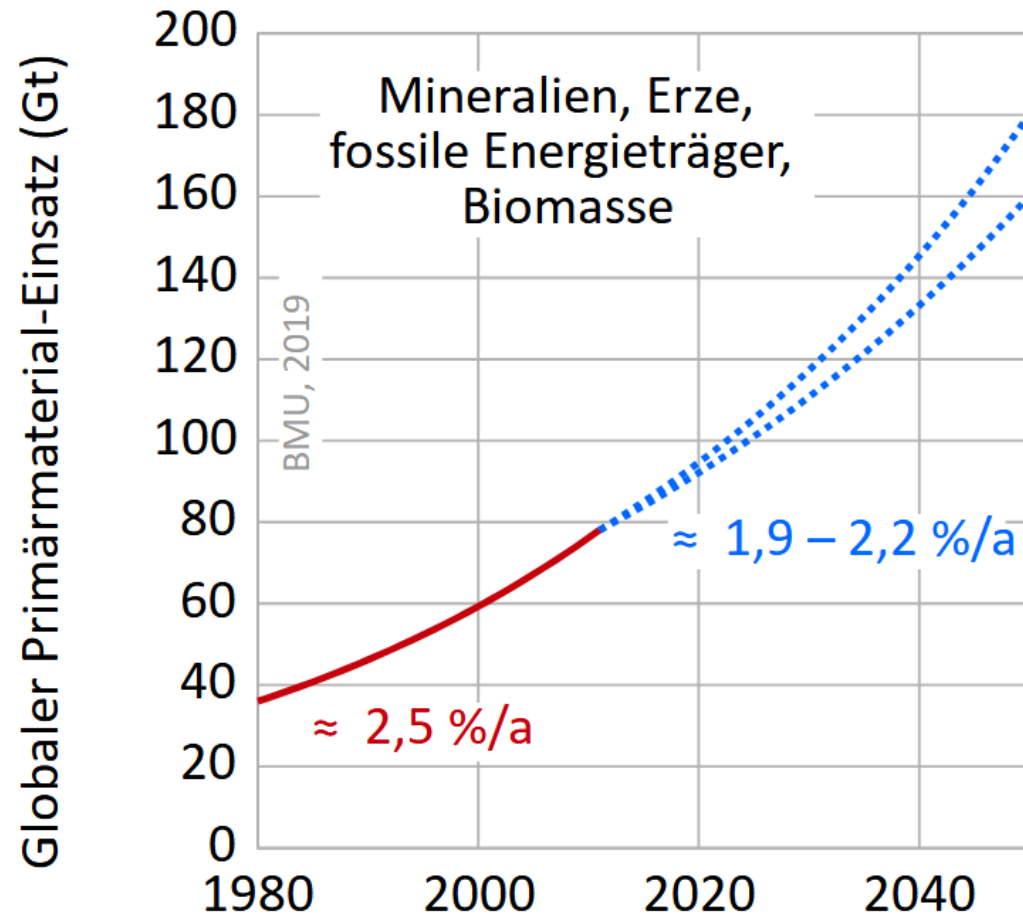
Fortschreibung in die Zukunft?

- Mehrheit der Rohstoffe ist endlich!
- Zeithorizonte?

1980 – 2010



- Anstieg des Einsatzes $\approx 2,5\%/a$
- Anstieg der Weltbevölkerung $\approx 1,8\%/a$
- Materialeinsatz stieg schneller als Weltbevölkerung

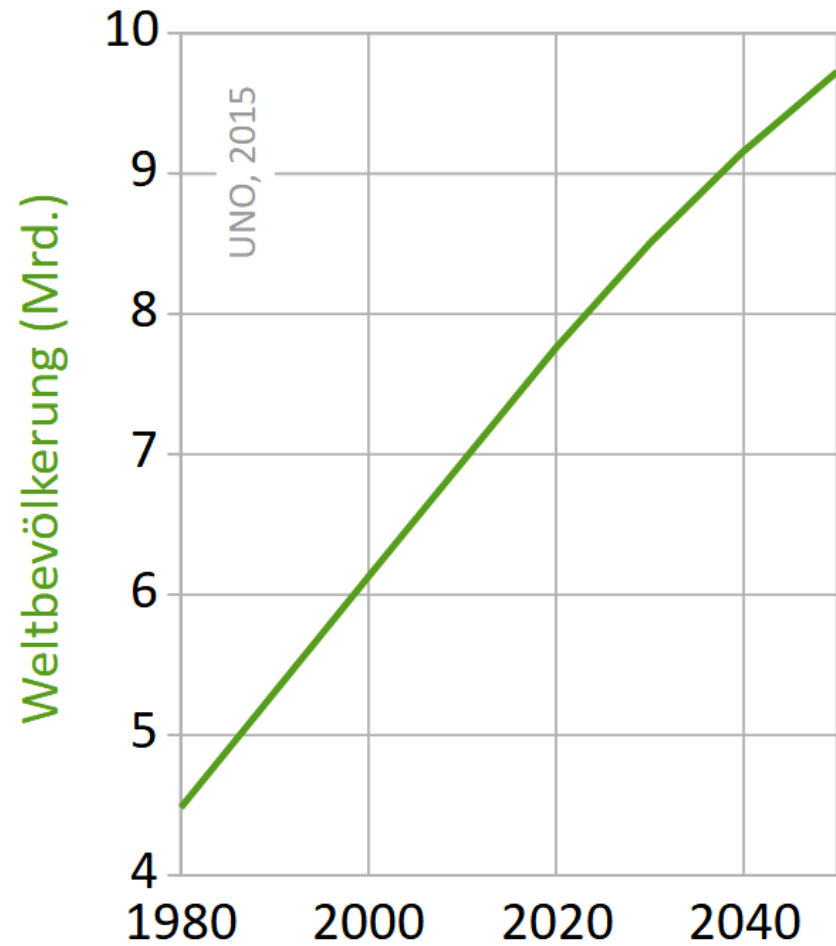


1980 – 2010

- Anstieg des Einsatzes $\approx 2,5\%/a$
- Anstieg der Weltbevölkerung $\approx 1,8\%/a$
- Materialeinsatz stieg schneller als Weltbevölkerung

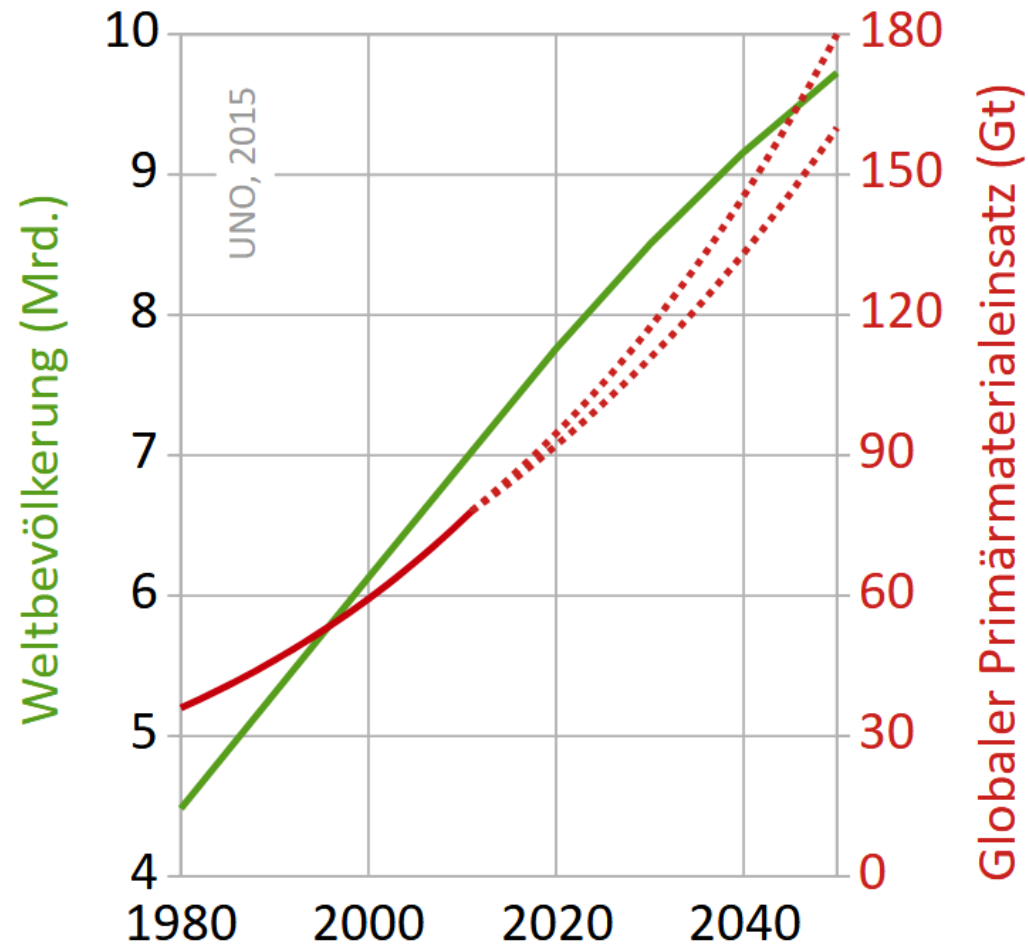
Projektion 2010 – 2050

- Anstieg des Einsatzes $\approx 1,9 - 2,2\%/a$



Weltbevölkerungsentwicklung

- Projektion der UNO: leicht degressiv



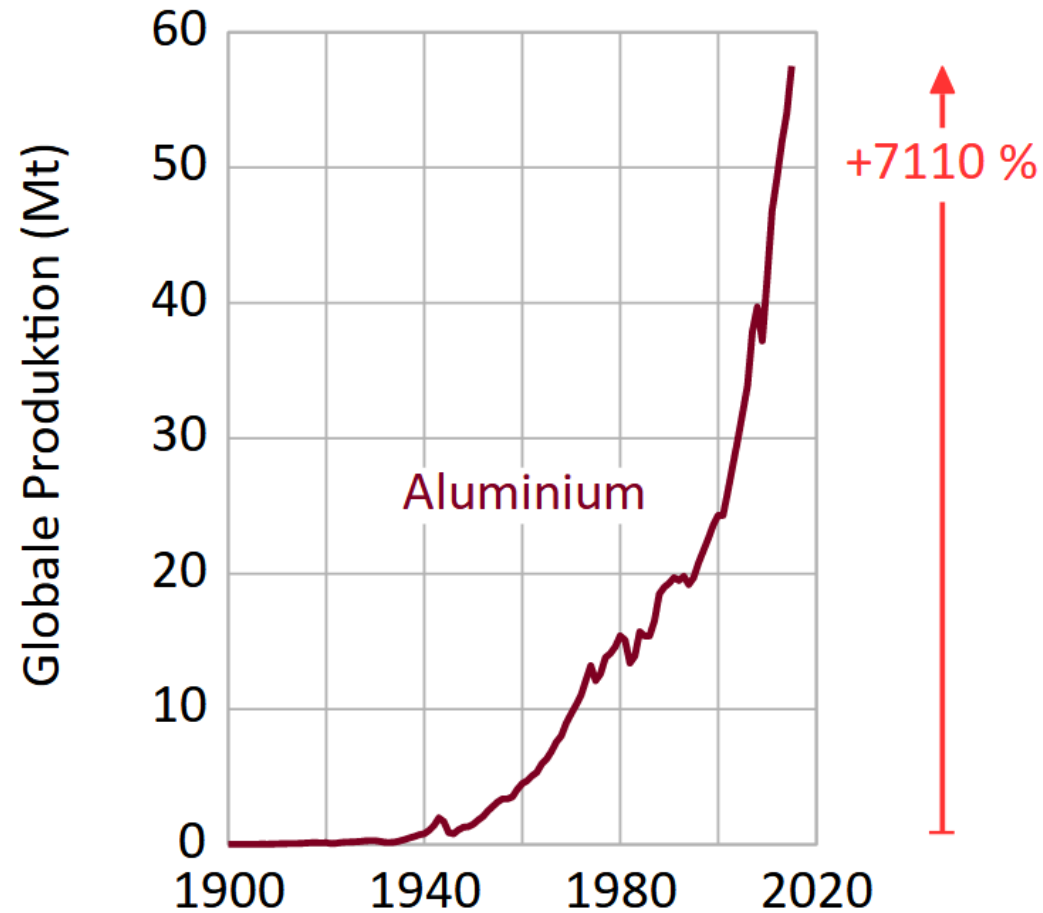
Weltbevölkerungsentwicklung

- Projektion der UNO: leicht degressiv

Primärmaterialeinsatz

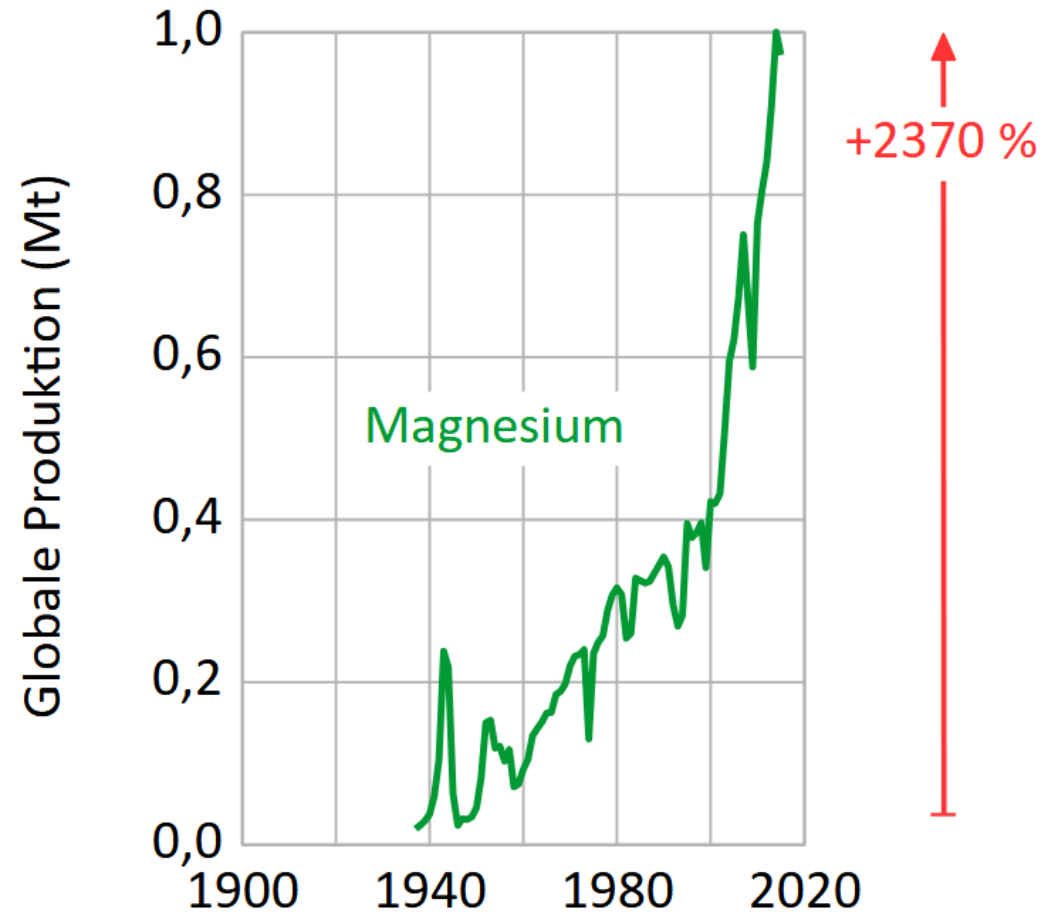
- Projektion des UBA: leicht progressiv
- → Materialeinsatz: überproportionaler Anstieg

Wichtige Metalle



Anstieg 1900 – 2015

- exponentieller Verlauf, minimale Schwankungen

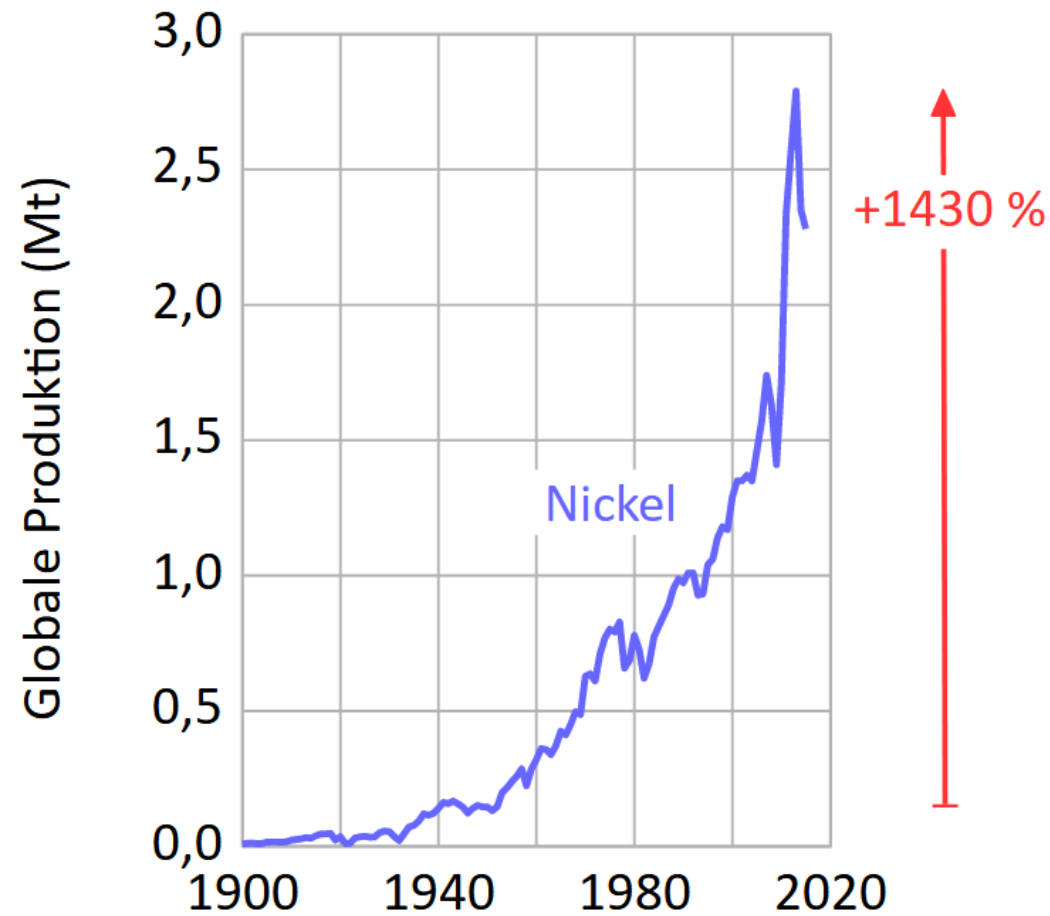


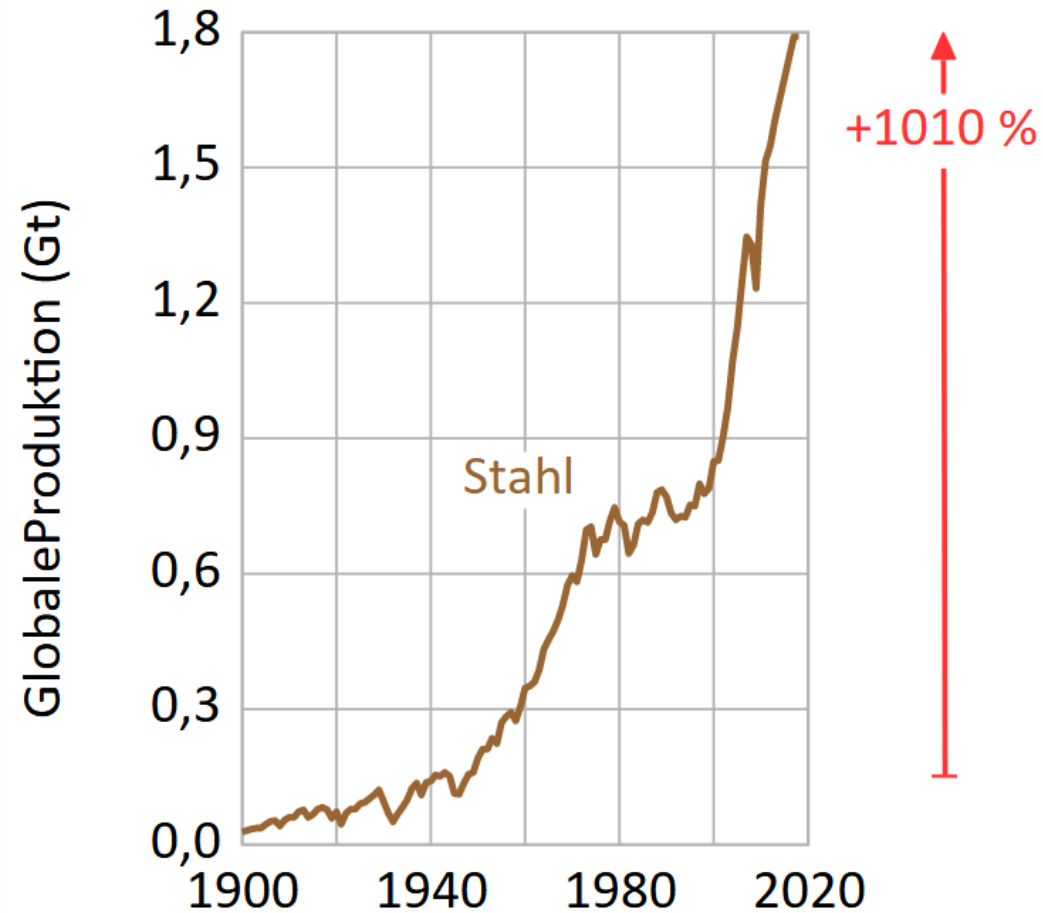
Anstieg 1938 – 2015

- exponentieller Verlauf, starke Schwankungen

Anstieg 1900 – 2015

- exponentieller Verlauf mit Schwankungen



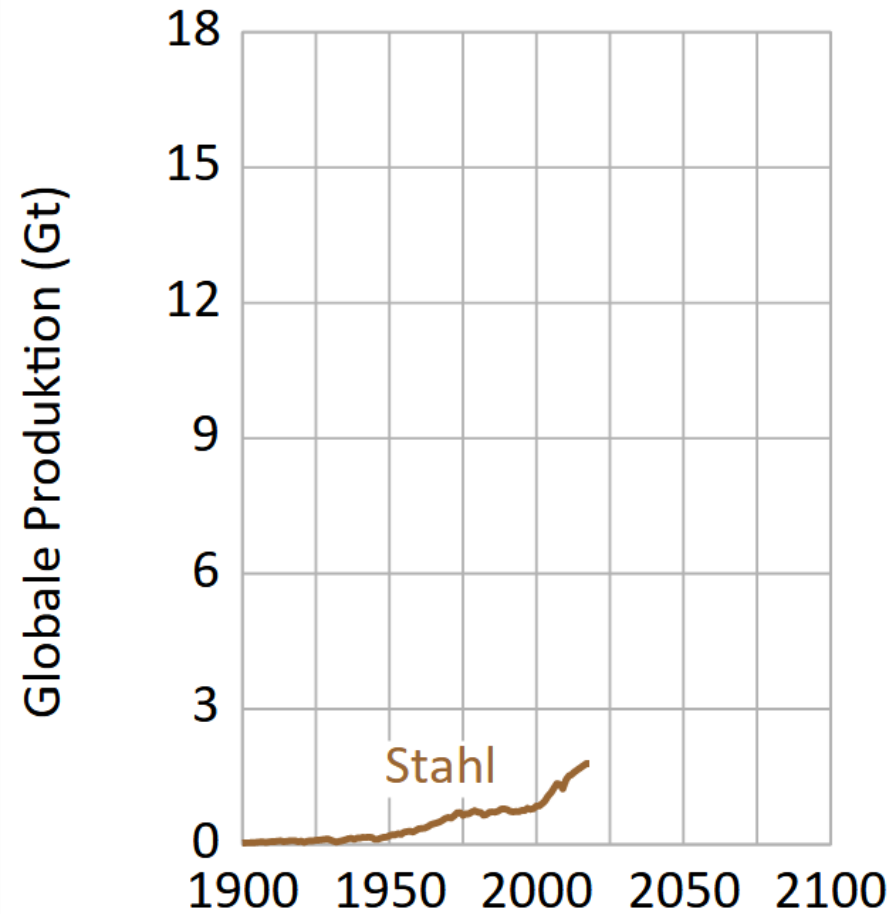


Anstieg 1900 – 2015

- exponentieller Verlauf
- geringe Schwankungen
- eine Stagnationsphase
- zukünftige Entwicklung?

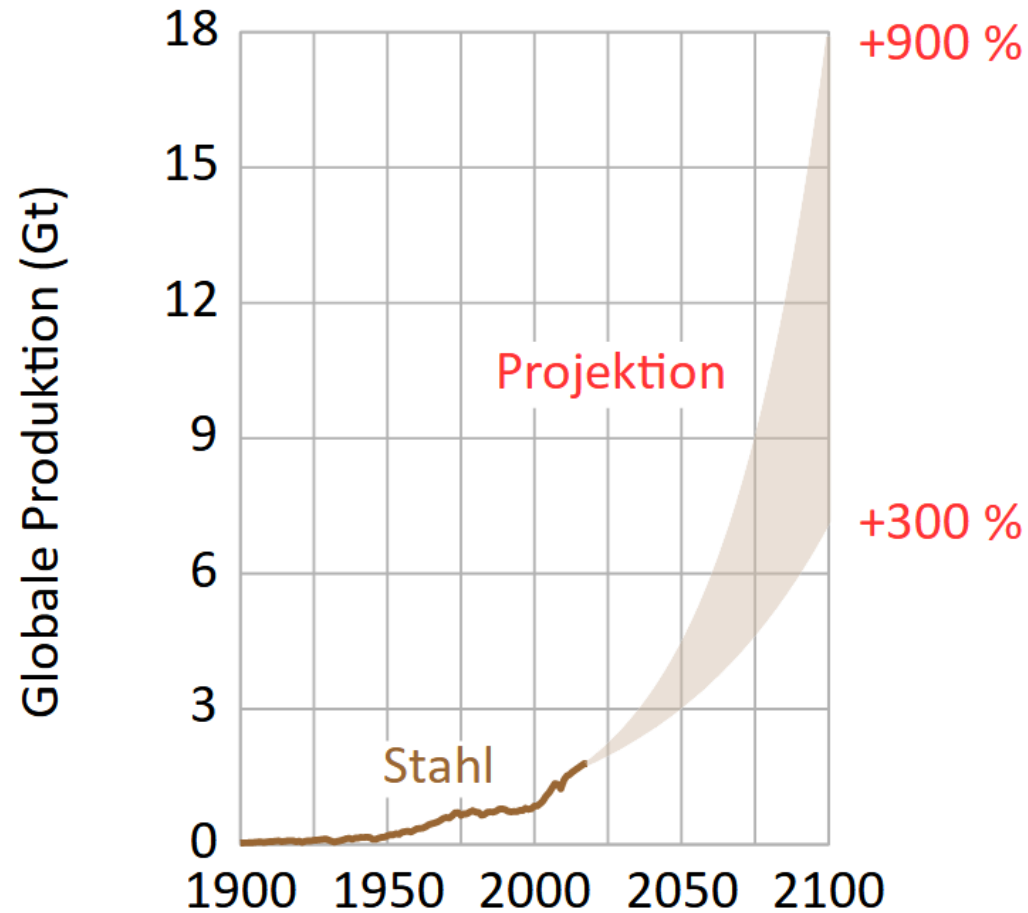
Projektion der globalen Produktion von Stahl – 1

Daten: United States Geological Survey



Projektion der globalen Produktion von Stahl – 2

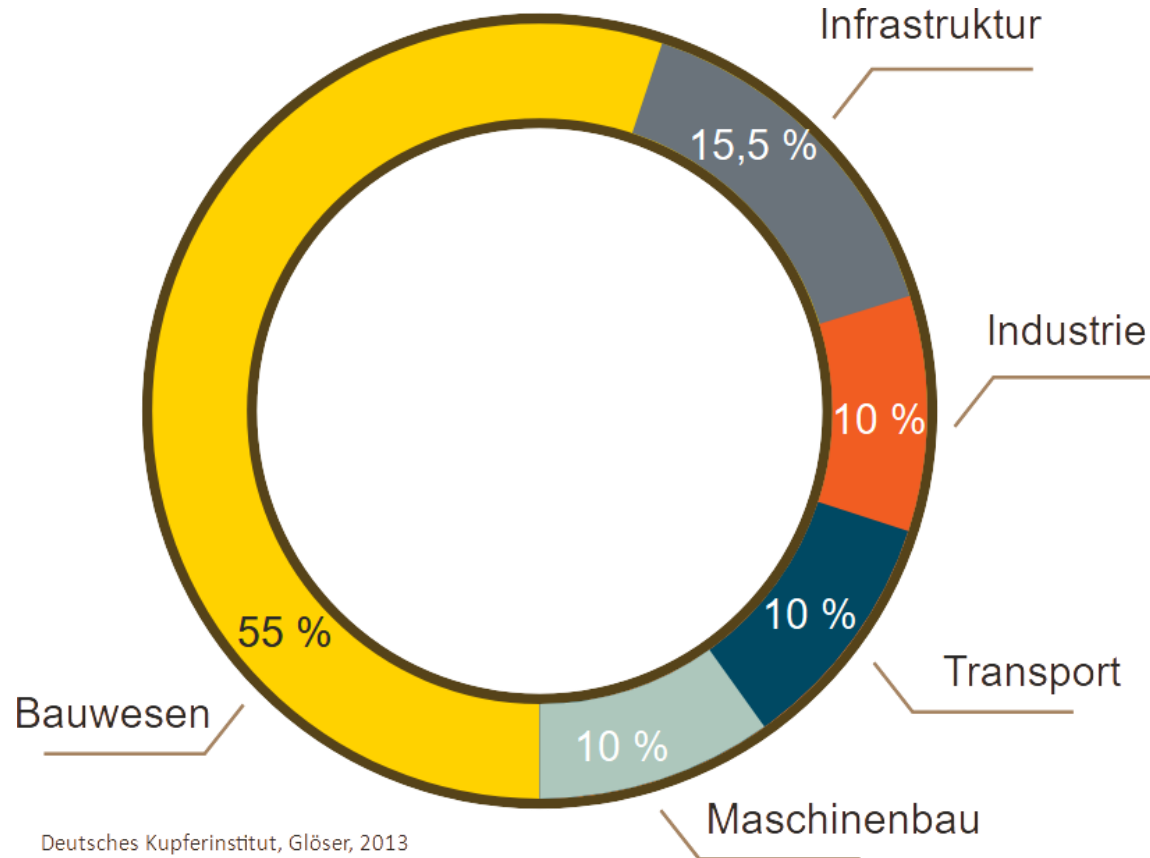
Daten: United States Geological Survey



Projektion des Umweltministeriums (Programm zur Ressourceneffizienz III)

- Anstieg 2018 – 2050 \approx 72 – 146 %
- Energieaufwand und Emissionen steigen in ungefähr gleichem Maße

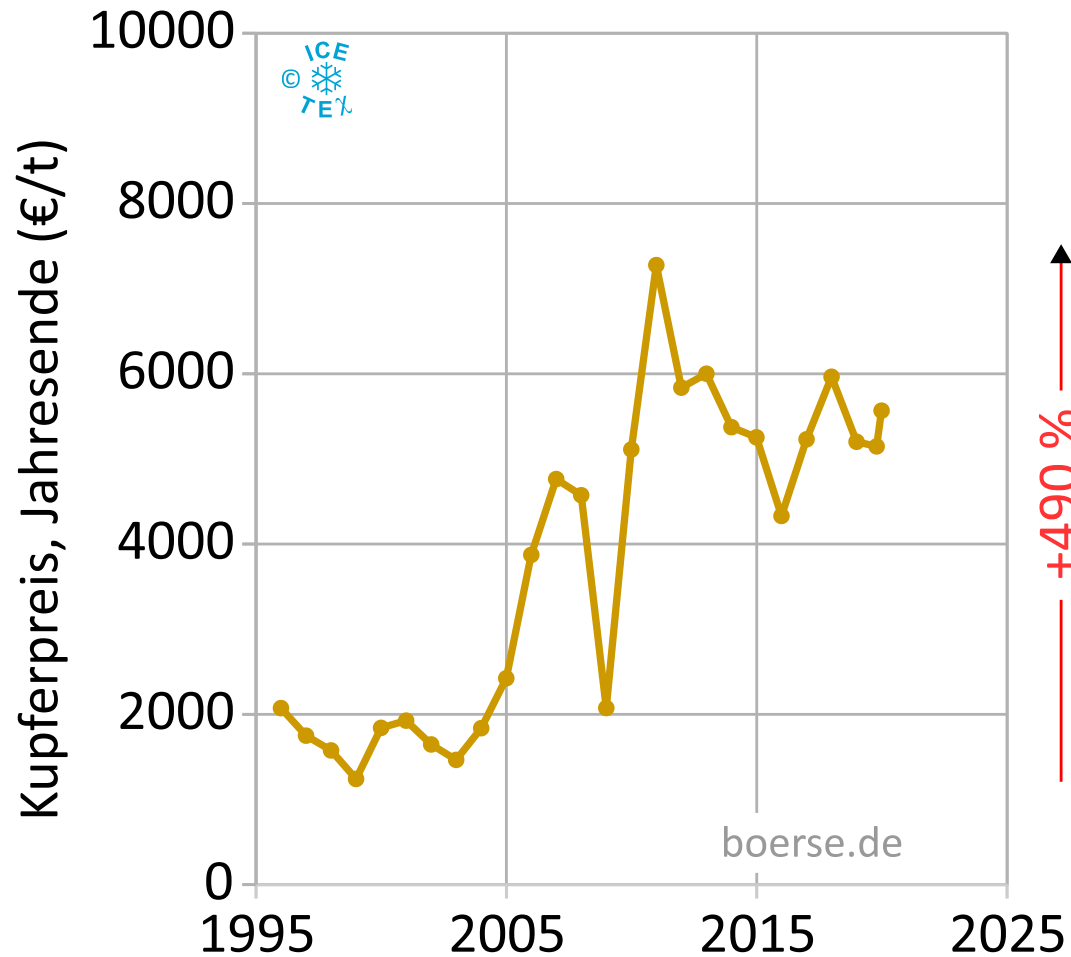
Kupfer



Deutsches Kupferinstitut, Glöser, 2013

Hauptsächliche Kupferverwendung

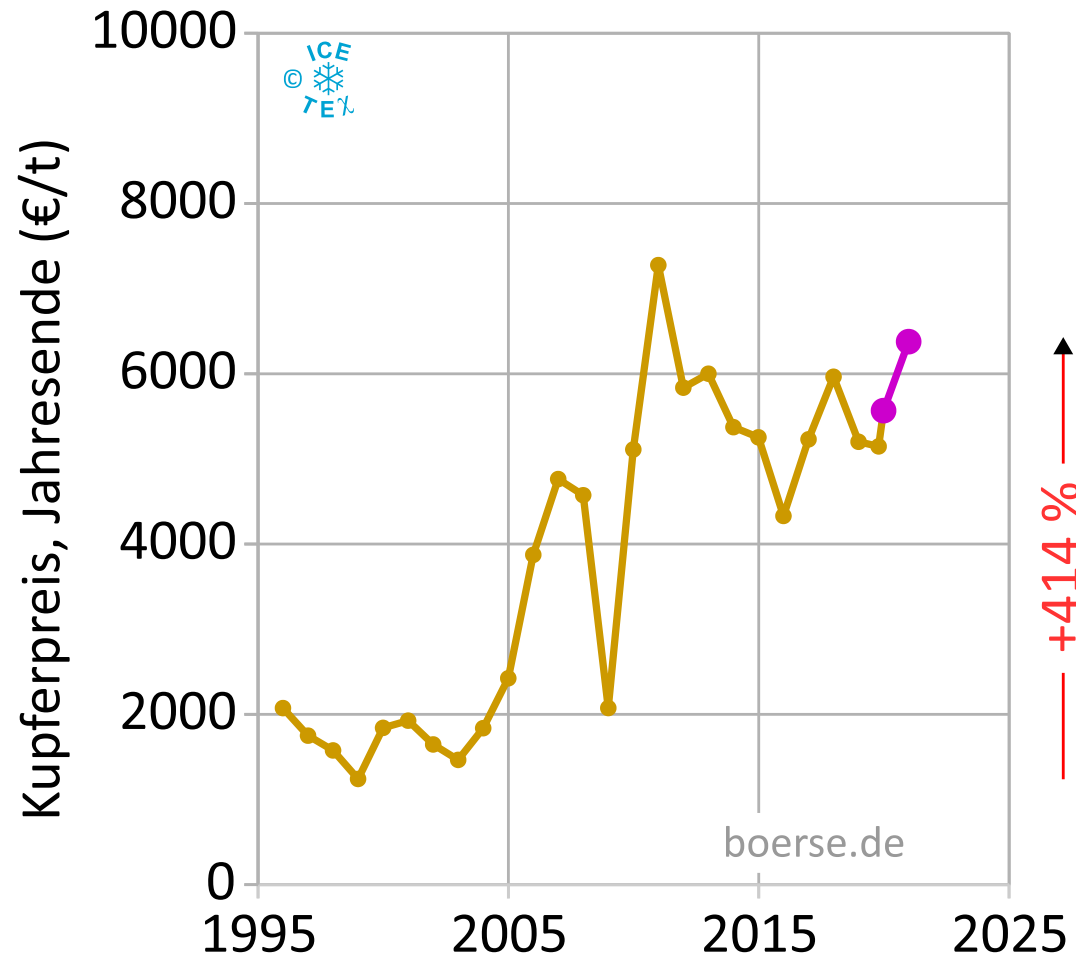
- Bauwesen
 - **Elektrotechnik**
 - Fluidleitungen
 - Kältemittelleitungen
 - ...



Preisänderungen

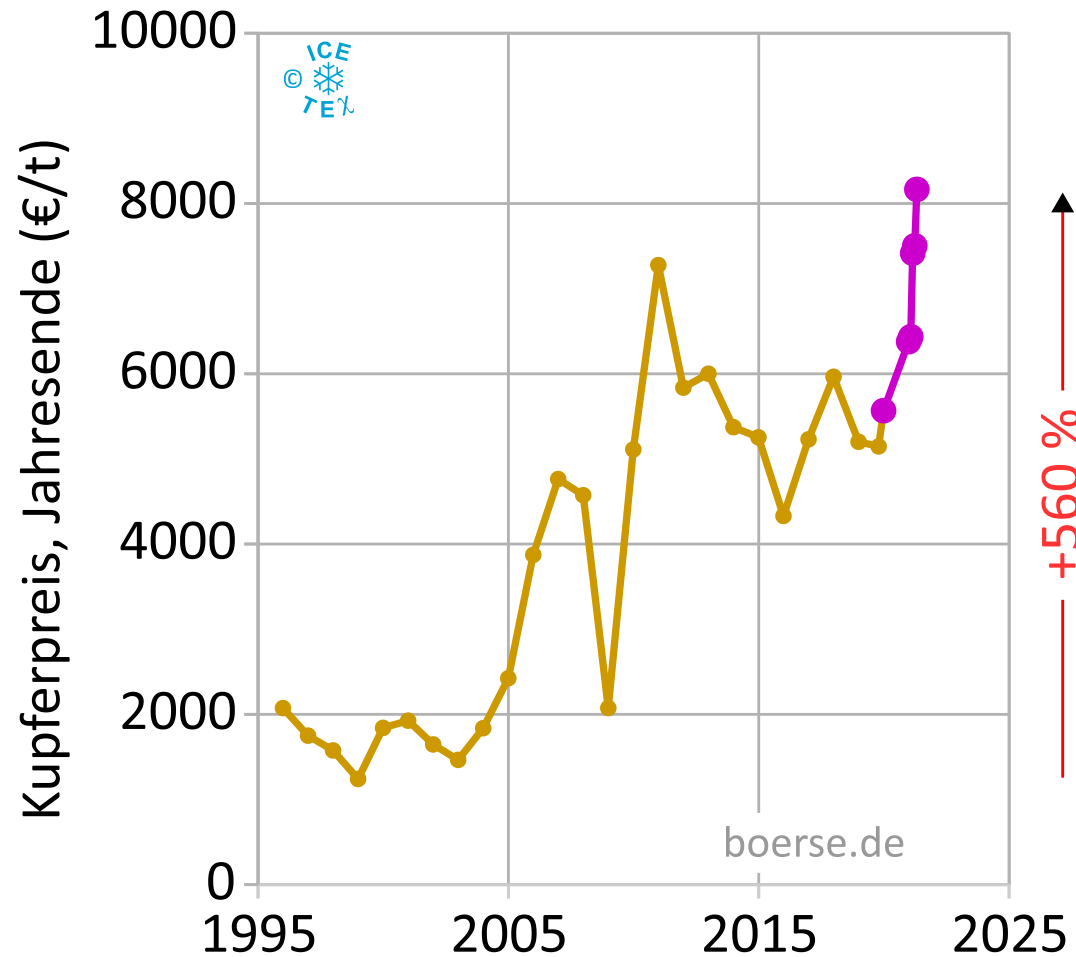
- ≈ Verdreifachung seit 2004
- 2009 – 2011 (Einfluss der Finanzkrise)
- Rückgang 2011 – 2016
- Anstieg 2016 – 2020

Anschließende Kupferpreis-Veränderung?



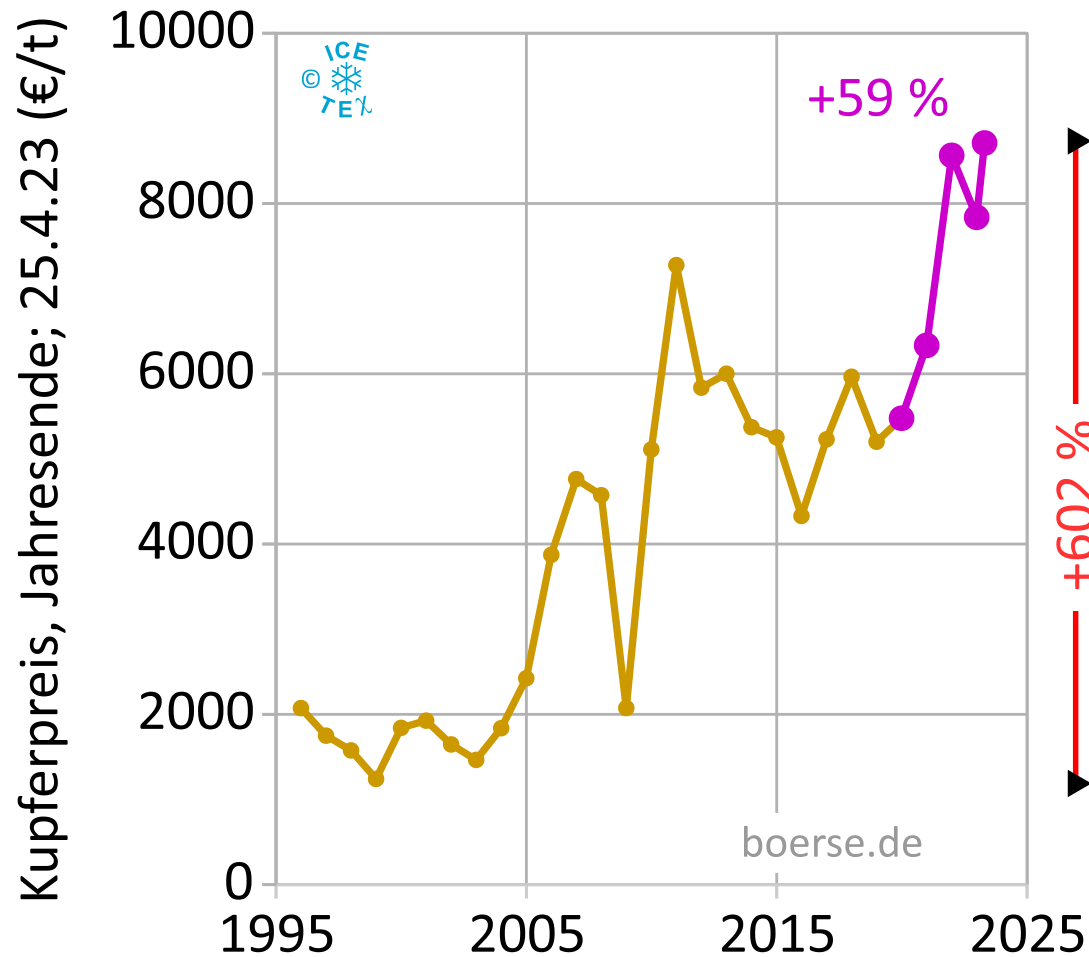
Preisänderung

- mäßiger Anstieg in 12 Monaten



Preisänderung

- deutlicher Anstieg in 16 Monaten um knapp 47 %



Preisänderung

- Anstieg insgesamt um knapp 60 %

Warum könnte der Kupferpreis so stark gestiegen sein?

Zukünftige Kupferpreis-Entwicklung?

Knappes Kupfer: Bis 2035 schließen weltweit 200 Minen

12.04.18 | Redakteur: Michael Eckstein



Am Abgrund: Blick in den Kupfertagebau Aitik in Schweden. Bis 2035 könnten weltweit bis zu 200 Minen schließen.

(Bild: gemeinfrei / CC0)

ELEKTRONIK
PRAXIS
Fachwissen
für Elektronik
Professionals

Experten warnen vor einem Kupfer-Engpass: Die Industrie muss sich wohl schneller auf eine Verknappung des für die Elektronik essenziellen Metalls einstellen, als bislang erwartet. Ein Grund: Die aufstrebende Elektromobilität.

Nach Kobalt jetzt Kupfer: Auf der 17. World Copper Conference in Santiago de Chile haben Experten davor gewarnt, dass die Nachfrage nach Kupfer das Angebot schneller übertreffen könnte als allgemein erwartet. Das berichtet das Beratungsunternehmen Goldinvest Consulting. Als Ursache dafür sahen die Industrievertreter demnach vor allem neue Technologien und die Elektromobilität.

Angebotsdefizit Kupfer

- Schließung von Kupferminen wegen Erschöpfung
- Konsequenzen: Preiserhöhungen u. Mengenzuteilungen
- **Bedarf Elektro-Pkw:**
22 – 30 kg Kupfer/Li-Ion-Akku bei Speicherkapazität. ≈ 20 kWh, (\emptyset Kupferbedarf $\approx 1,3$ kg/kWh)
- < 20 kg für Antriebsmotor, Motor Kältemittelverdichter, Elektrik
- $\Sigma \approx 40$ kg

... dass die Nachfrage nach Kupfer das Angebot schneller übertreffen könnte als allgemein erwartet.



Das Buch weitet den Blick über die kurzfristige Verfügbarkeit von kritischen Metallen auf die grundlegende Frage: Kritisch für wen? Die Autoren nehmen alle Akteure in den Blick und behandeln geologische, chemische, technische, ökonomische und soziale Aspekte wie auch Fragen des Recyclings und verbinden diese. Auch auf Fragen nach dem guten Leben und des Bergbaus aus der Sicht von Ländern des Südens, Fragen der Ressourcenpolitik und -gerechtigkeit gehen sie ein. Ein weiteres Thema sind das UN-Tiefseebergbauregime und dessen Perspektiven, wie sich zukünftig unkonventionell Erz aus der Tiefsee gewinnen lässt.

Kritische Metalle werden in den übergreifenden Zusammenhang der anstehenden Großen Transformation eingeordnet. Das Buch beleuchtet insbesondere die grundlegende Bedeutung der stofflichen Voraussetzungen der Energiewende und die energetischen Voraussetzungen der Stoffwende wie auch der Digitalisierung.

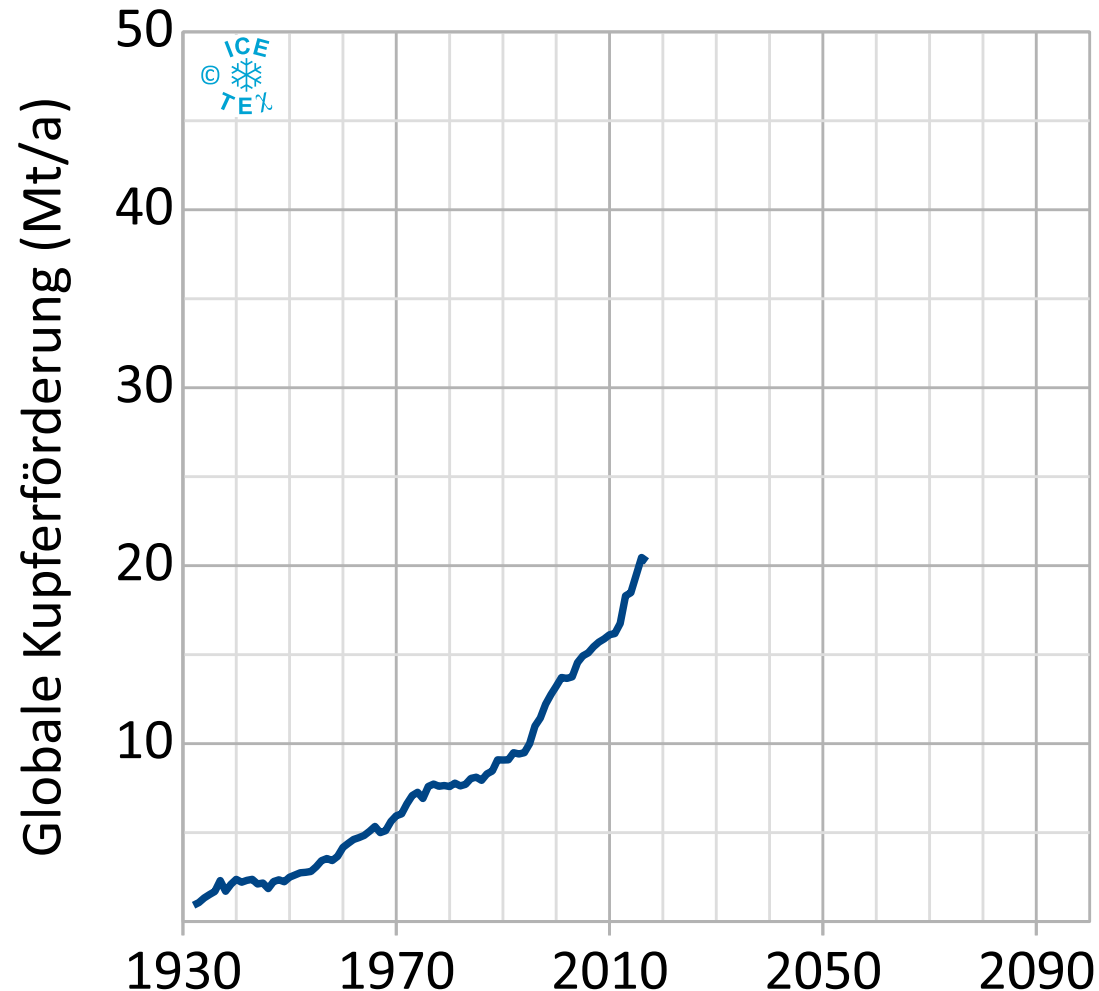
Damit lässt sich zeigen, dass nicht nur seltene Erden kritisch sind, sondern ebenso Industriemetalle wie etwa Kupfer.

Ressourcenpolitik zielt unter anderem auf Sicherung der Primärversorgung mit Technologiemetallen, auf Ressourceneffizienz, Recycling und Substitution kritischer Stoffe. Trotz erster Erfolge ist die Dynamik in Richtung einer zunehmenden Dissipation wertvoller kritischer Metalle ungebrochen. Nötig ist eine rasche Umsteuerung mit dem Ziel, kritische Metalle nicht länger im großen Stil zu verbrauchen, sondern sie klug zu gebrauchen.

81 Länder mit Kupferförderung

aktuell und ehemalig

Albania	Burma	Georgia	Kazakhstan	Norway	Sweden
Algeria	Canada	Germany	Kenya	Oman	Taiwan
Angola	Chile	Greece	Korea N	Pakistan	Tanzania
Argentina	China	Guatemala	Korea S	Papua-Neuguinea	Turkey
Armenia	Colombia	Haiti	Laos	Peru	Uganda
Australia	Congo/Brazaville	Honduras	Macedonia	Philippines	UK
Austria	Cuba	Hungary	Malaysia	Poland	USA
Azerbaijan	Cyprus	India	Mauret nia	Portugal	Uzbekistan
Belgian Congo	Czechoslovakia	Indonesia	Mexico	Romania	Zambia
Belgium	Dom.Rep	Iran	Mongolia	Russia	Zimbabwe
Bolivia	Ethiopia	Ireland	Morocco	Saudi Arabia	
Botswana	Finland	Israel	Mozambique	Serbia/Montenegro	
Brazil	France	Italy	Namibia	South Africa	
Bulgaria	FSU/USSR	Japan	Nicaragua	Spain	

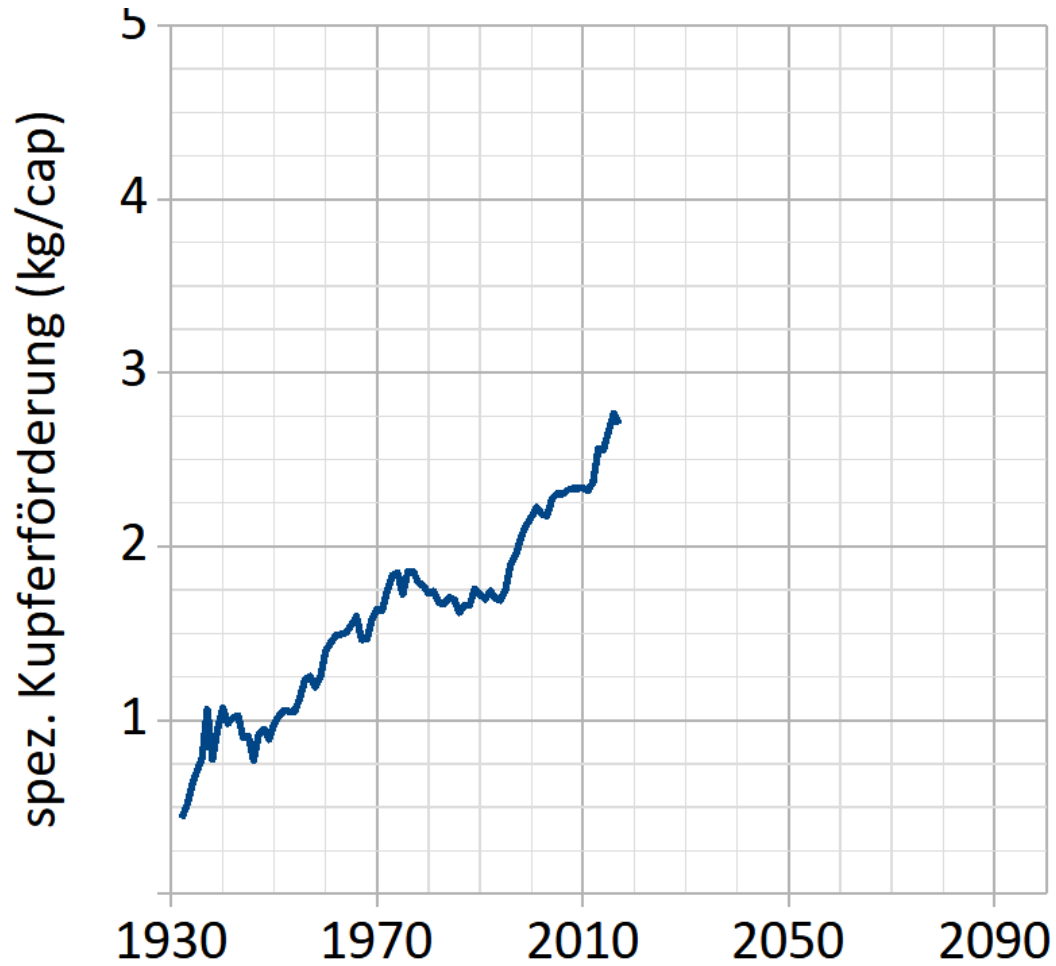


Anstieg der Kupferförderung 1932 - 2017

- leicht exponentiell
- ab 2011: starker absoluter Anstieg
 - 1930: Weltbevölkerung \approx 2 Mrd. Menschen
 - 2017: Weltbevölkerung \approx 7,5 Mrd. Menschen

Zukünftige Kupferförderung?

- \rightarrow Pro-Kopf-Betrachtung

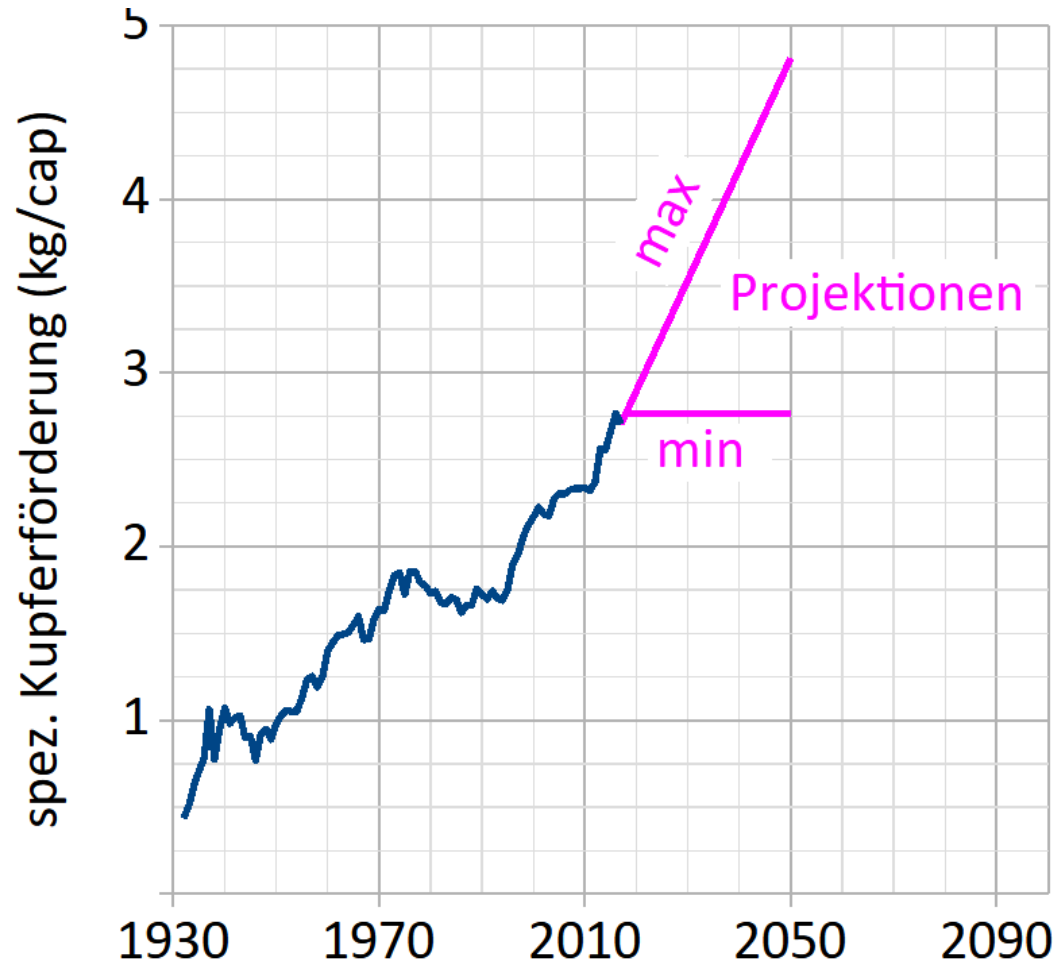


Anstieg des spez. Verbrauchs 1932 – 2017

- + 520 %
- ab 2011: starker Anstieg

Annahmen für zukünftigen Verbrauch

- bleibt konstant bei ca. 2,7 kg/cap
- steigt weiter an wie seit 2011 (linear)
- Anstieg der Weltbevölkerung auf 10 Mrd. Menschen bis 2050



Anstieg des spez. Verbrauchs 1932 - 2017

- + 520 %
- ab 2011: starker Anstieg

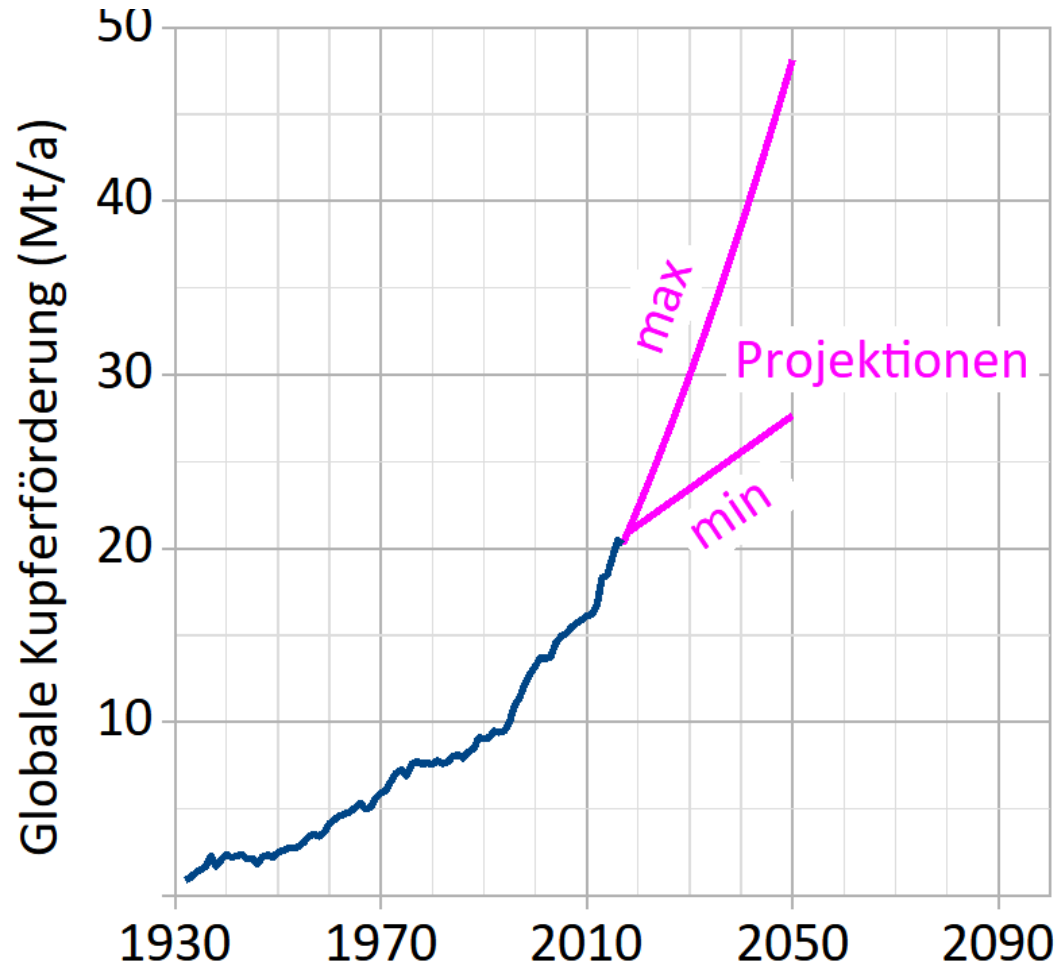
Annahmen für zukünftigen Verbrauch

- bleibt konstant bei ca. 2,7 kg/cap: min
- steigt weiter an wie seit 2011 (linear): max
- Anstieg der Weltbevölkerung auf 10 Mrd. Menschen bis 2050

Ergebnis

- maximaler Anstieg auf bis zu 4,8 kg/cap im Jahr 2050

Anstieg des absoluten Bedarfs →

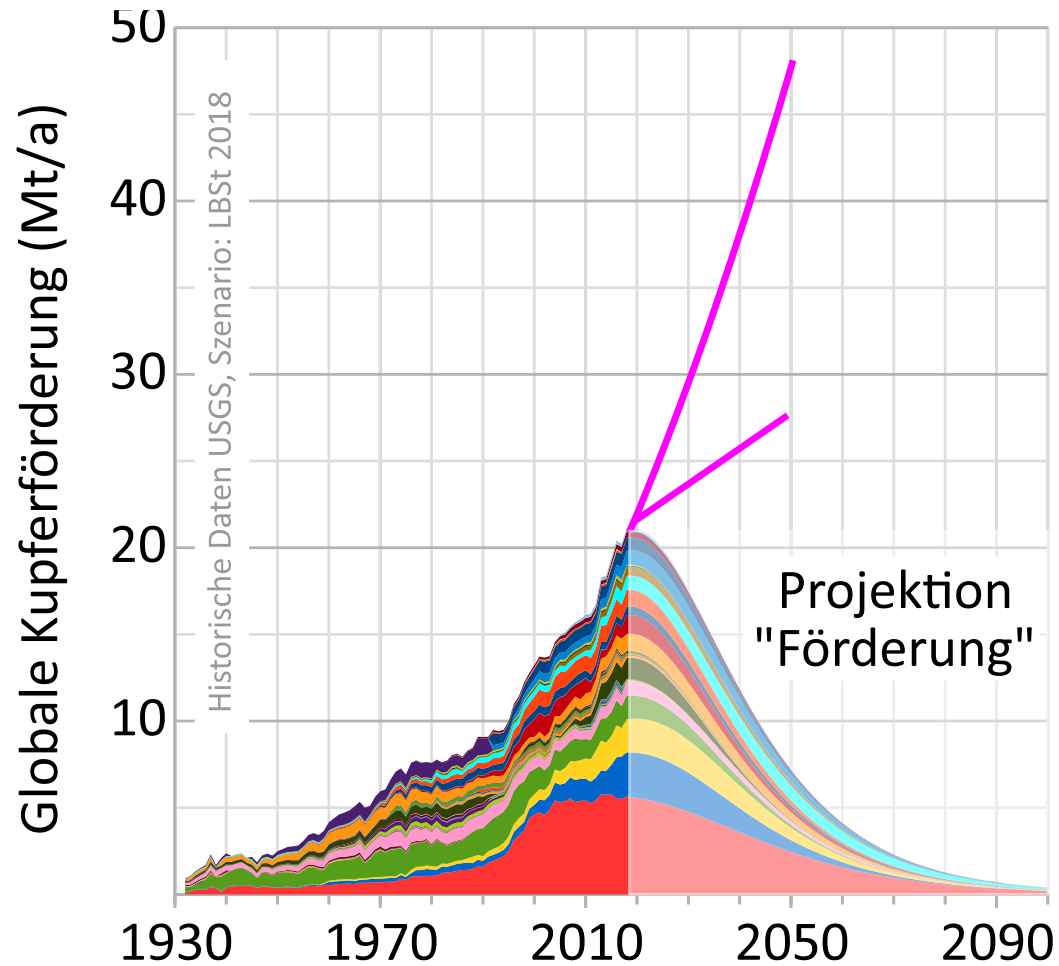


Zukünftiger Bedarf

- theoretischer Anstieg auf 27,5 – 48 Mt/a

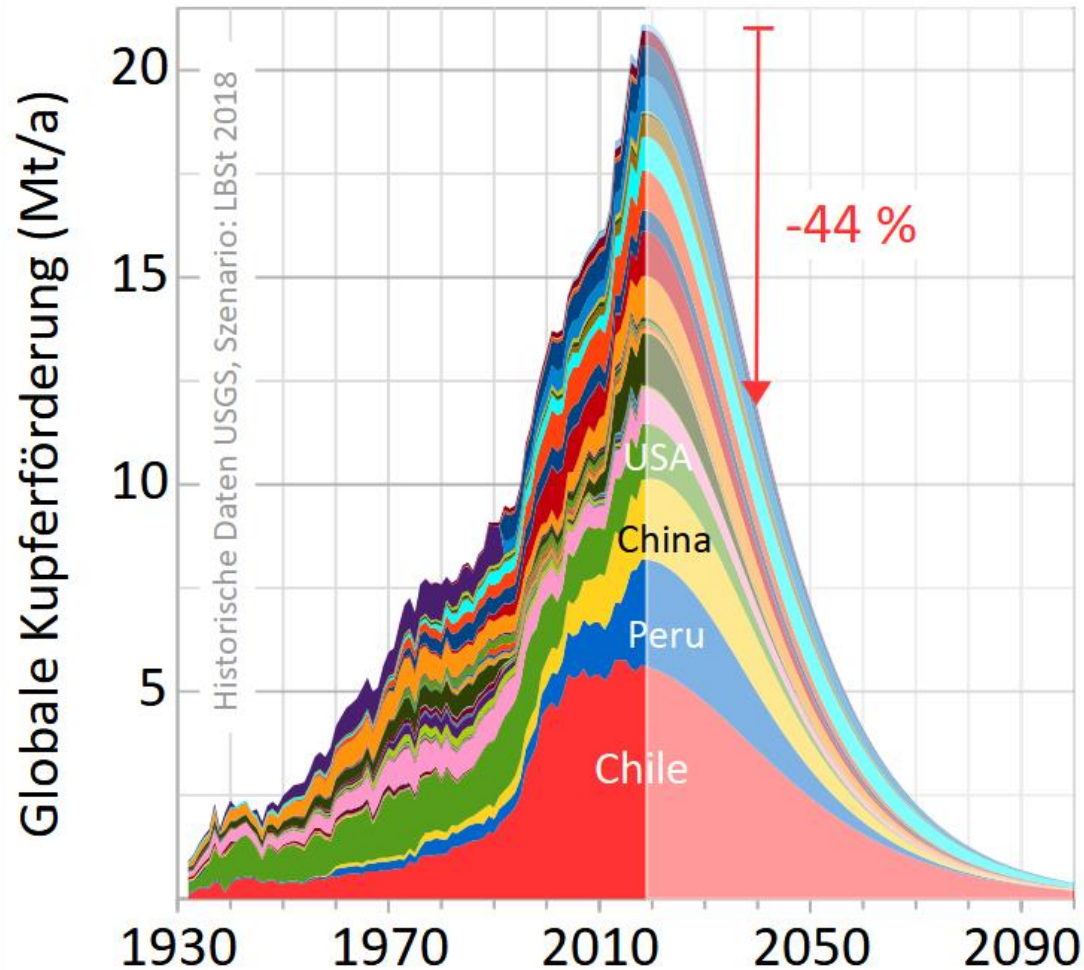
Projektion der *zukünftigen* Förderung aus

- „Kritische Metalle in der Großen Transformation“, aktualisiert 2018 →



Projektion „zukünftige Förderung“

- ab 2020: kontinuierlicher Förderrückgang
- Bedarfsdeckung mehr als unsicher
- Folge: Preisanstieg

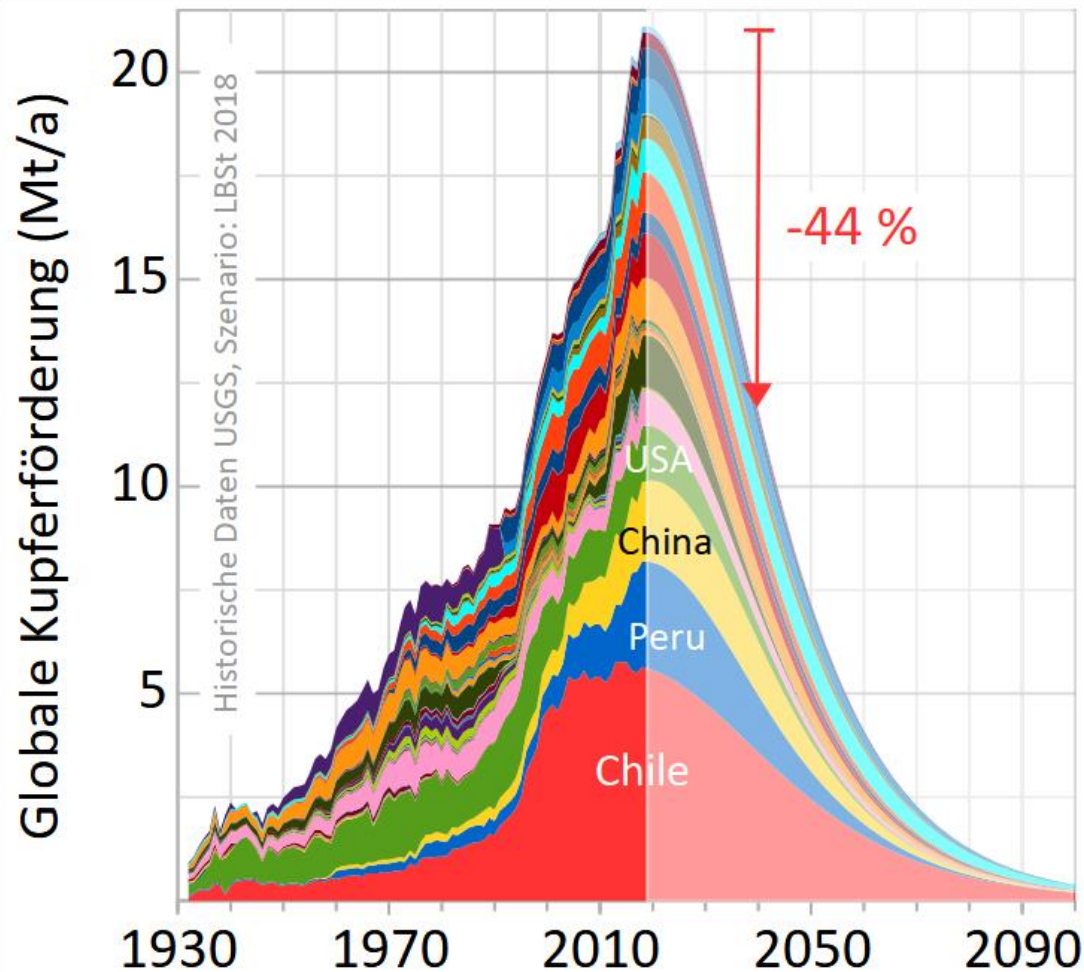


Kupfer-Förderung

- ab 2020: kontinuierlicher Förderrückgang
- Bedarfsdeckung mehr als unsicher

Gründe für Rückgang

- Verringerung des Kupfergehalts im Erz
 - 15. Jahrhundert $\approx 35 - 40 \%$
 - 17. Jahrhundert $> 20 \%$
 - 19. Jahrhundert $< 5 \%$
 - 21. Jahrhundert $< 2 \%$
- Förderung wird technisch und energetisch immer aufwendiger



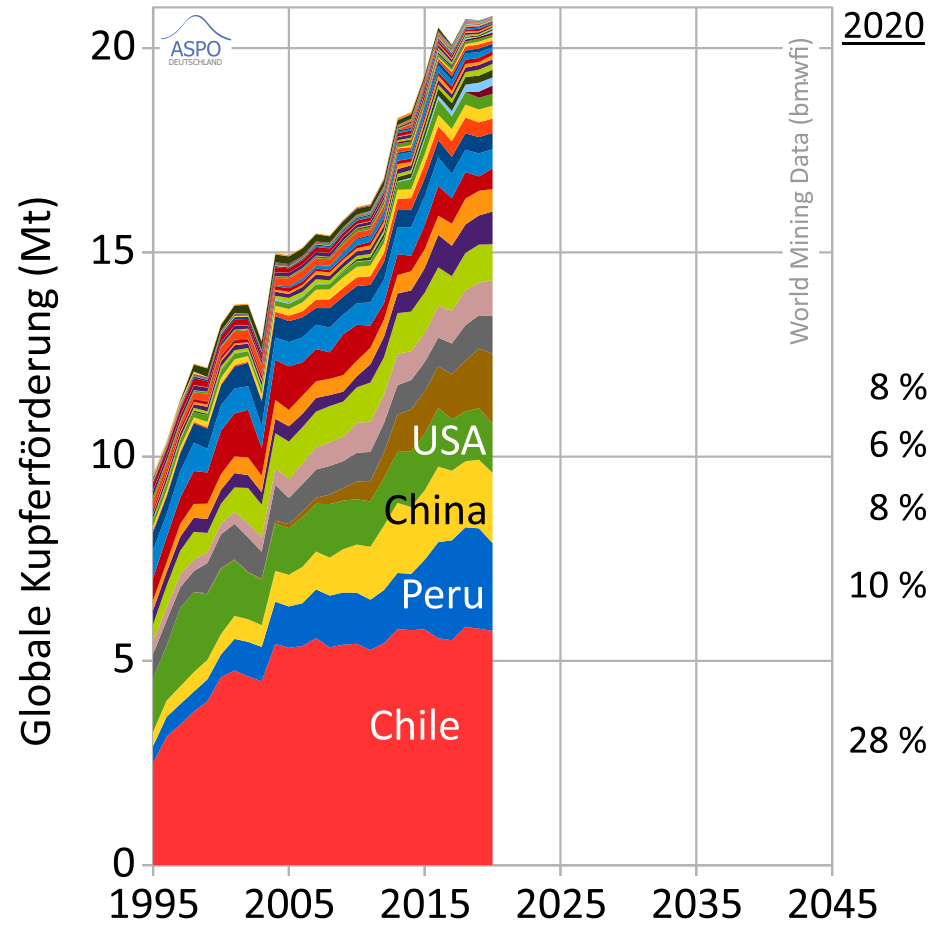
Zukünftiger Kupfer-Bedarf

- Elektrifizierung der Energieversorgung
 - Photovoltaik, Windenergieanlagen
 - Informations-, Kommunikationstechnologie
 - Energiespeicher
 - Robotik
- Elektromobilität
 - Motoren
 - Batterien
 - Infrastruktur
- Gebäude
 - Elektrotechnik in Gebäuden
 - Unterhaltungselektronik
 - Kältemittelleitungen f. wärmepumpende Anl.

(Kupfer-Recycling kann Förderrückgang nicht kompensieren)

- **Verknappung/Nutzungskonkurrenzen**
 - Preissteigerungen
 - Suche nach Alternativen

Globale Minenförderung von Kupfer 1995 – 2020



Stagnation seit ≈ 2016

Abschätzungen zum absoluten Kupferbedarf bei Elektrifizierung der Energiewelt bis 2050 und Anstieg der Weltbevölkerung

Elektromobilität

- globaler Bestand Kfz. mit Verbr.-M. 2018: 1,4 Mrd.
- globaler Umstieg auf Elektrofahrzeuge
→ zusätzlicher Kupferbedarf \approx 56 Mio. t

Stationäre Batteriespeicher (EVU, Haushalte ...)

- globaler Elektroenergieverbrauch \approx 22 TWh (2014)
- Annahme: Speicherung von 25 % = 5,5 TWh
- → zusätzlicher Kupferbedarf \approx 7 Mio. t

Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlagen

- Annahmen
 - 20 kg Cu / Kälteanlage (Kältemittelleitungen, Elektrik)
 - Verdreifachung Energieverbrauch (= Anlagenanzahl)
- → zusätzlicher Kupferbedarf \approx 28 Mio. t

Bauwesen, Infrastruktur, Industrie, Transport

- Anstieg der Weltbevölkerung auf \approx 10 Mrd.
- → Bedarf für zusätzlich 2,5 Mrd. Menschen,

Erkenntnisse für globalen Kupferbedarf

- starke Bedarfsanstiege vs. Förderrückgang
- → Bedarfsdeckung ist unwahrscheinlich

$\Sigma > 90$ Mio. t



Interview, veröffentlicht am 20.11.2018

- „Die Europäer müssen "sehr wachsam" sein, dass die heutige Abhängigkeit von importiertem Öl und Gas nicht durch die **Abhängigkeit von Lithium, Kobalt, Kupfer** und anderen Rohstoffen ersetzt wird, die die Industrie für den grünen Übergang benötigt.“
- ~~Für eine Windkraftanlage mit 3 MW Leistung werden 4,7 t Kupfer benötigt.~~

<https://www.euractiv.com/section/circular-economy/interview/eus-sefcovic-raw-materials-could-become-the-new-oil/>

Der globale Rohstoffverbrauch

- steigt weiterhin stark an
- Projektion bis 2050: Verdoppelung des Primärmaterial-Einsatzes
- kritisch: alle wichtigen Metalle
- besonders kritisch: Kupfer (hoher Bedarf bei globaler Elektrifizierung)

Charakteristik der Entwicklungen

- exponentielle Veränderungen bei allen betrachteten Rohstoffen
- exponentielles Wachstum kann nicht beliebig lange fortgesetzt werden,
- es wird entweder freiwillig begrenzt ... oder unfreiwillig

Der globale Rohstoffverbrauch

- steigt weiterhin stark an
- Projektion bis 2050: Verdoppelung des Primärmaterial-Einsatzes
- kritisch: alle wichtigen Metalle
- besonders kritisch: Kupfer (hoher Bedarf bei globaler Elektrifizierung)

Charakteristik der Entwicklungen

- exponentielle Veränderungen bei allen betrachteten Rohstoffen
- exponentielles Wachstum kann nicht beliebig lange fortgesetzt werden,
- **es wird entweder freiwillig begrenzt ... oder unfreiwillig**