

Fukushima und die Zukunft der Kernenergie

Prof Ralf Kaiser



Was ich heute erzählen werde

Fukushima - Eine kurze Geschichte des Unfalls

Strahlungsmessungen - Welche Daten findet man wo ?

Fukushima - Persönliche Eindrücke

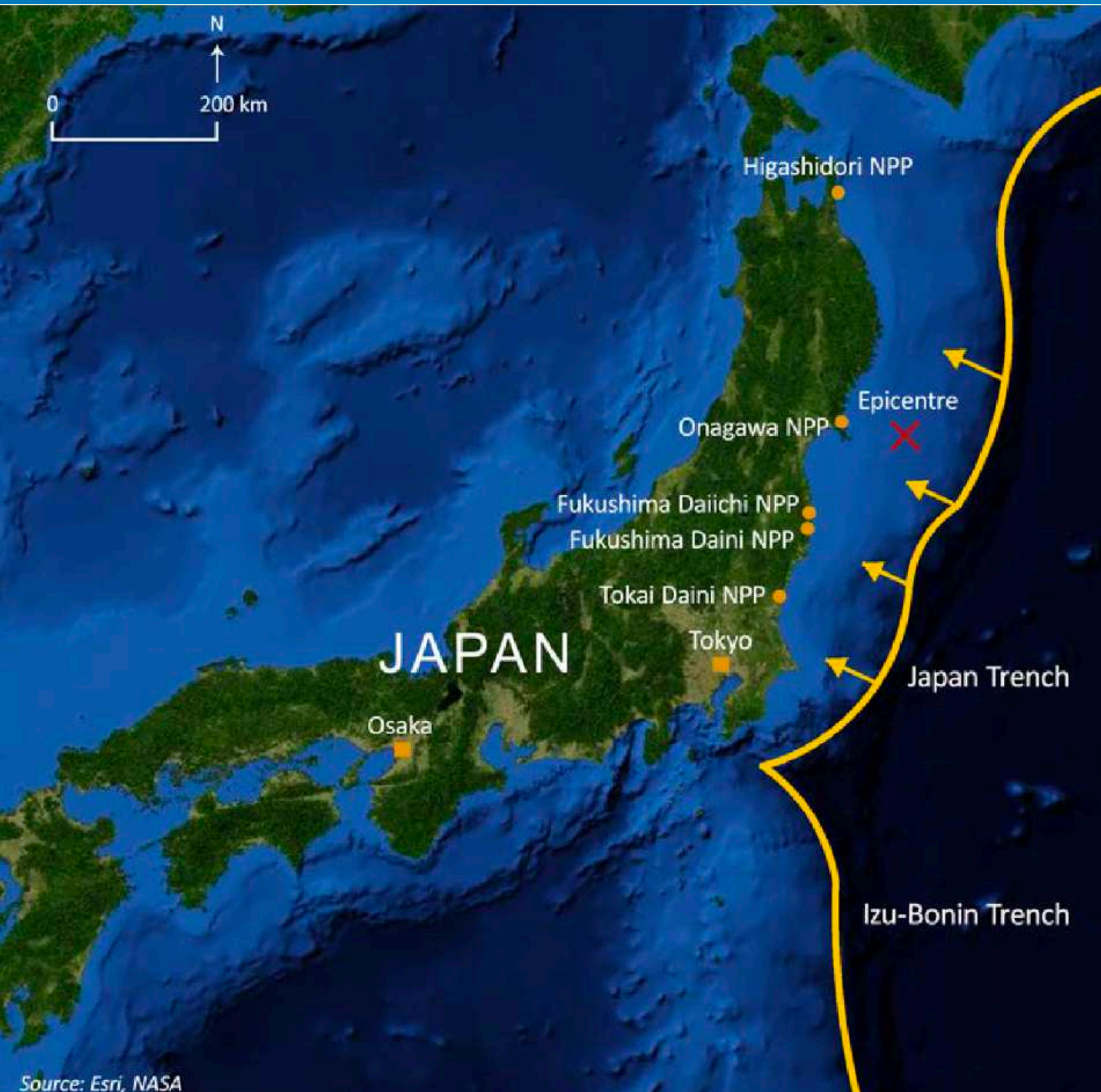
Kernenergie und Energie allgemein - Ein paar Statistiken

Wo kommt die Energie eigentlich her ?

Kernfusion - Wie das funktioniert und warum das eine gute Idee ist

Meine Meinung zur Kernenergie und Energie in der Zukunft an sich

2011 Tohoku Erdbeben und Tsunami



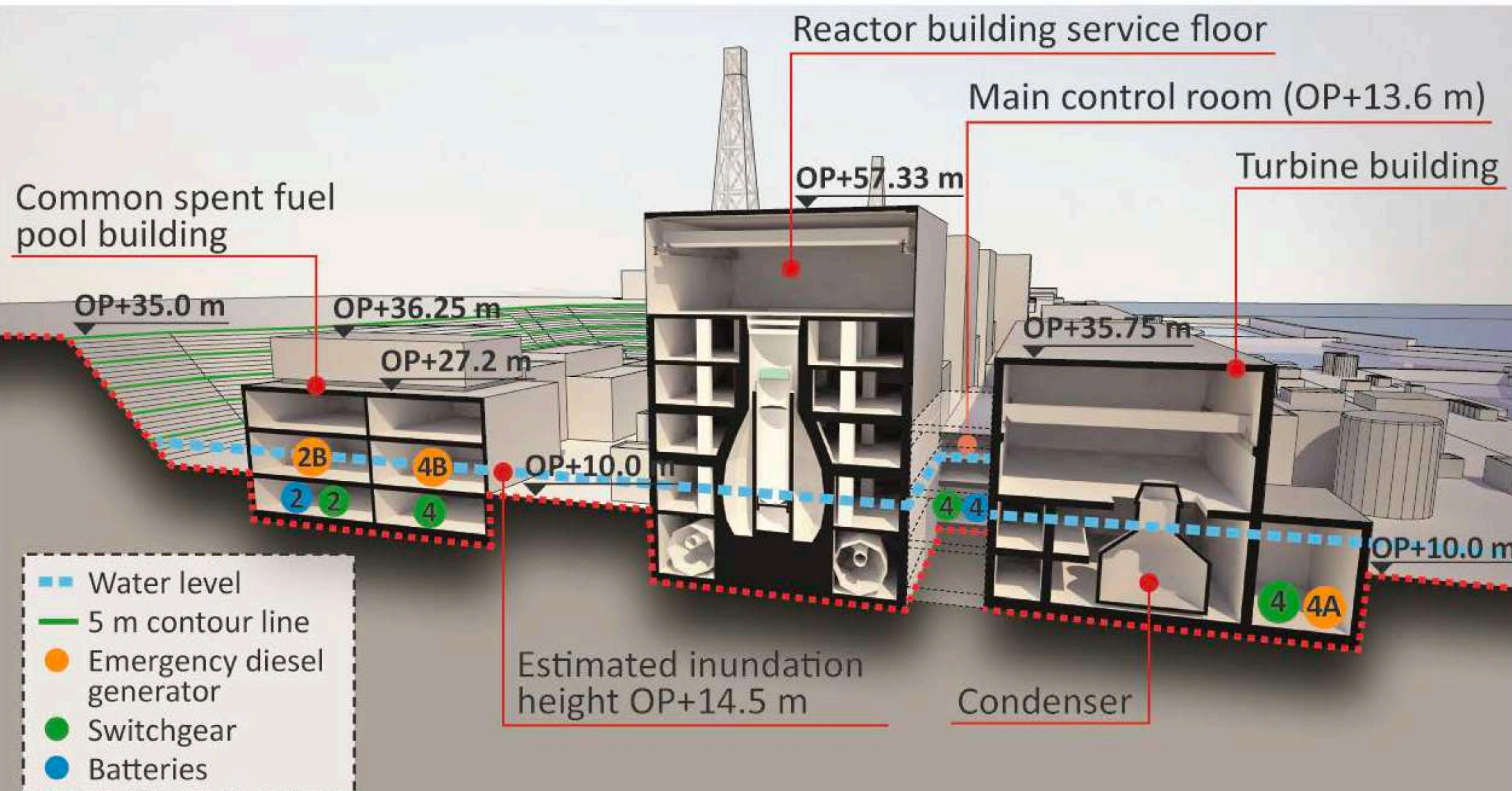
- Um 14:46 JST am 11. March 2011 ereignete sich ein 9.0-9.1 Erdbeben, unter dem Pazifik mit einem Epizentrum etwa 70 km vor der Küste von Tohoku.
- Es war das schwerste Erdbeben in Japan seit es Aufzeichnungen gibt, und das fünft-größte in der Welt seit 1900.
- Die gesamte Insel Honshu bewegte sich 2.4 m nach Osten.
- Die Tsunami an der japanischen Ostküste war bis zu 40m hoch.
- 19,575 Tote, direkt oder indirekt aufgrund von Erdbeben und Tsunami



October 2010



Section 1-1



Fukushima - Ablauf des Unfalls

- TEPCO Fukushima-Daiichi Kernkraftwerk: 6 General Electric Siedewasserreaktoren. Die Einheiten 5/6 waren abgeschaltet, von Einheit 4 waren die Brennstäbe entfernt worden.
- Reaktoren 1-3 schalteten sich direkt nach dem Erdbeben automatisch ab. Die Brennstäbe müssen jedoch weiter aktiv gekühlt werden.
- 50 min nach dem Erdbeben kommt die Tsunami an, über die Schutzmauer, und flutet die Räume mit Seewasserpumpen und Diesel-Notgeneratoren.
- Am 12.März sind die Batterien leer. Ohne aktive Kühlung beginnt der Reaktor sich zu überhitzen. Die Zirkonium-Ummantelung der Brennelemente erreicht 1200 Grad Celsius und reagiert mit dem Kühlwasser, das in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten wird.
- Zwischen 12. und 15. März ereignen sich mehrere Wasserstoff-Explosionen in allen drei Reaktoren, die die Reaktorgebäude zerstören. Grosse Mengen Radioaktivität, etwa ein Drittel der Menge von Chernobyl, werden freigesetzt.

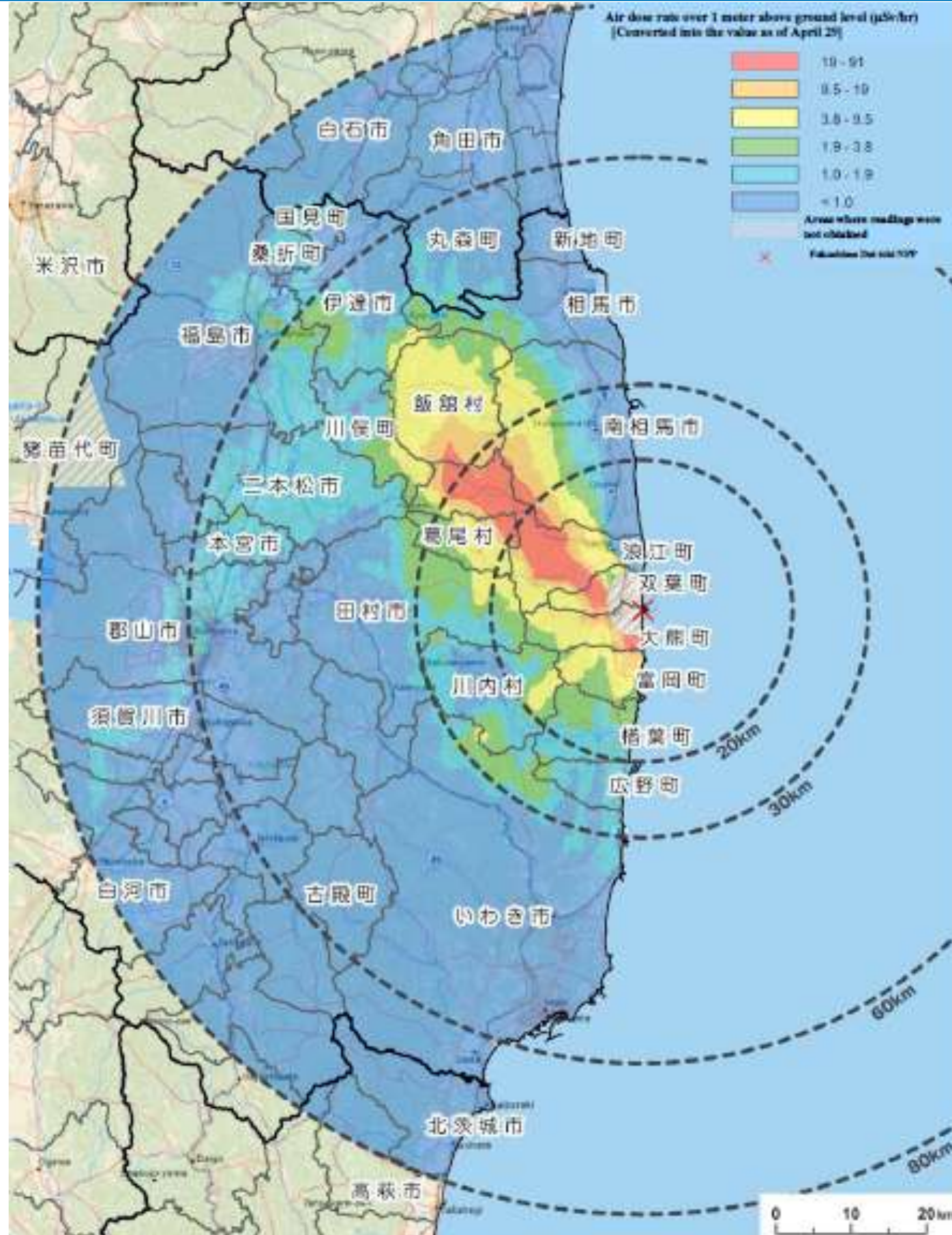
Fukushima - Reaktionen

- **11.März 2011**, 19:03 Fukushima Präfektur evakuiert 1800 Personen aus 20km Umkreis um das Kernkraftwerk
- **21:23** Premierminister erweitert Evakuierung auf 5800 Personen aus 30km Umkreis
- **12.März 2011** 50.000 Personen evakuiert
- **13.März 2011** 170.000-200.000 Personen evakuiert
- Nach den Messungen im **April** wird die Evakuierungszone an die Messungen angepasst
- Bei **September 2011** sind immer noch etwa 100.000 Personen evakuiert
- Allerdings haben mehr als 500.000 Menschen ihre Häuser und Wohnungen aufgrund von Erdbeben/Tsunami verloren

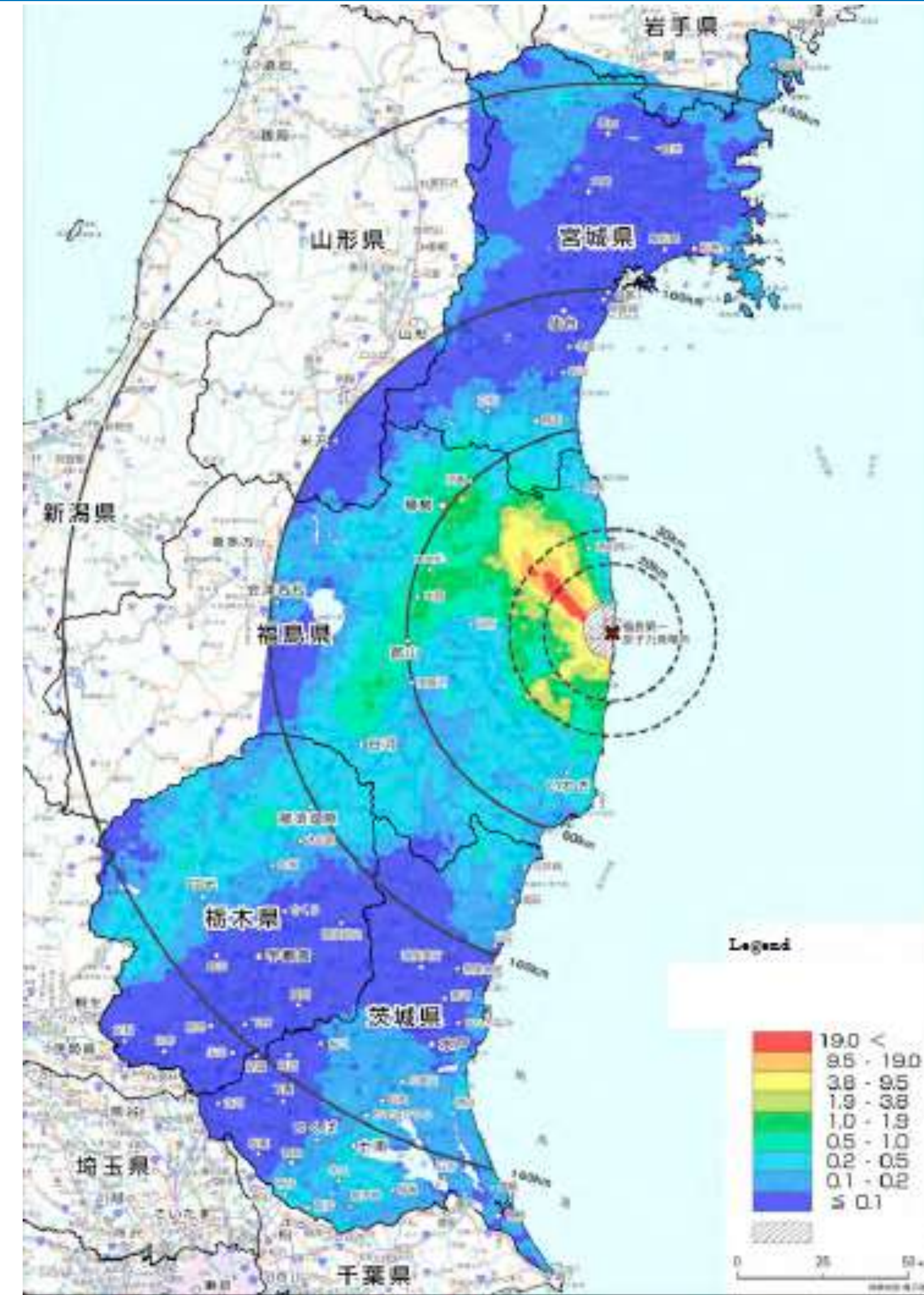
Fukushima - Deutsche Reaktionen

- **14. März 2011** Bundeskabinett beschliesst Sicherheitsüberprüfung für alle deutschen Kernkraftwerke und 3-monatige Stilllegung für die 8 ältesten.
- **6. Juni 2011** Kabinett beschliesst Stilllegung der 8 Kernkraftwerke und Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022
- **30. Juni 2011** Bundestag beschliesst, in namentlicher Abstimmung, mit grosser Mehrheit das '13. Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes'.
- **10. Dezember 2015** Erstes Plasma in Wendelstein-7X, dem weltweit grössten Stellarator (Fusionsexperiment, mehr später)

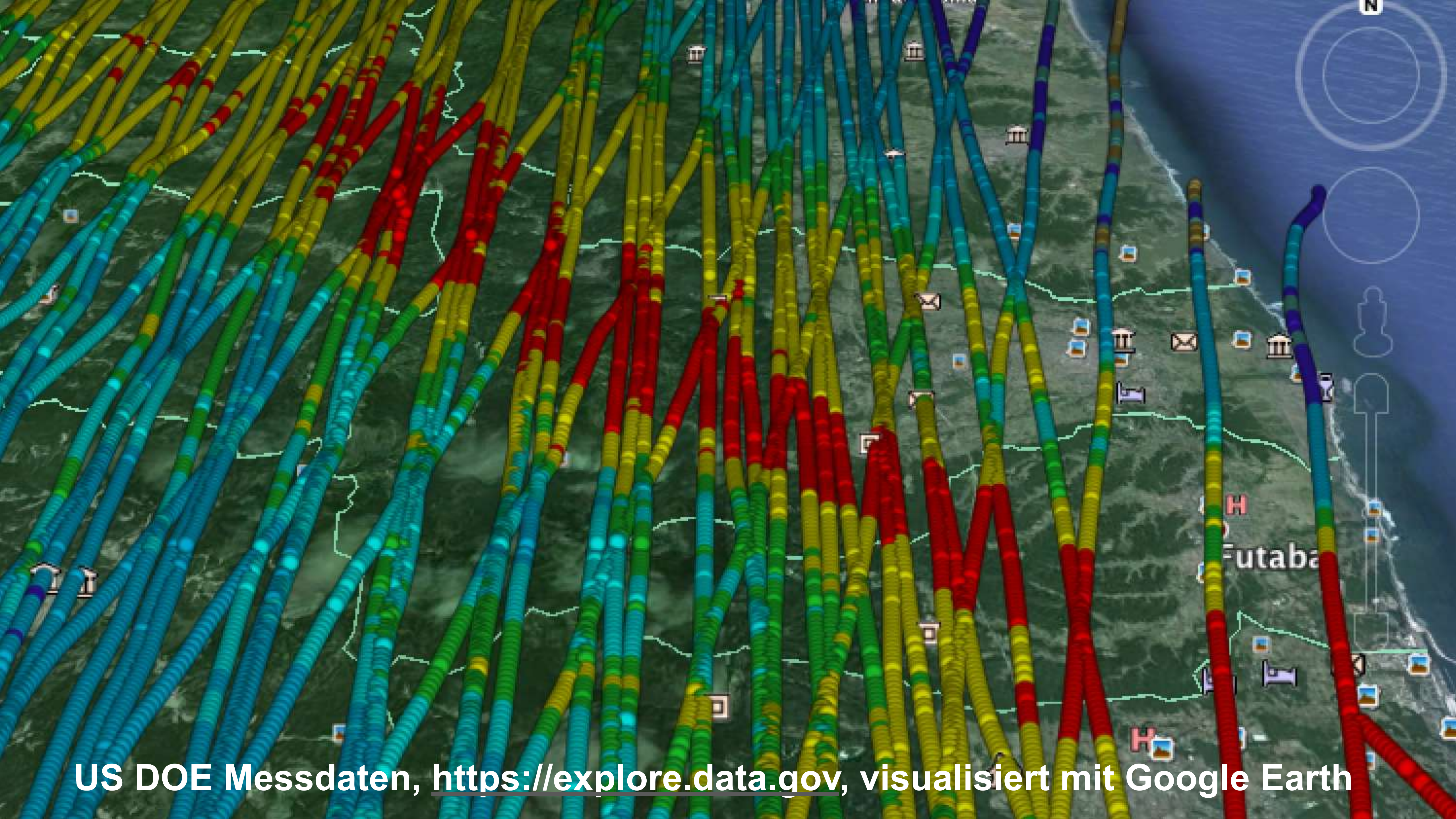
Fukushima - Ausmass der Kontamination



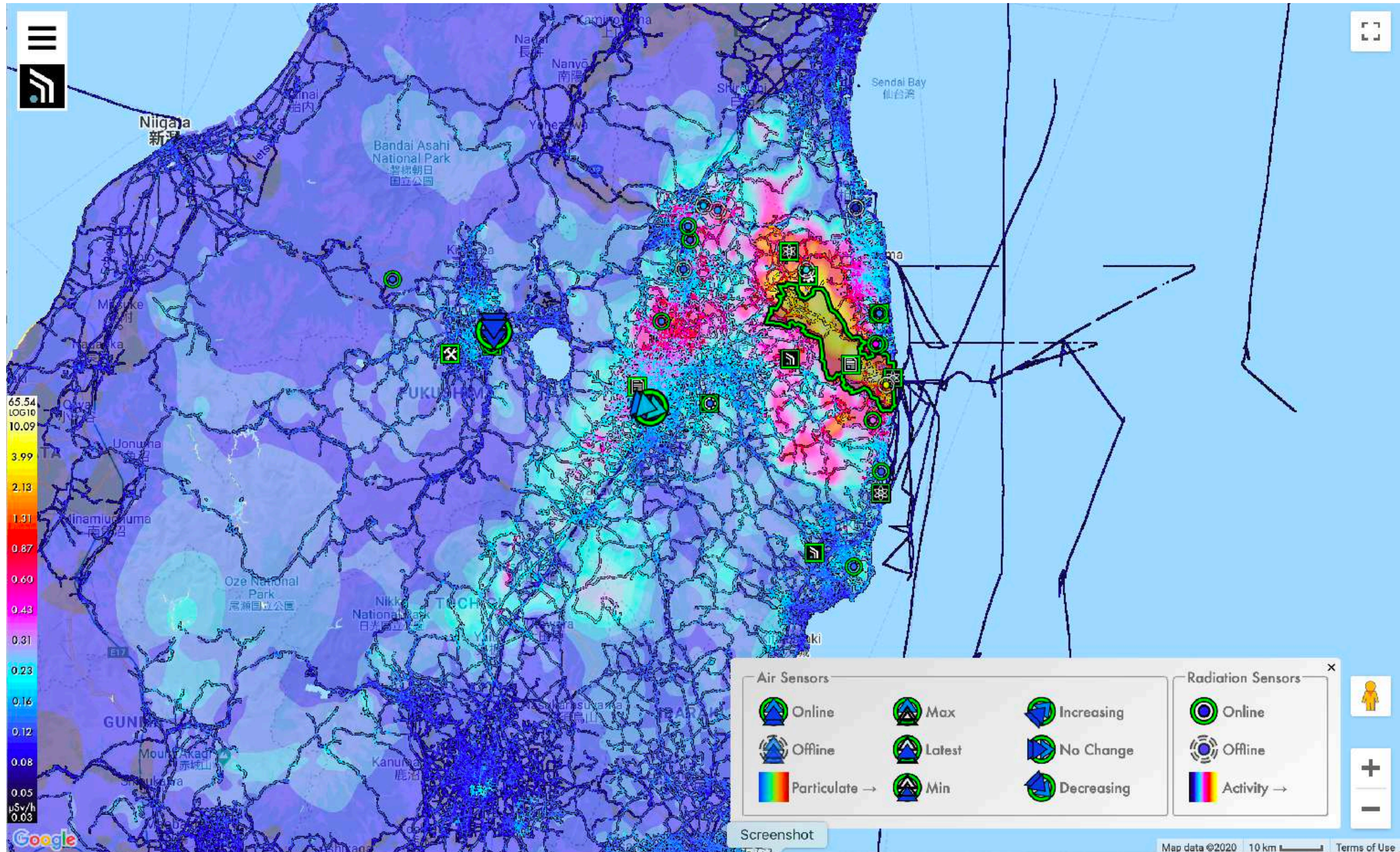
Air dose rate, first survey, April 2011



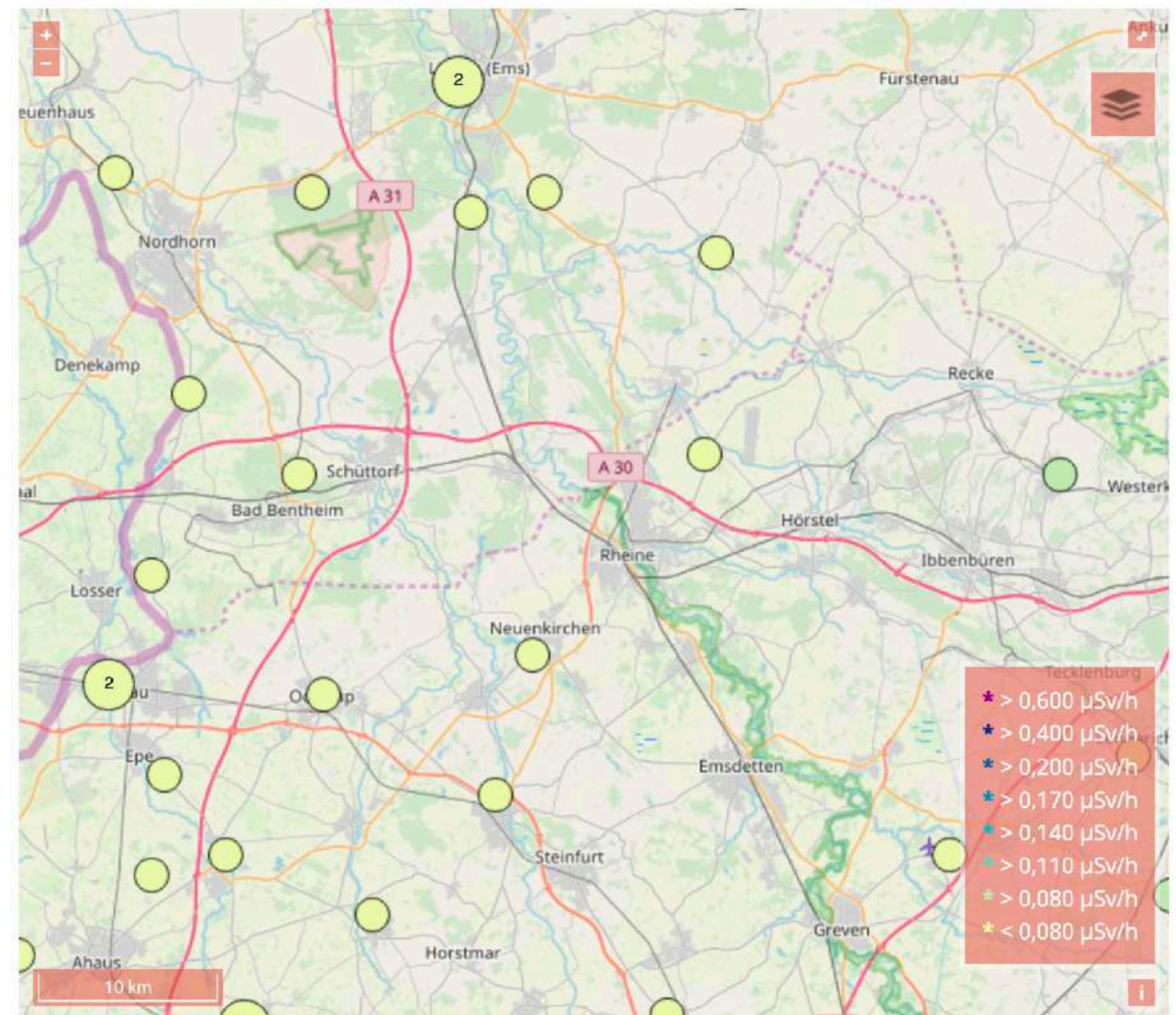
Air dose rate, extended survey, July 2011



US DOE Messdaten, <https://explore.data.gov>, visualisiert mit Google Earth



Strahlungsmessstationen in Deutschland



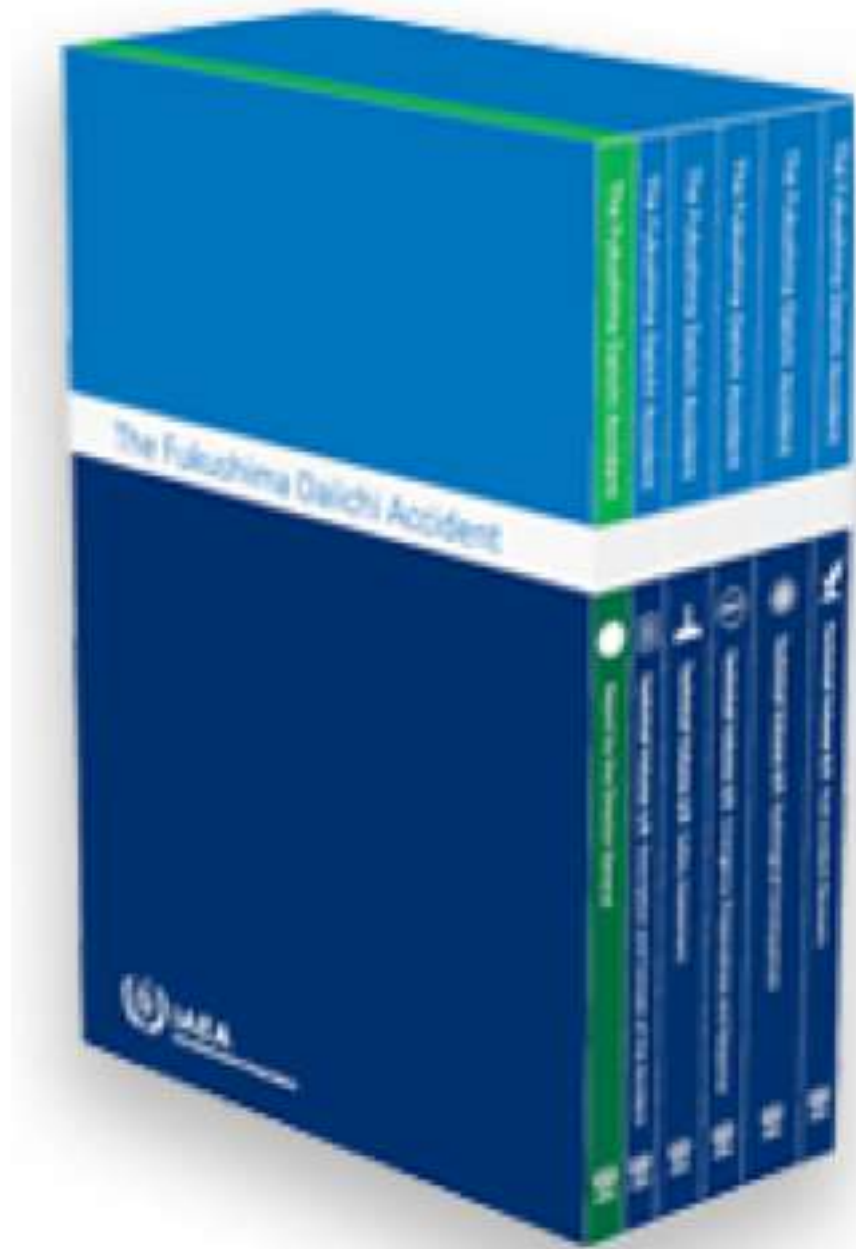
IAEA Publikation zu Fukushima

The Fukushima Daiichi Accident

Non-serial Publications

Subject Classification: 0610-Accident response

● STI/PUB/1710; (ISBN:978-92-0-107015-9); 1254 pp.; 311 figures; € 60.00;
Date Published: 2015



Free PDF download a
<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10962/The-Fukushima-Daiichi-Accident>



いわき200
さ 488

新持出











施設長

事務次長

来客用

来客用

来客用

来客用

※来客用の下足入れは黄色テープの

2016







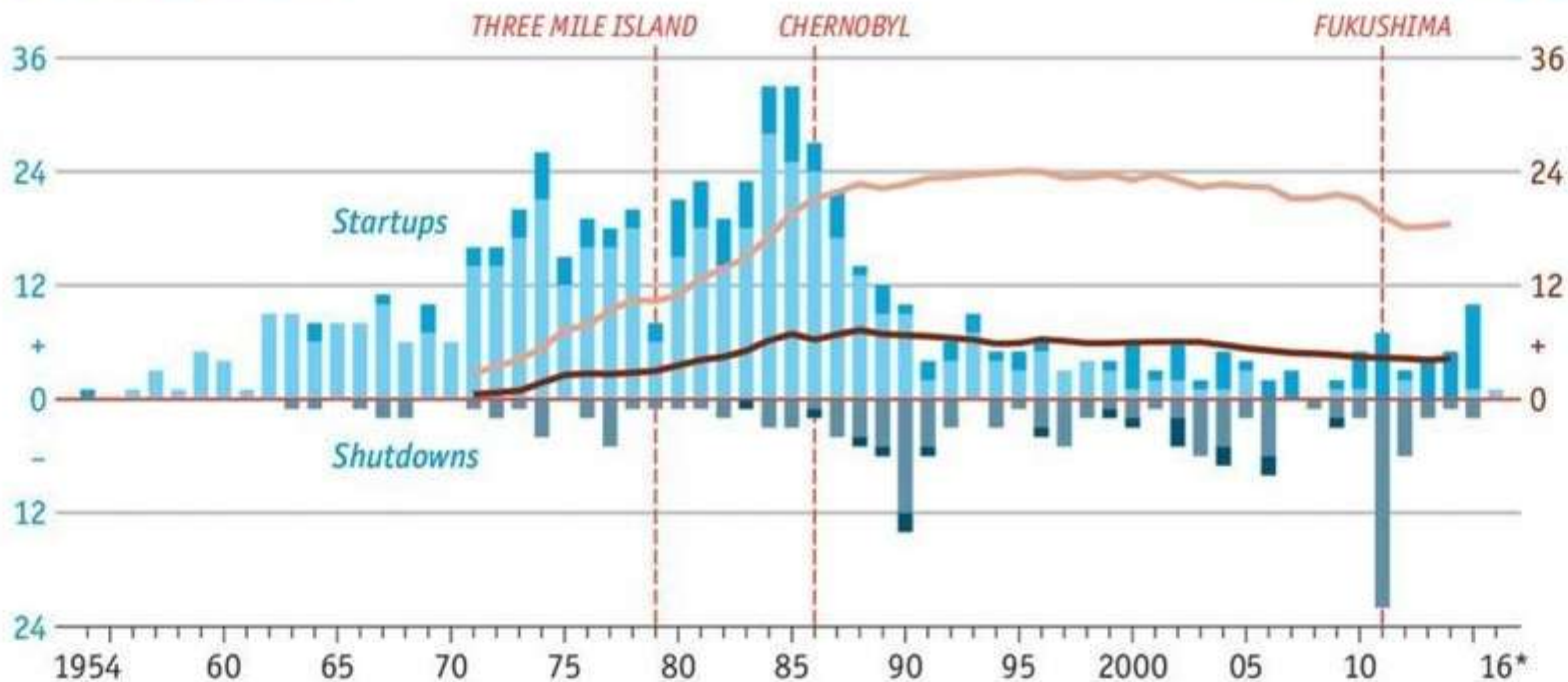
Meltdown

Global nuclear reactors

OECD Non-OECD

Nuclear share of total electricity generation, %

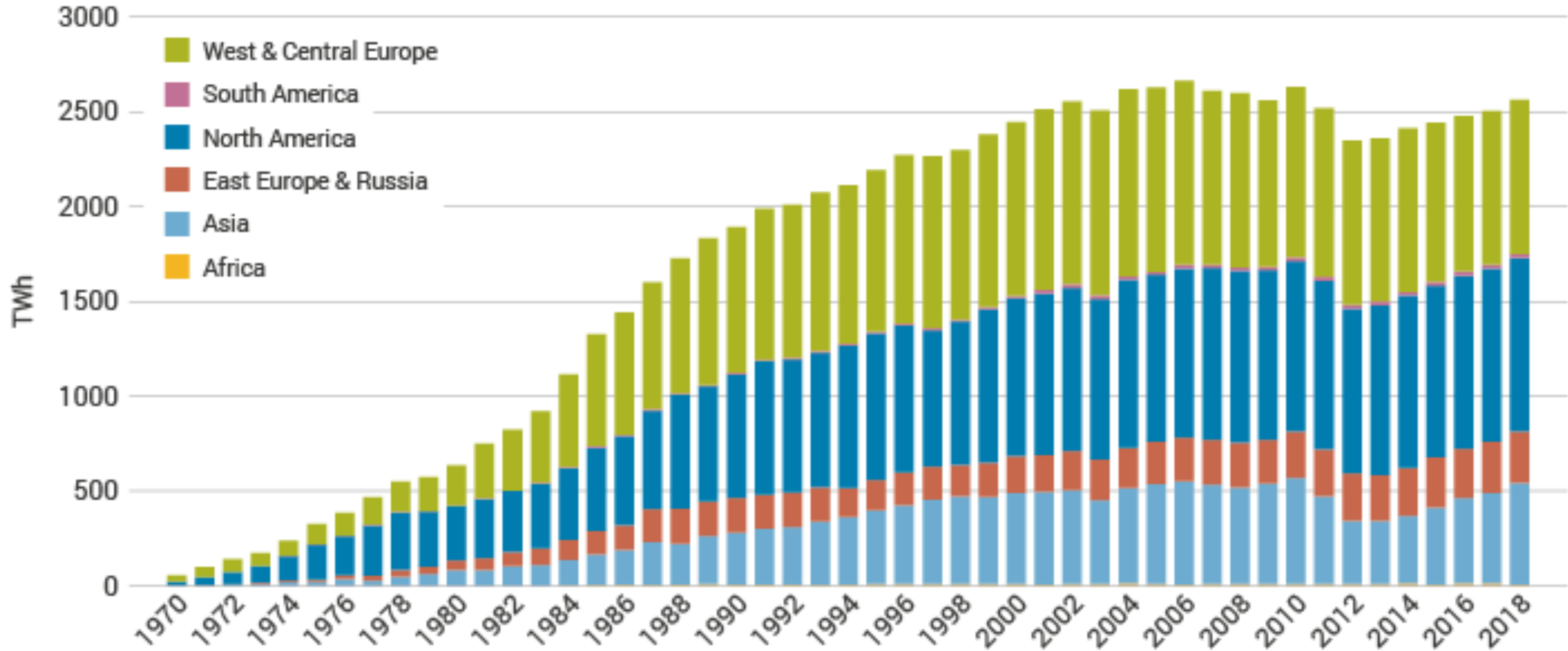
OECD Non-OECD



Sources: IEA; World Nuclear Industry Status Report 2015

*To March 8th

Elektrizitätsproduktion durch Kernenergie

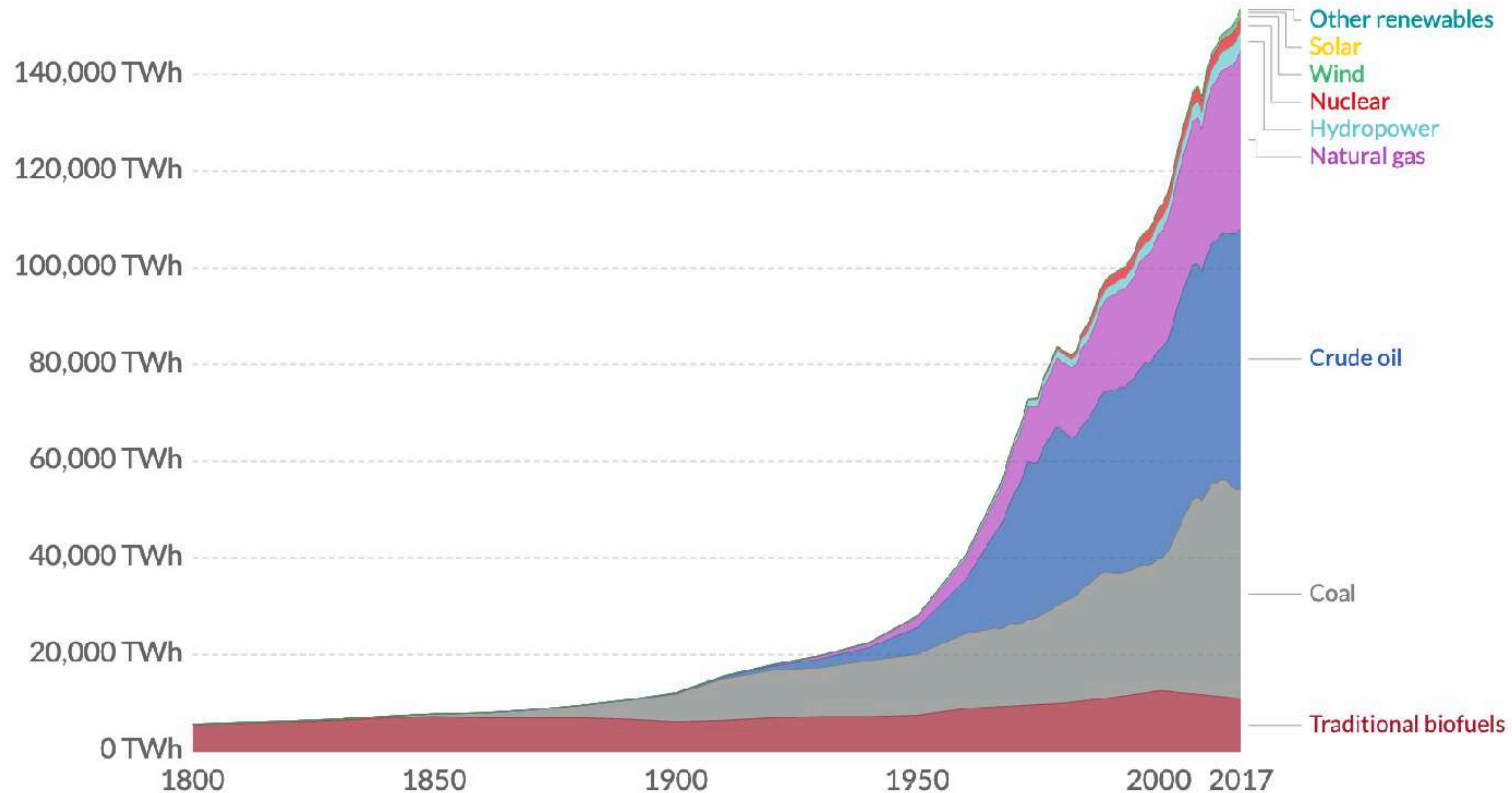


Source: World Nuclear Association and IAEA Power Reactor Information Service (PRIS)

Welt-Energieverbrauch

Global primary energy consumption

Global primary energy consumption, measured in terawatt-hours (TWh) per year. Here 'other renewables' are renewable technologies not including solar, wind, hydropower and traditional biofuels.

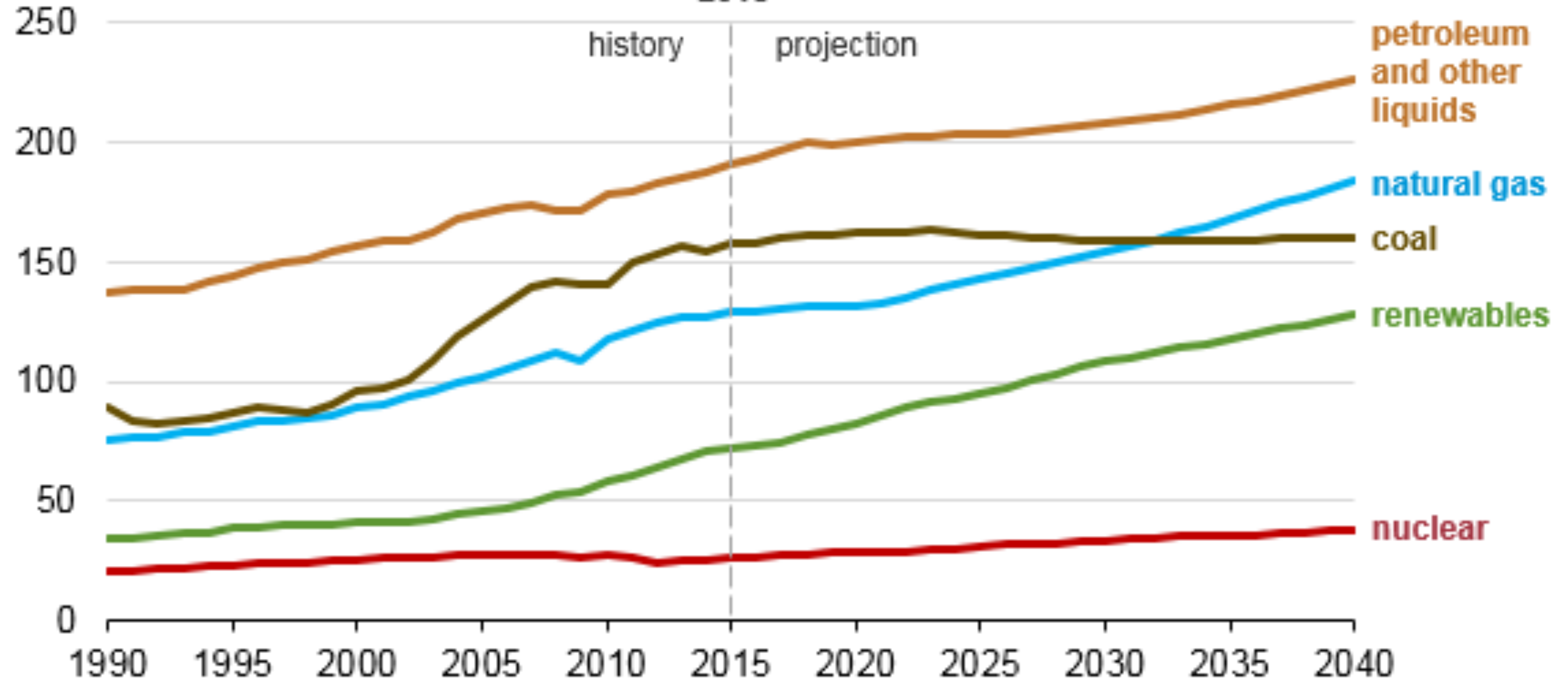


Welt-Energieverbrauch



World energy consumption by energy source (1990-2040)

quadrillion British thermal units

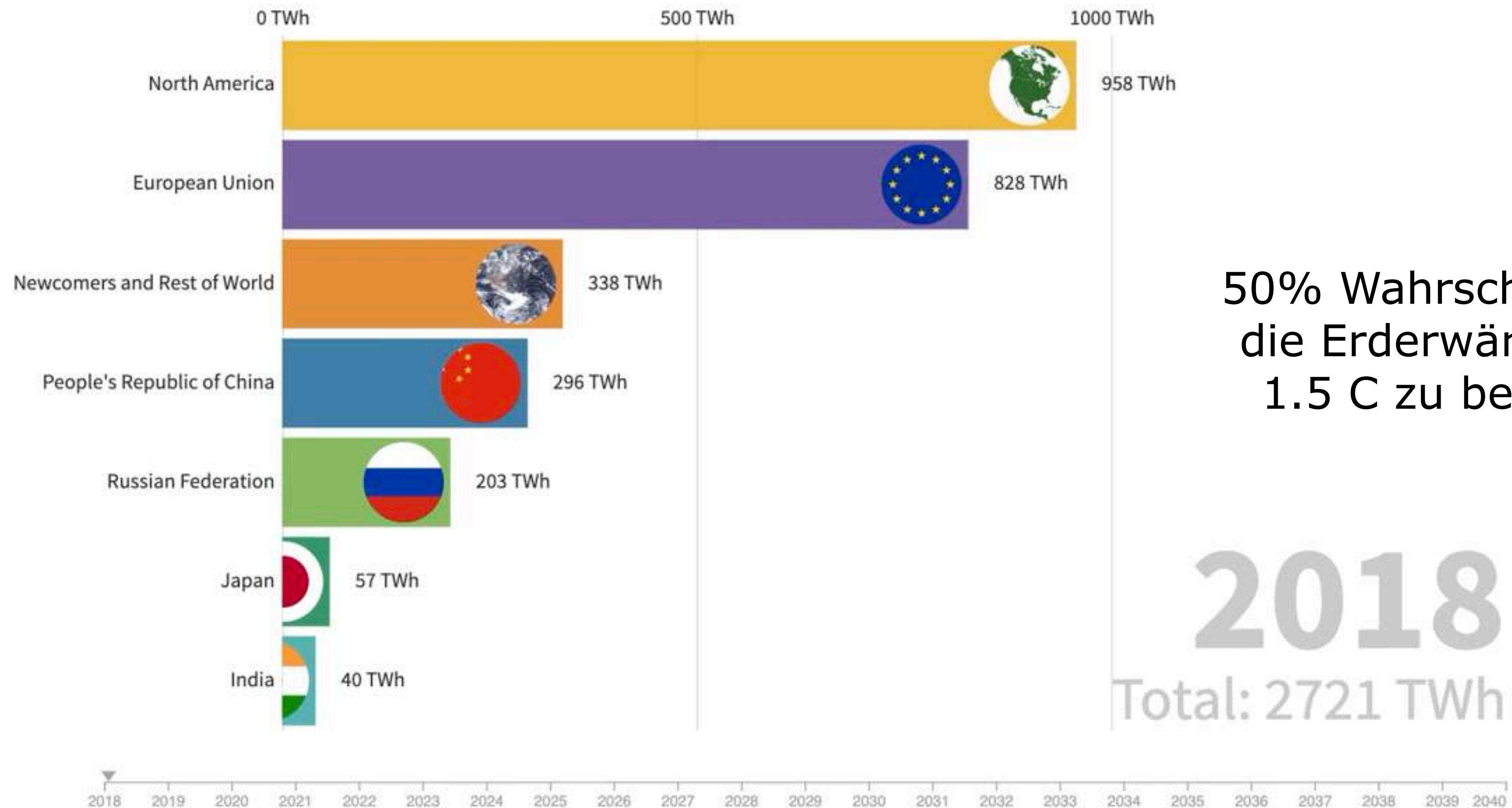


IAEA Zukunftsprojektion Kernenergie

Nuclear Power Expands to New Markets Under Sustainable Development Scenario

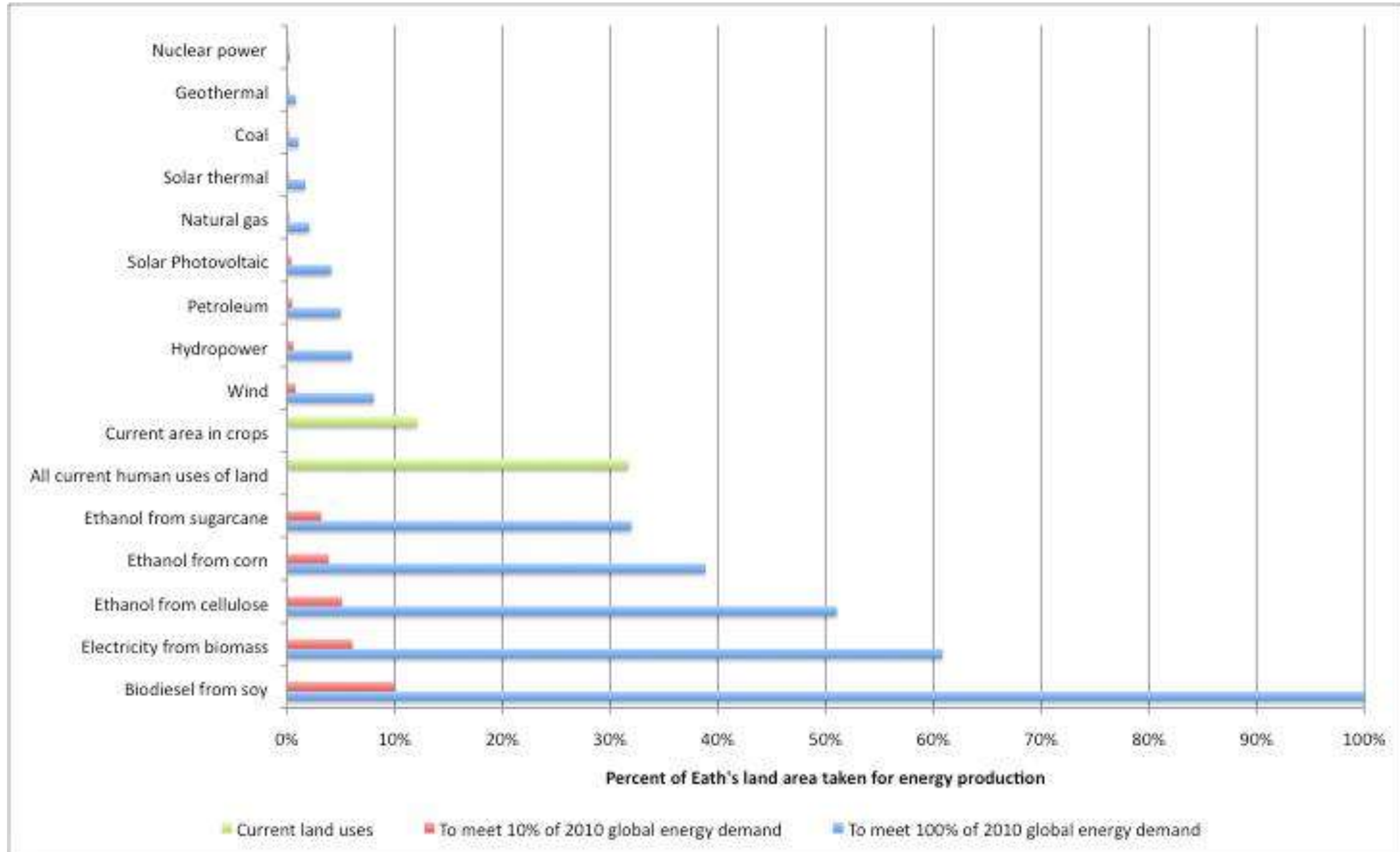
Nuclear Newcomer Countries Play Key Role in Scenario Consistent with Climate Goals

Terawatt-Hours/Year

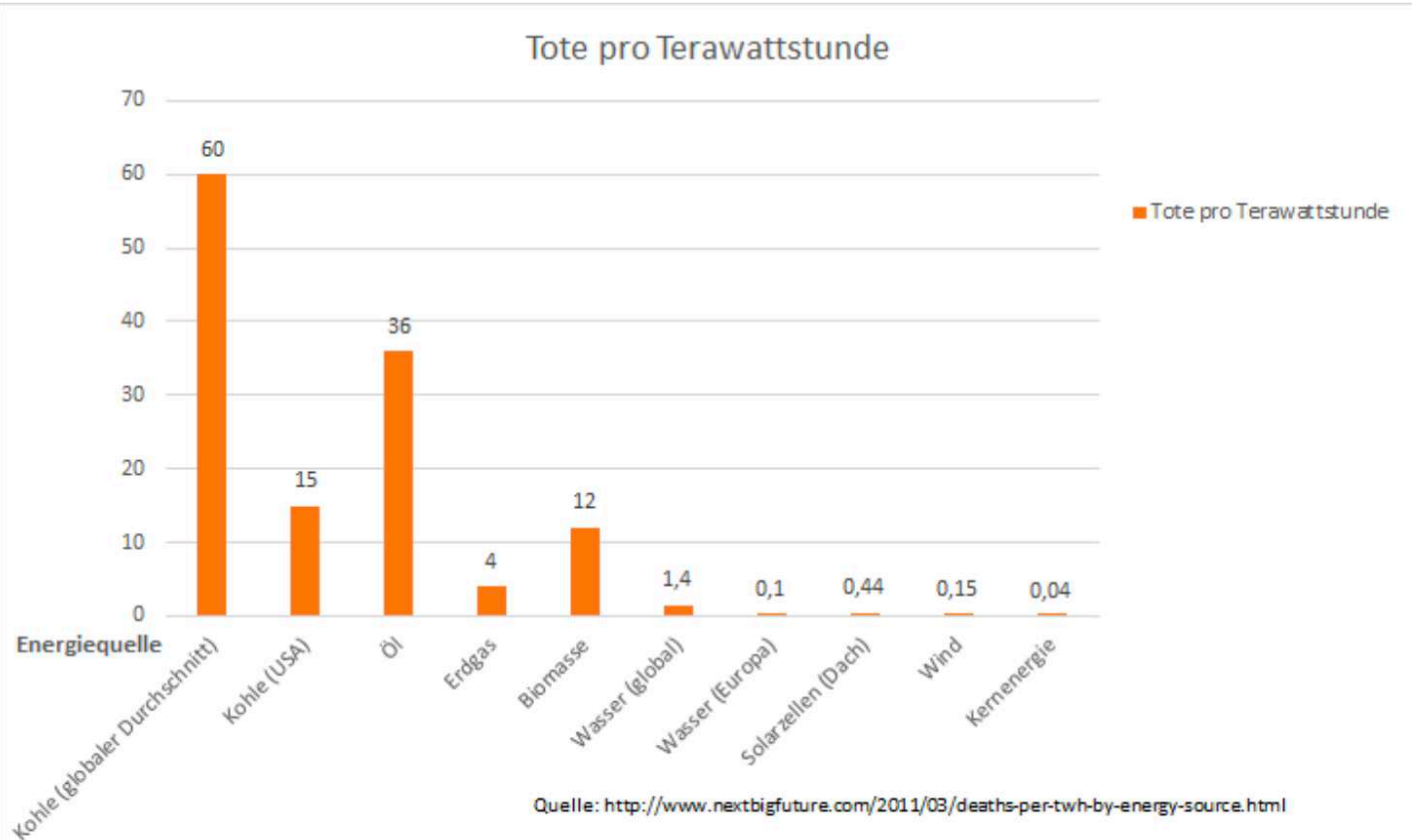


50% Wahrscheinlichkeit die Erderwärmung auf 1.5 C zu begrenzen.

Wieviel Platz brauchen die Energiequellen ?

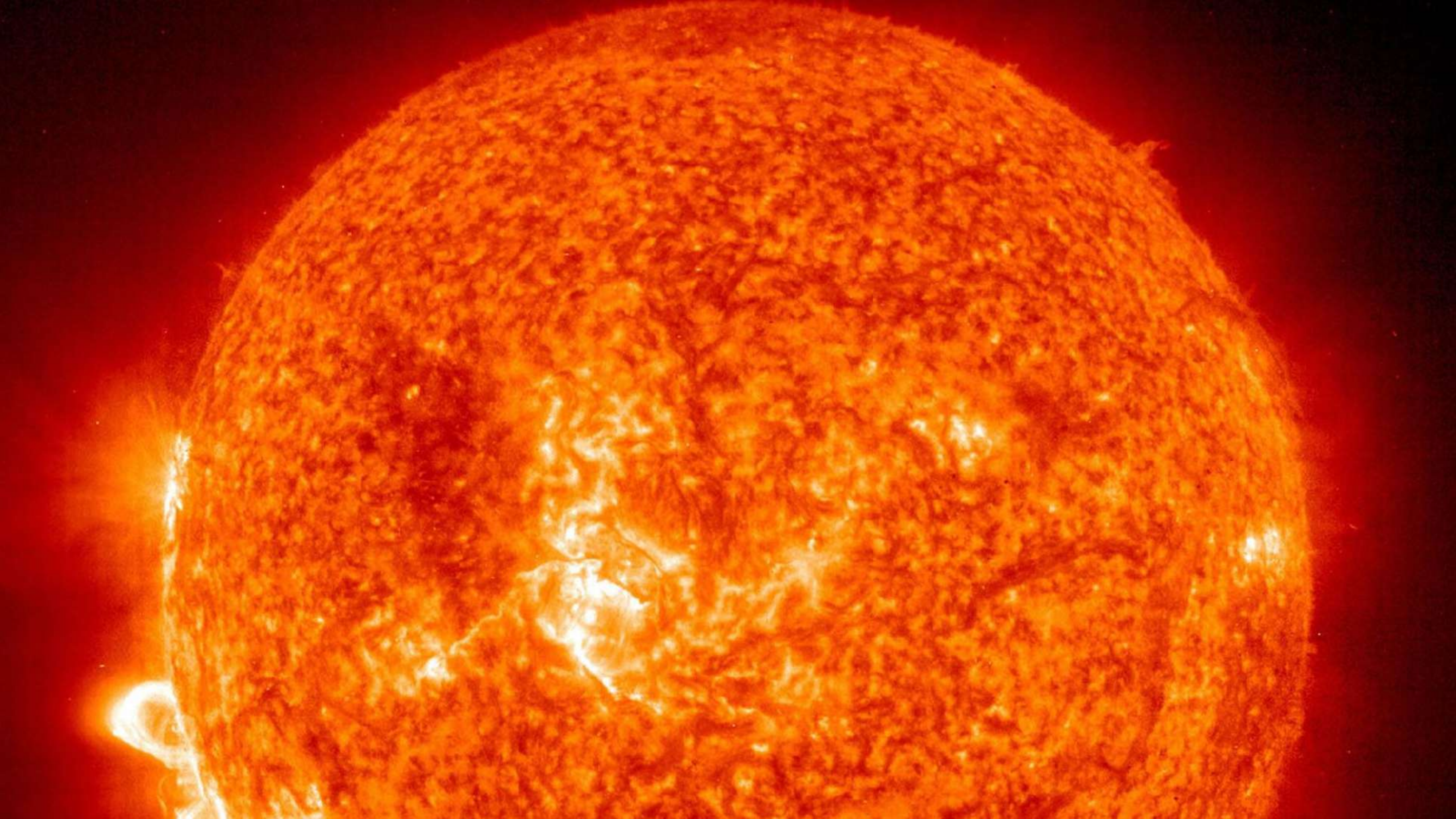


Wie gefährlich ist die Kernenergie?

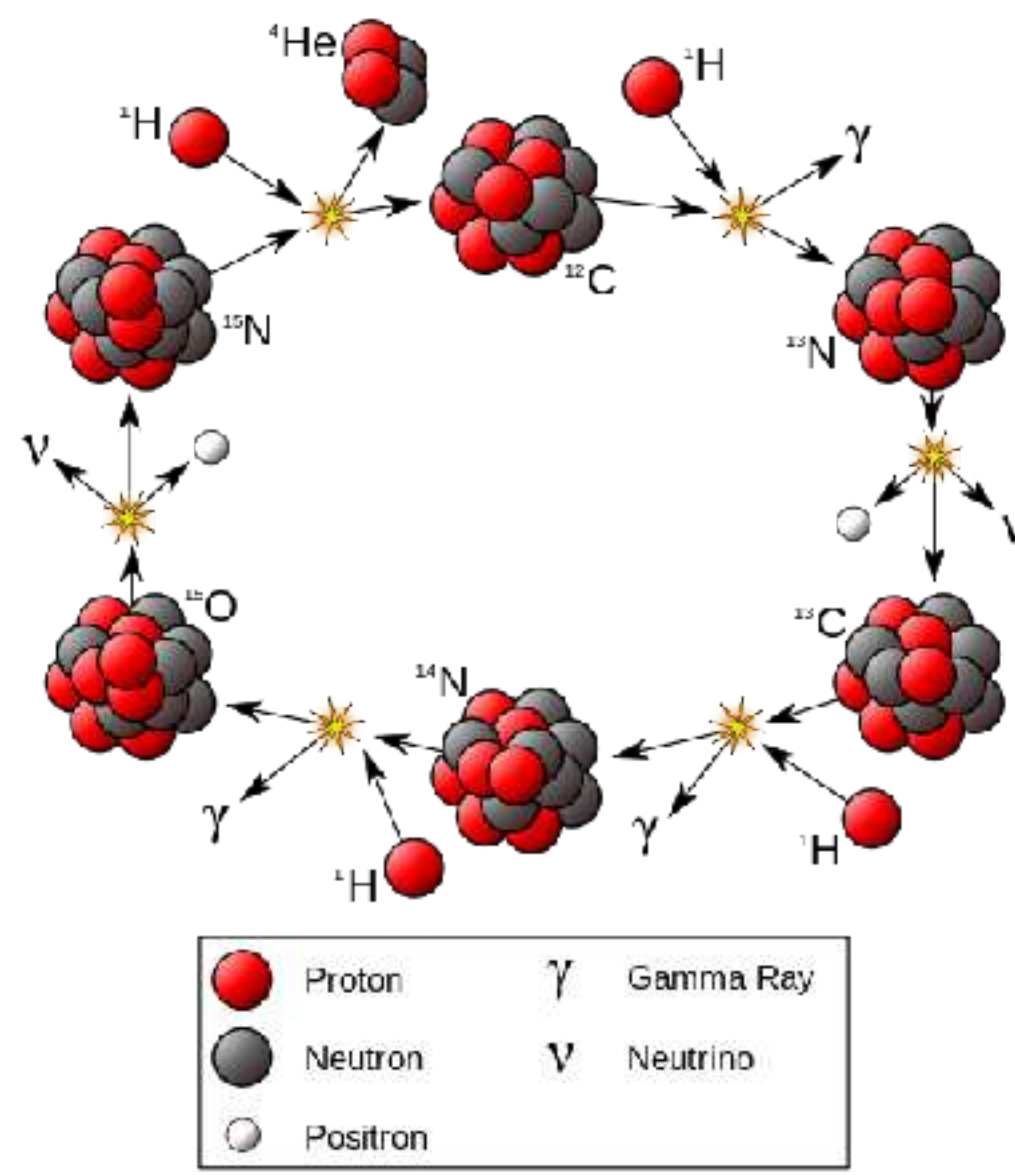
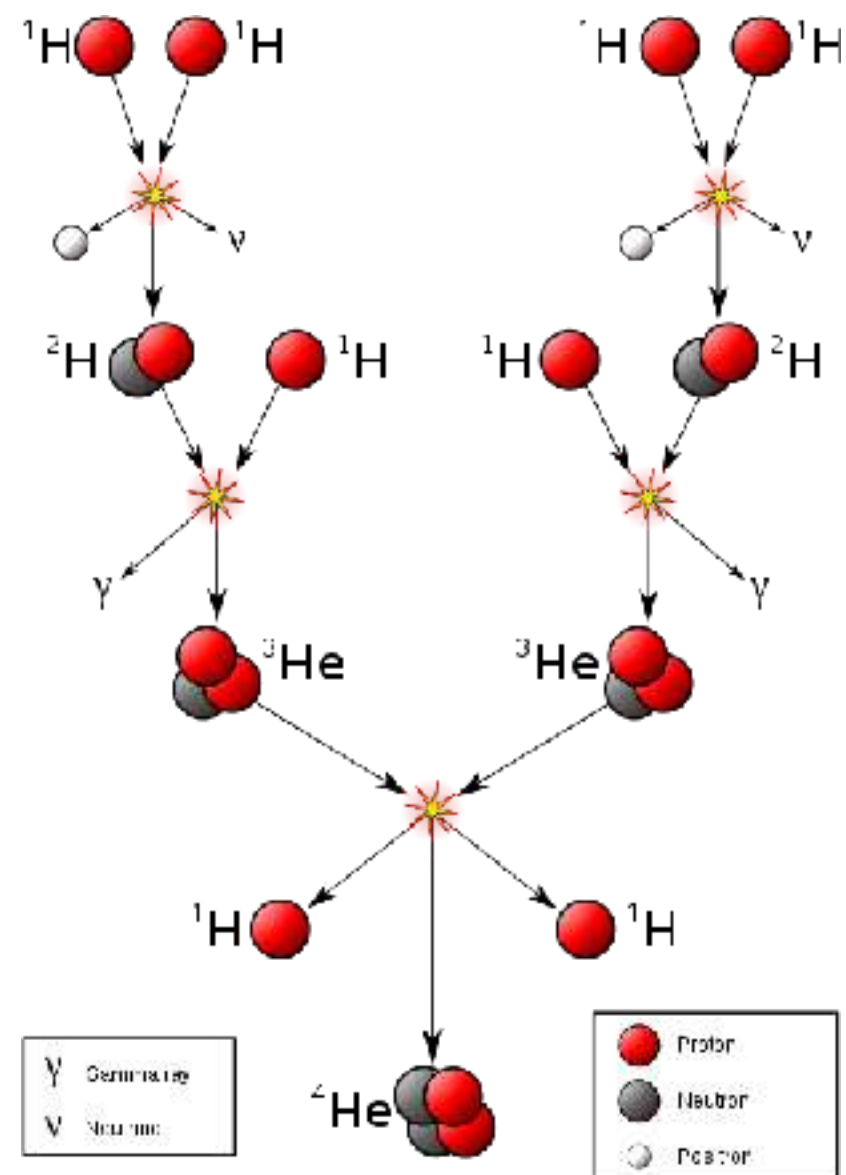
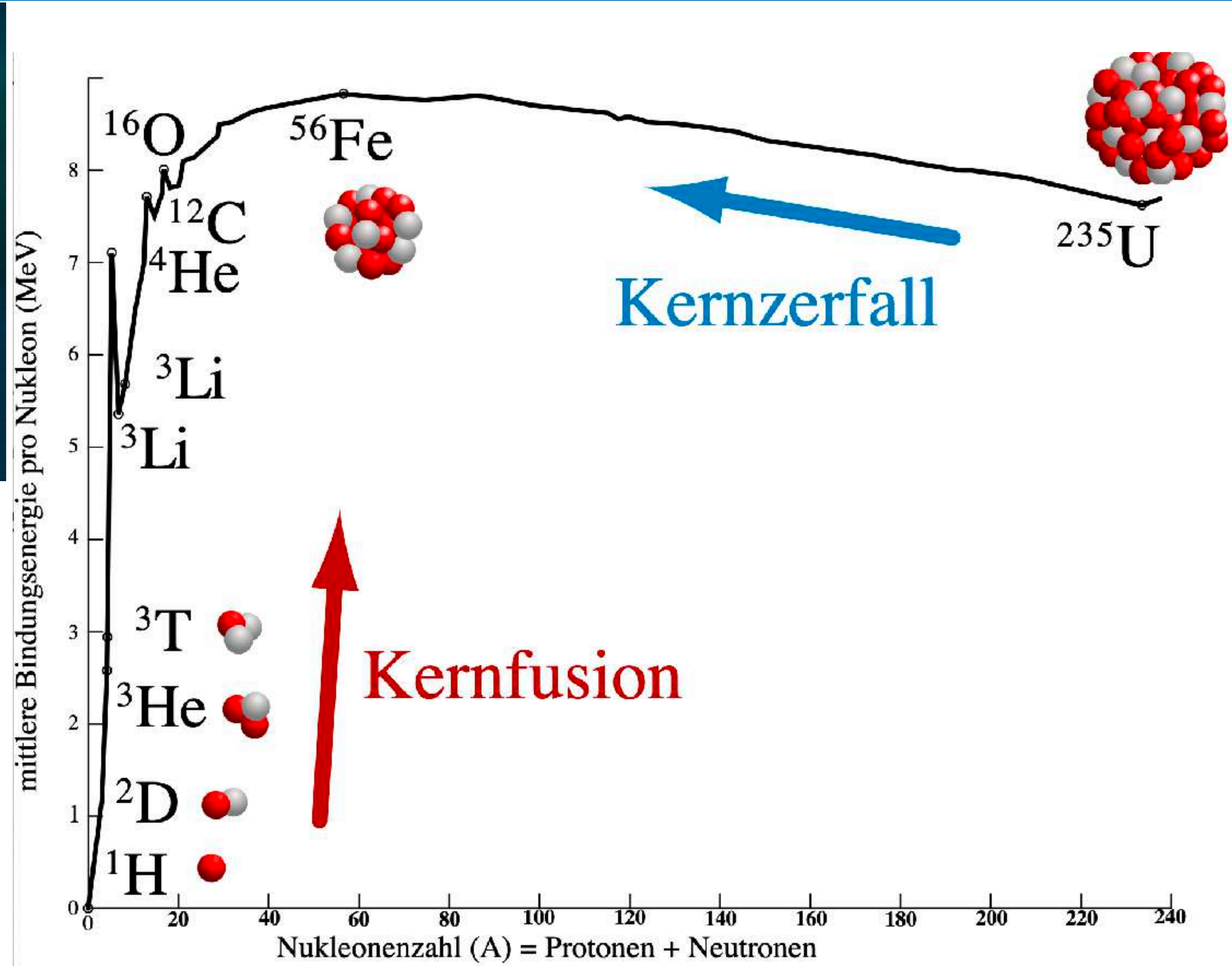


Wo kommt die Energie eigentlich her ?

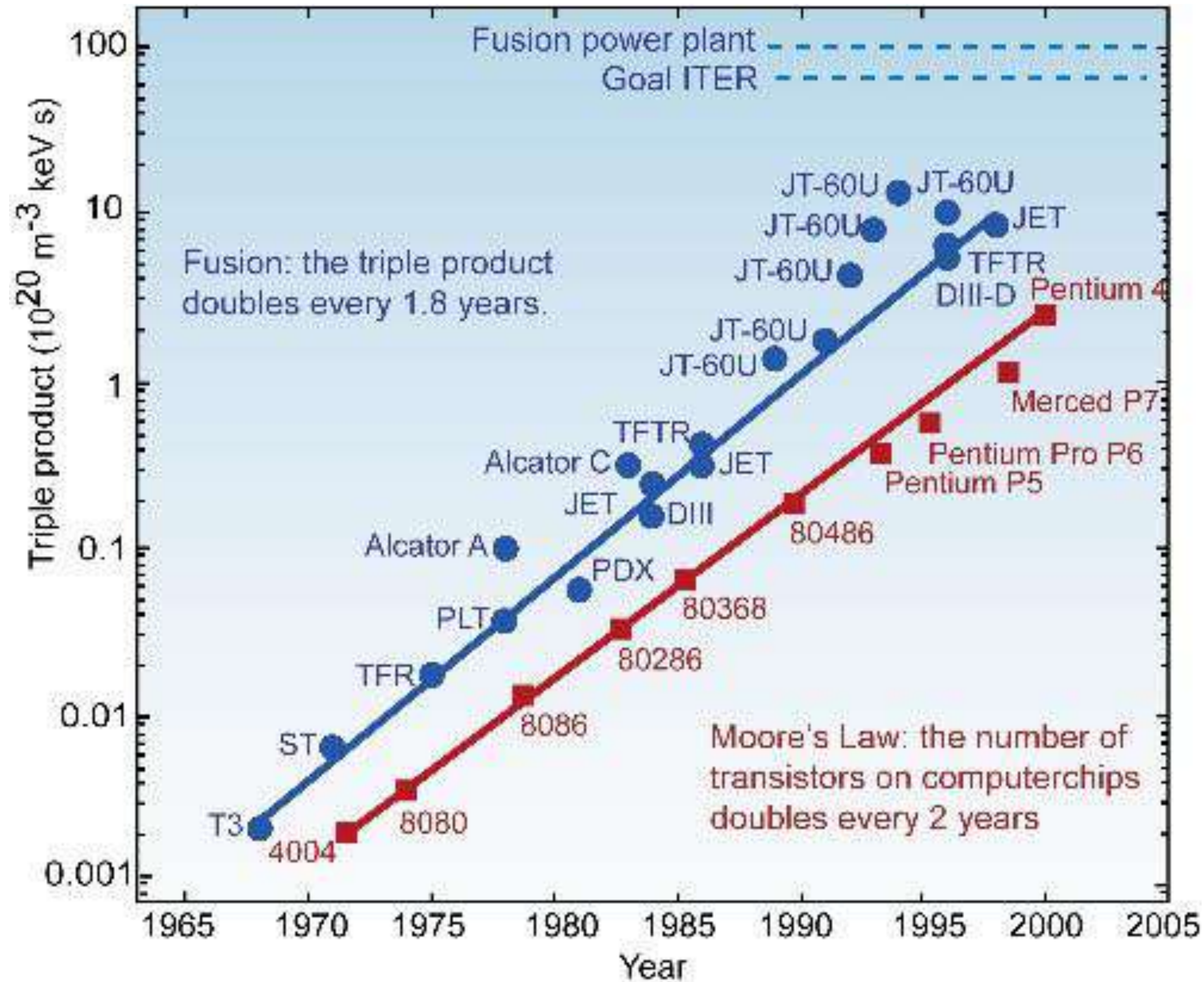




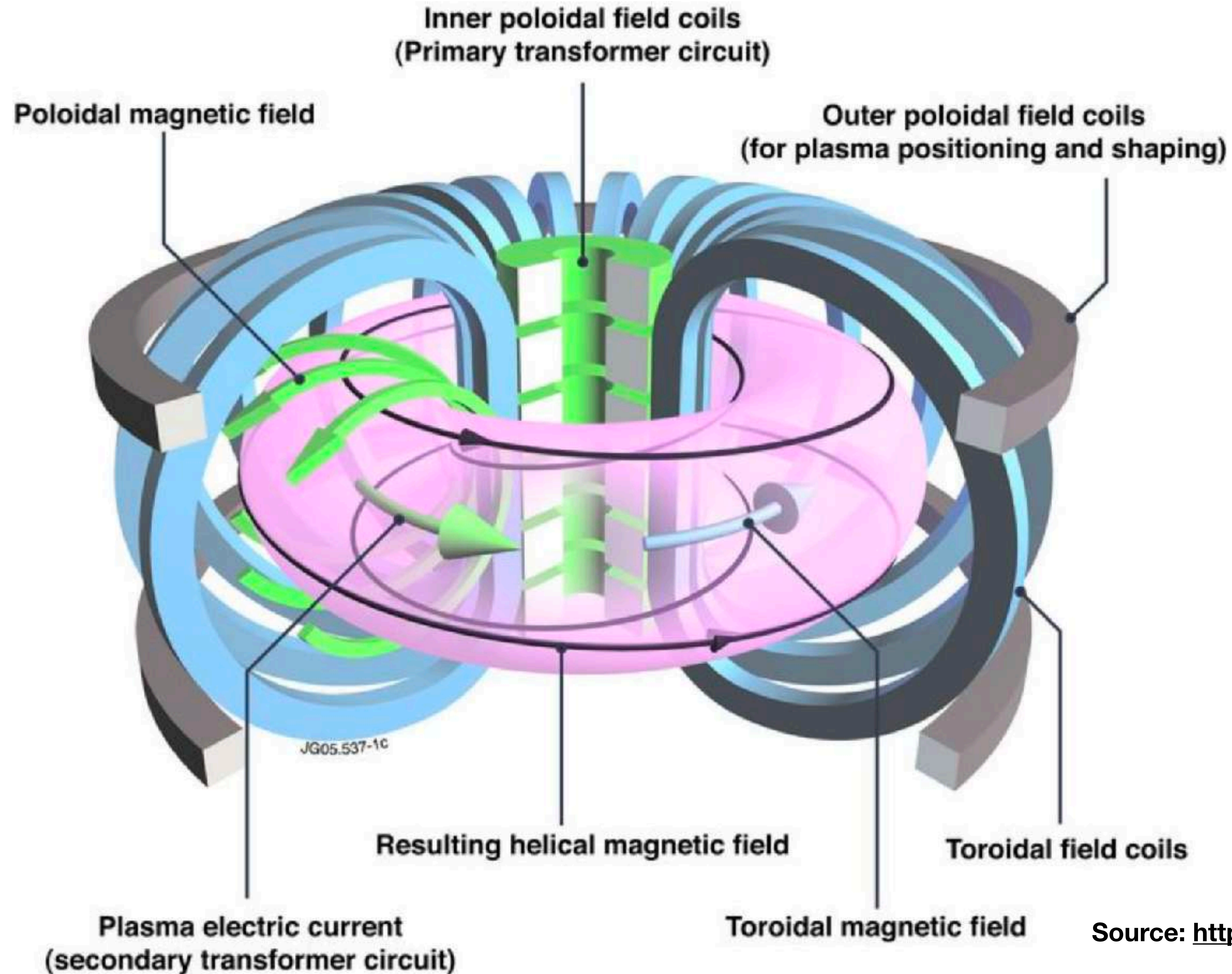
Und wo kommt die Sonnenenergie her ?



Fortschritte in der Kernfusion



Das Tokamak Prinzip





Joint European Torus - JET

ITER Organisation



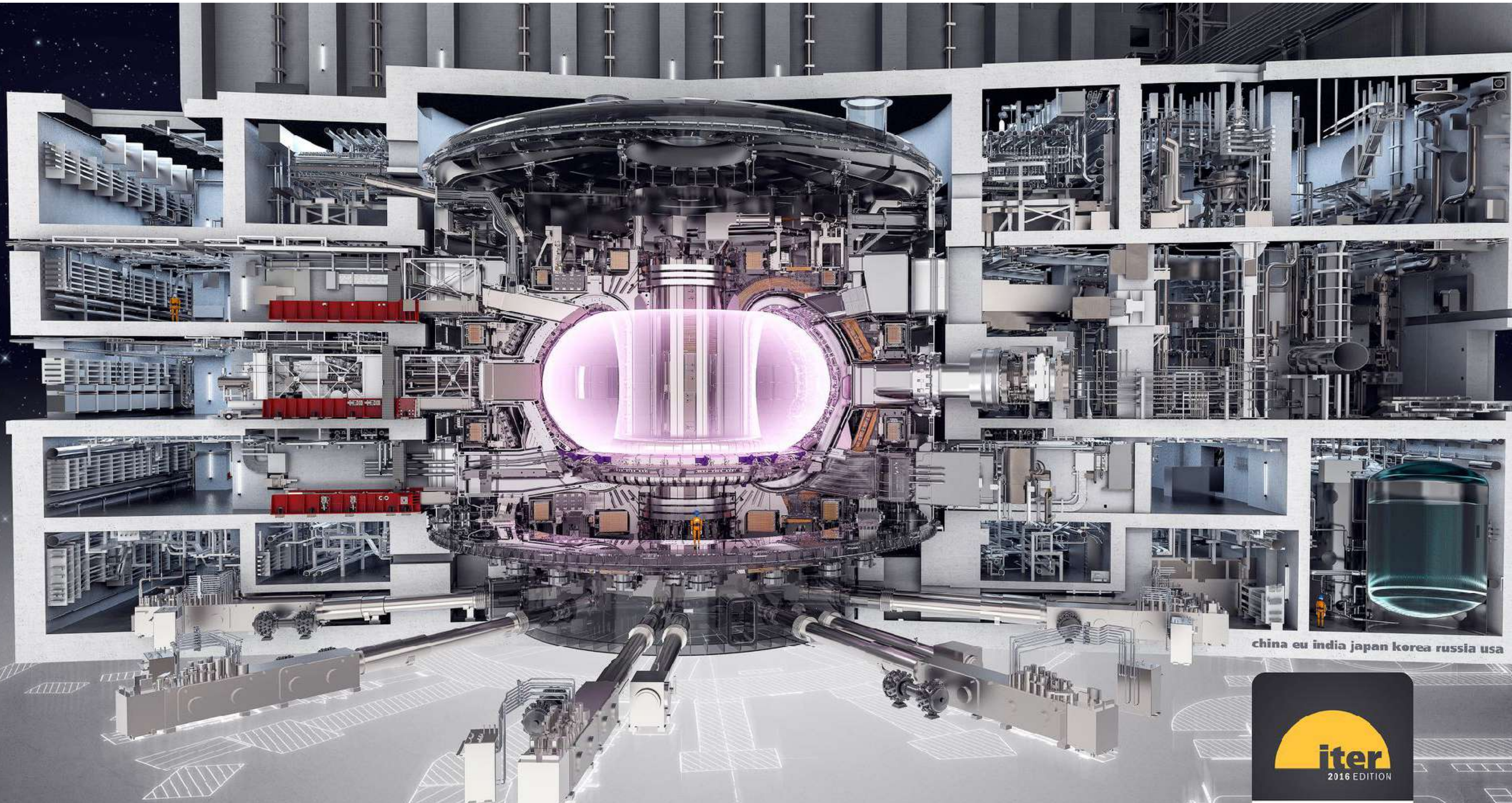
- ITER - International Thermonuclear Experimental Reactor; Latein - 'Der Weg'
 - 1985 Reagan-Gorbachev Summit
 - ITER Agreement unterzeichnet 2006, Schirmherr IAEA.
 - Baubeginn 2010, voraussichtliche Fertigstellung 2025
 - Gesamtkosten etwa 17 Milliarden Euro (1 IUA = EUR 1,690.12)
-
- Die ITER Mitgliedsländer repräsentieren die Hälfte der Weltbevölkerung und 2/3 der Weltwirtschaft.
 - Die ITER Organisation ist die einzige international Organisation, in der die EU Mitglied ist, nicht die EU Mitgliedsländer.

ITER Council



ITER



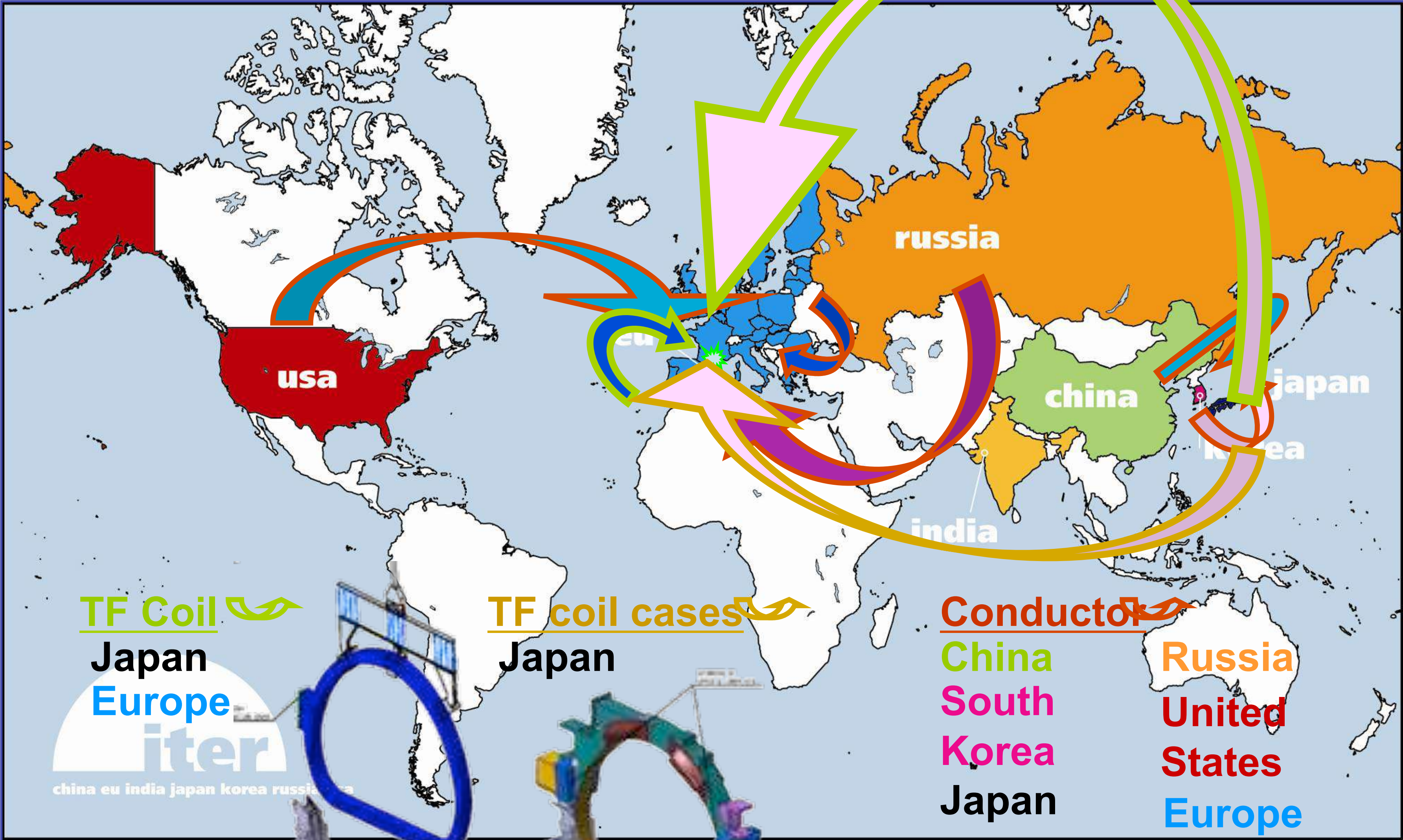


china eu india japan korea russia usa

360 degree virtual tour: <https://static.iter.org/com/360/calendar/2019-06/>



ITER Konstruktion - TF Spulen



Fusion Industry Association



<https://www.fusionindustryassociation.org/>

- 2018 Gründung, Lobby-Organisation für private Fusionsfirmen in Washington, DC
- Investment von Jeff Bezos in General Fusion, Paul Allan in tae-technologies
- Europäische Firmen aus UK und Frankreich vertreten
- Keine deutsche Firma vertreten...

- Wir werden in der Zukunft mehr Energie verbrauchen. Und zwar viel mehr.
- Bisher kommt unsere Energie vor allem von fossilen Brennstoffen, die CO₂ produzieren und zur Erderwärmung beitragen. Ausserdem sind sie nur begrenzt vorhanden.
- Die Veränderung des Klimas ist real, die wahrscheinlichen Folgen sind katastrophal.
- Rational betrachtet, und verglichen mit anderen Energiequellen, ist die Kernenergie sicher. Die Risiken gibt es, aber verglichen mit denen der Erderwärmung sind sie eher gering.
- Kernenergie ist nicht die Lösung des Problems, aber Teil einer möglichen Lösung. Option D - 'All of the above' - so lange es nicht CO₂ produziert.
- Auf lange Sicht gesehen ist Kernfusion einfach nur logisch. Und die lange Sicht ist nicht mehr so lange.