

ERNEUERBARE ENERGIEN

Formen, Potentiale, Risiken & Planungsanforderungen

Jürgen Böhner, Benjamin Bechtel, Michael Beck, Olaf Conrad, Helge Dietrich, Elke
Fischer, Li Li, dland
Eleonore

I EINFÜHRUNG: Energieverbrauch & Stromerzeugung

II ERNEUERBARE ENERGIEN: Formen & Potentiale

III RISIKEN: Nutzungskonflikte & Ressourcendegradation

IV RAUMPLANUNG: Integrierte Standortbewertung

V AUSBLICK: Chancen & Perspektiven

Institut für Geographie und Geoökologie, Universität Hamburg



**Solarenergie**

4,0 TWh (0,6%)

**Windenergie**

40,2 TWh (6,3%)

**Wasserkraft**

20,8 TWh (3,3%)

**Geothermie****Biomasse**

23,0 TWh (3,6%)

Braunkohle

150,0 TWh (23,5%)

**Steinkohle**

128,5 TWh (20,1%)

**Kernenergie**

148,8 TWh (23,3%)

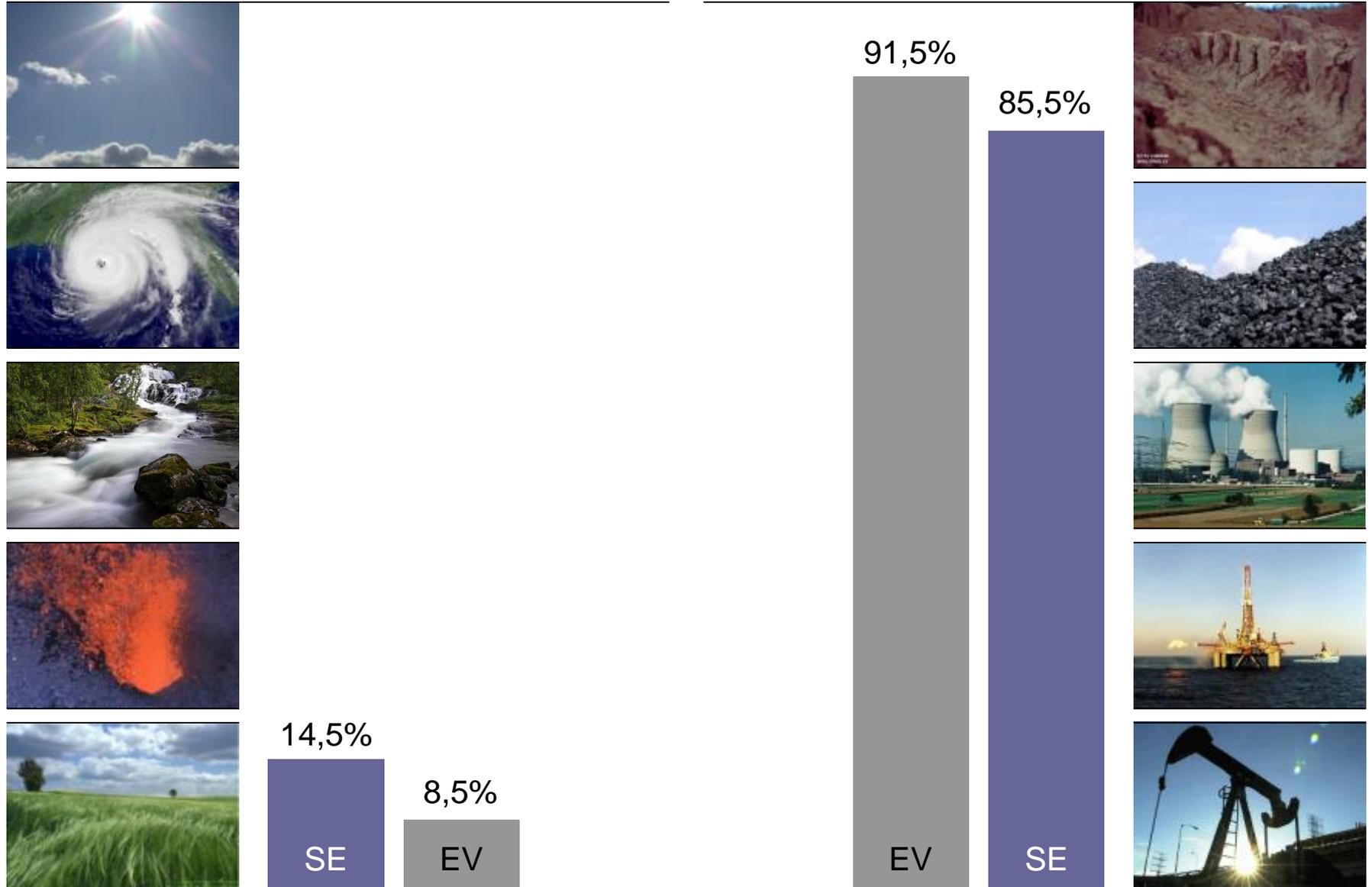
**Erdgas**

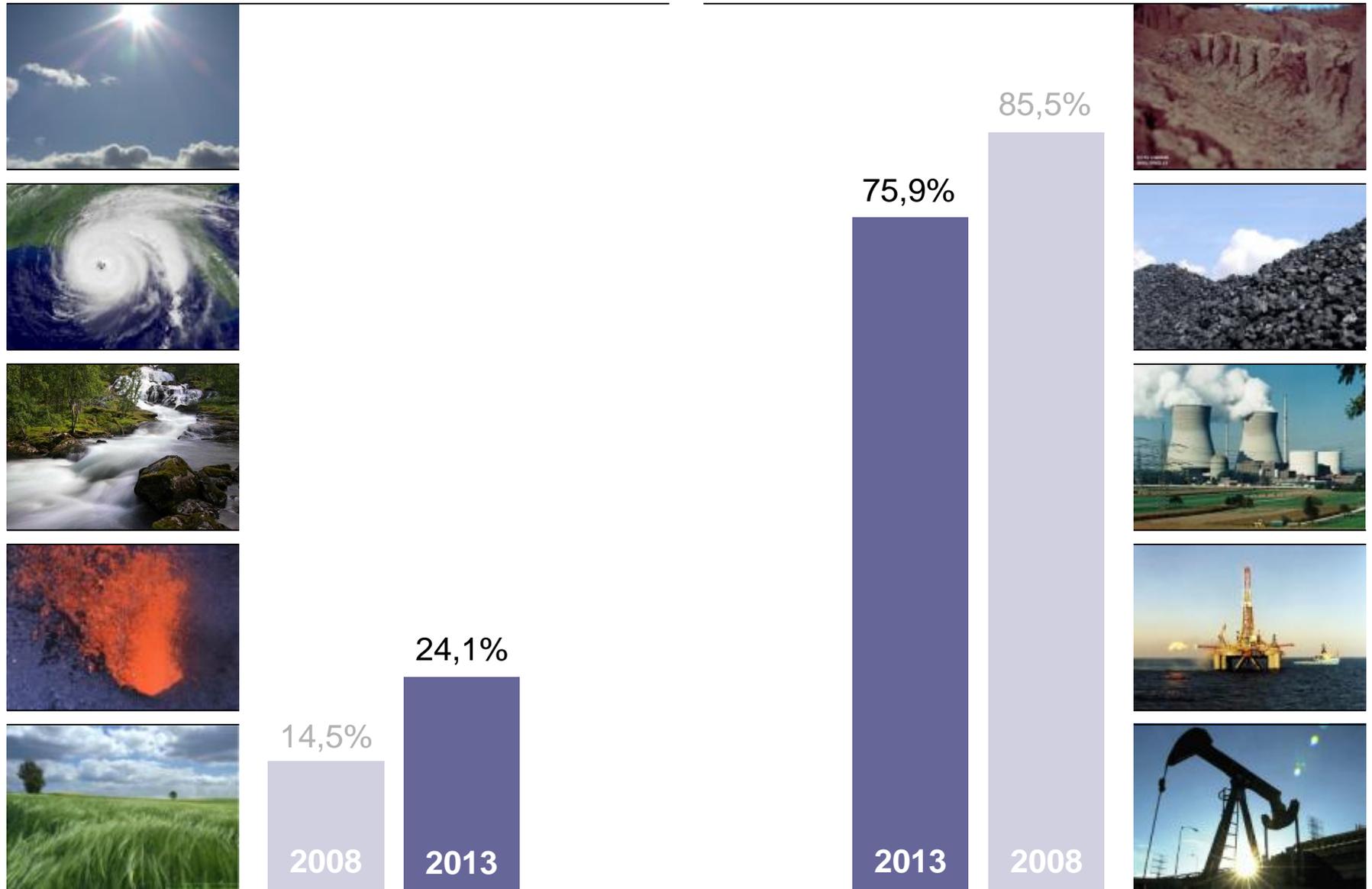
83,0 TWh (13,0%)

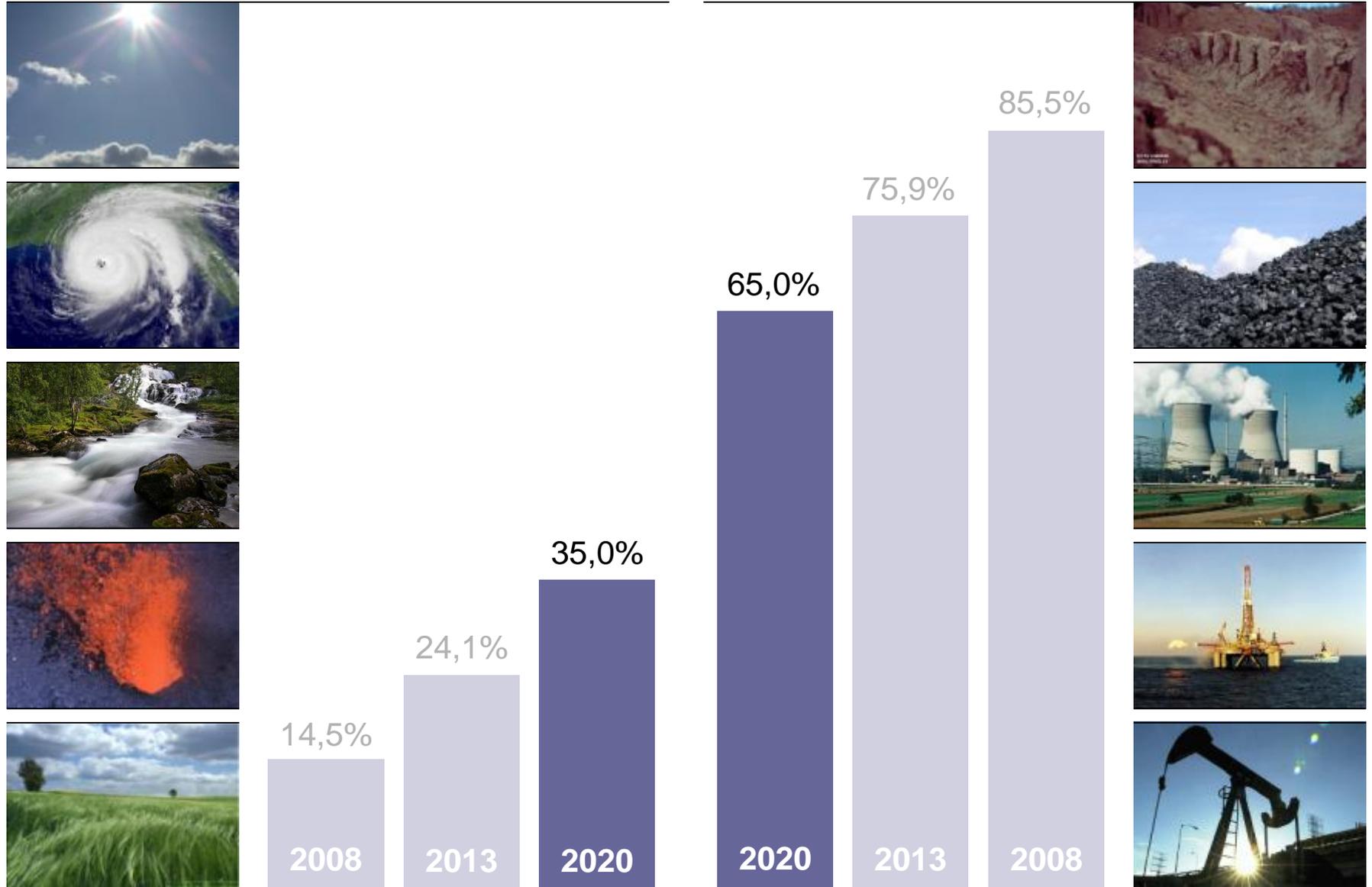
**Mineralöl**

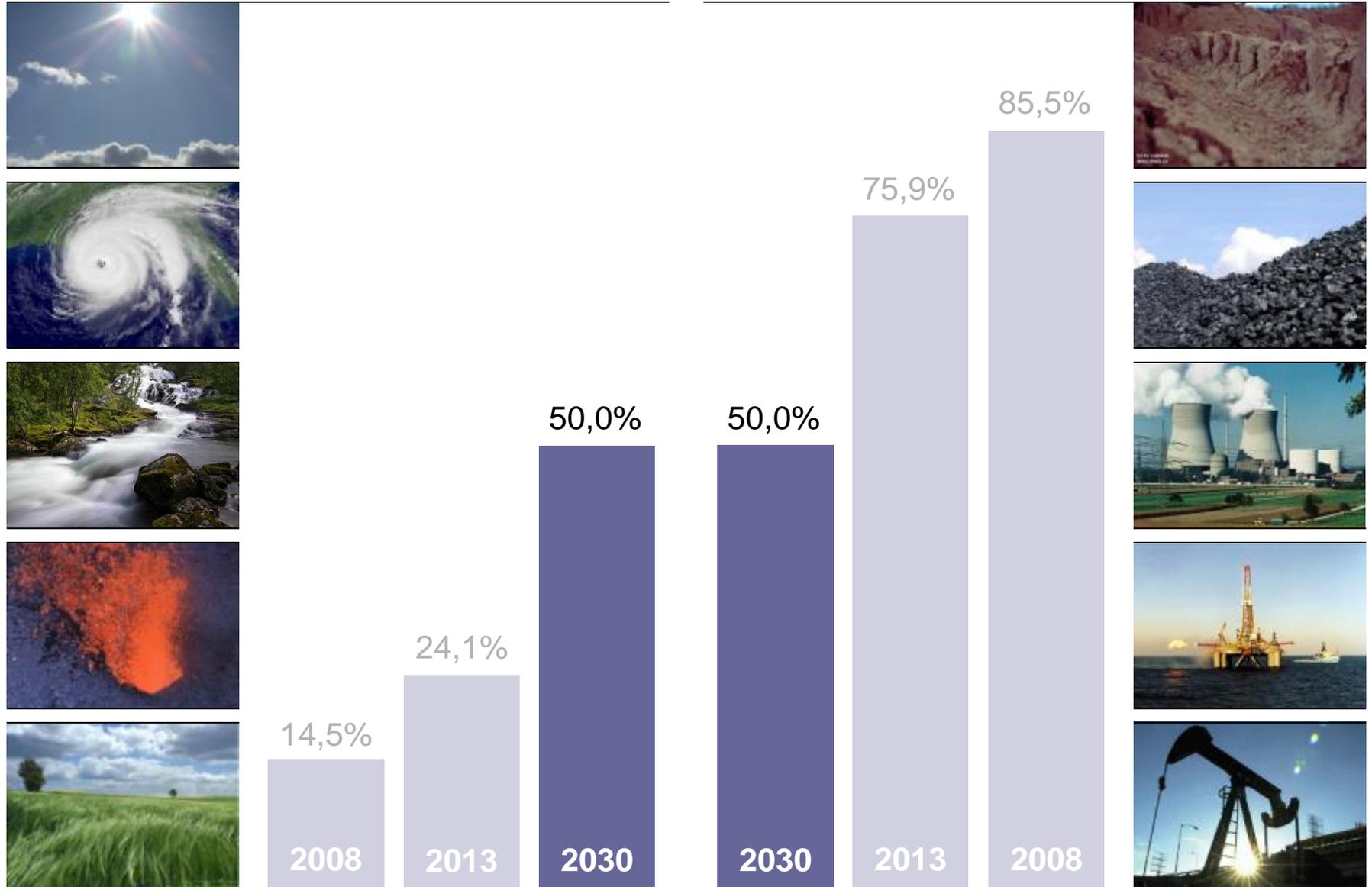
10,5 TWh (1,6%)

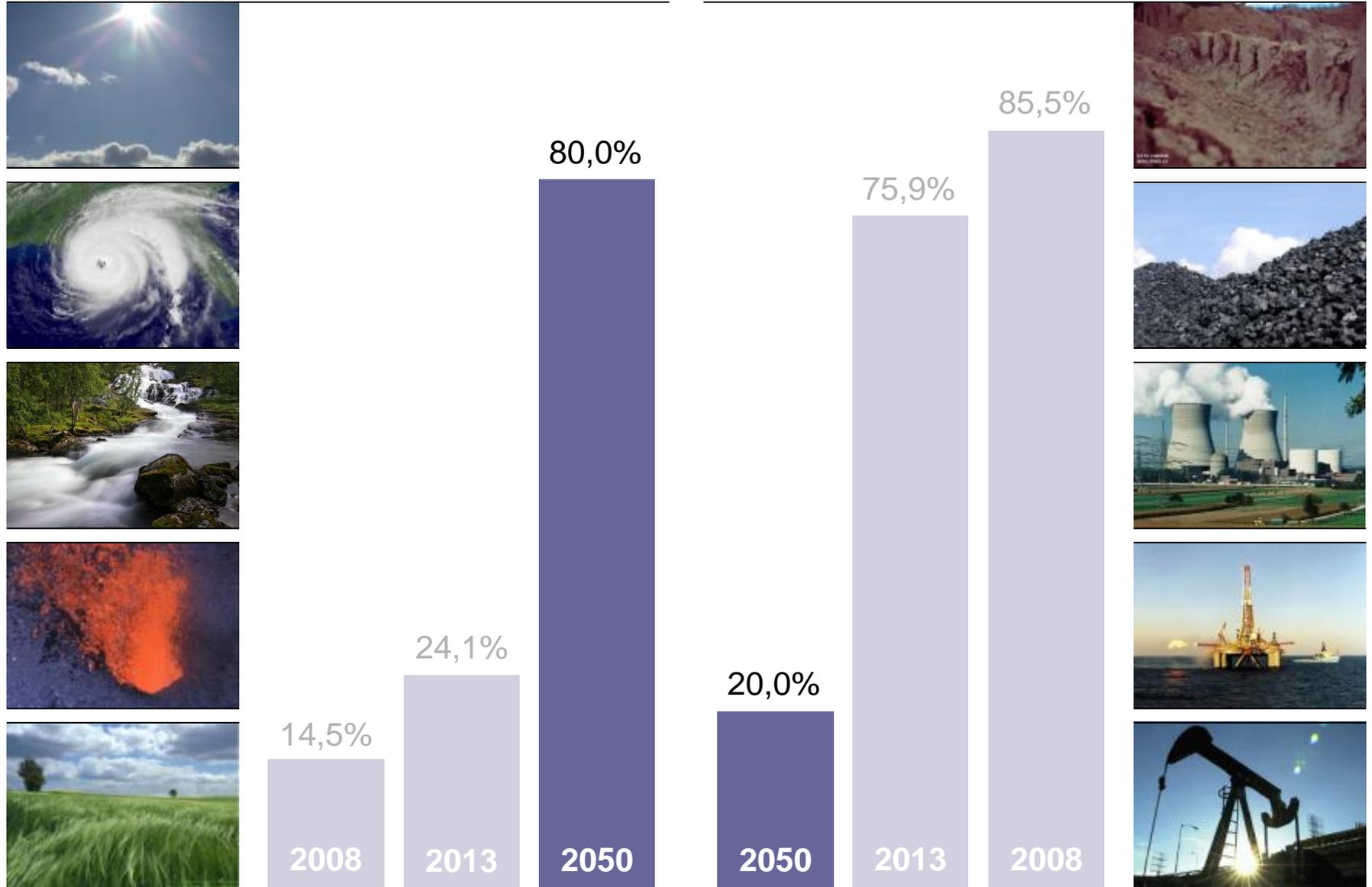




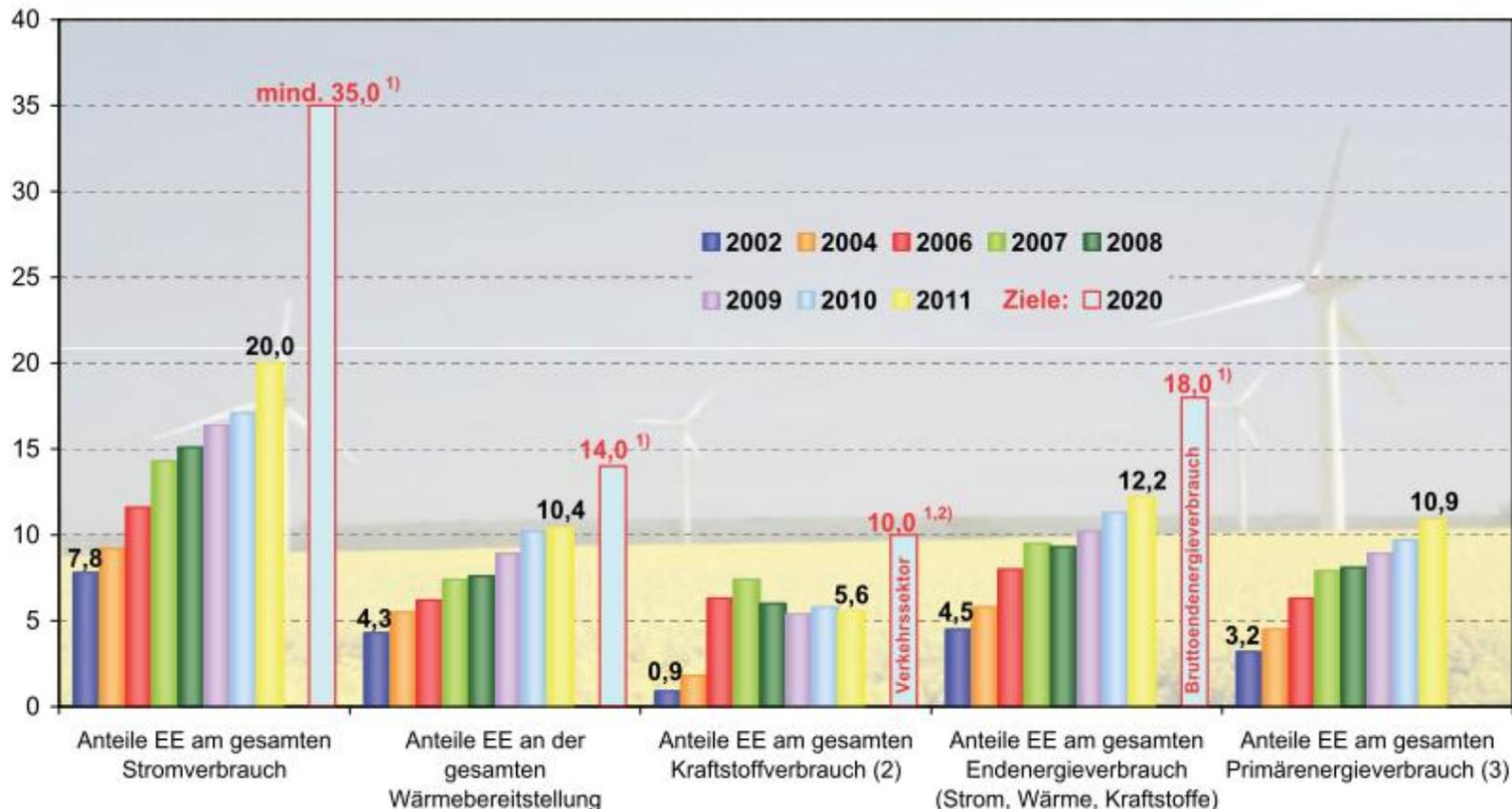








Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland



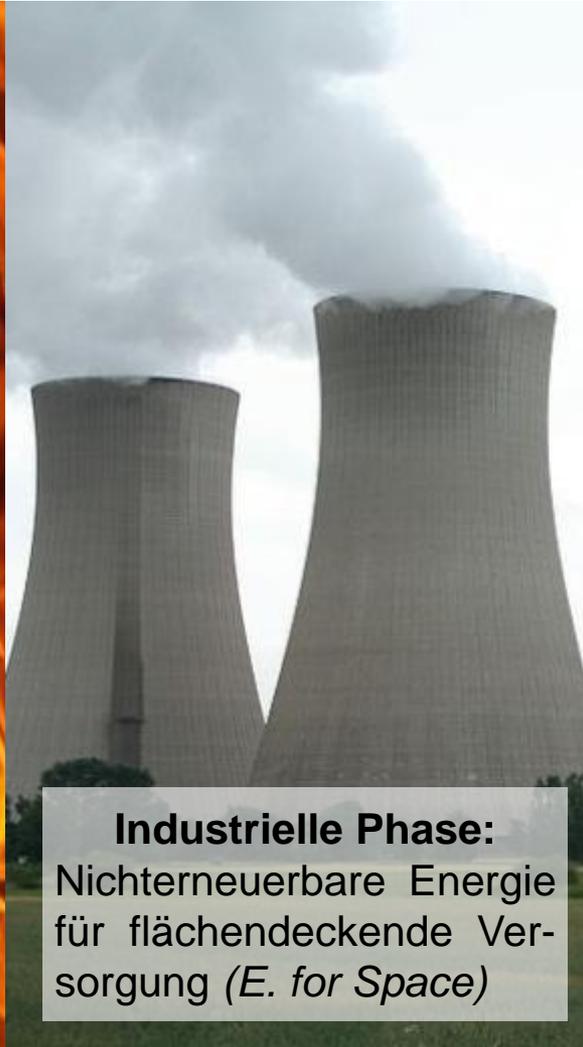
1) Quellen: Ziele der Bundesregierung; Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG); Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), EU-Richtlinie 2009/28/EG;

2) Der gesamte Verbrauch an Motorkraftstoff, ohne Flugbenzin; 3) Berechnet nach Wirkungsgradmethode - Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB);

EE: Erneuerbare Energien; Quelle: BMU-KI III 1 nach Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat); Hintergrundbild: BMU / Brigitte Hiss; Stand: März 2012; Angaben vorläufig

Paradigmenwechsel in der Energiegewinnung

BRÜCHER (2009)





Solarenergie: *Sonnenkollektoren, Solarthermie, Photovoltaik*



Windenergie: *onshore, offshore Windenergieanlagen (WKA)*



Wasserkraft: *Laufwasser-, Speicher, Pumpspeicherkraftwerk*

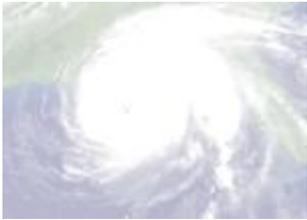


Geothermie: *Oberflächennahe Geothermie, Tiefe Geothermie*



Biomasse: *Biomasseheizkraftwerke, Biogasanlagen, Biokraftstoffe*





SOLARENERGIE

Sonnenkollektoren: Sammlung einfallender Solarstrahlung und Übertragung der Energie auf ein Medium (Heizwasser), eine vergleichsweise einfache Technologie, mit der in den gemäßigten Breiten der Brauchwasserbedarf von Einfamilienhäusern zu ca. 60 % gedeckt werden kann.

Thermische Solaranlagen: Bündelung der direkten Solarstrahlung auf einen Absorber durch fokussierende Reflektorflächen; Solarthermische Kraftwerke zur Stromerzeugung haben einen vergleichsweise hohen solarelektrischen Wirkungsgrad (bis 30%), aber den Nachteil eines extremen Flächenverbrauchs. Beispiel: Das 354 MW Solarkraftwerk in der Mojave-Wüste (USA) erzeugt mit einer Siegelfläche von 2.000.000 m² auf ca. 14 km² etwa 800 GWh pro Jahr.

Photovoltaik: Direkte Umwandlung der Solarstrahlung in elektrische Energie durch Solarzellen, Vorteil der Flexibilität durch direkte Umwandlung der Sonnenstrahlung (auch des diffusen Anteils) in Strom. Nutzung vorhandener Dachflächen relativiert den Flächenverbrauch.

Die PV-Technologie hatte 2013 in Deutschland mit **30 Mrd kWh** einen **Anteil 4,8 %** an der Bruttostromerzeugung (AGEB 2014).







WINDENERGIE

Windenergiegewinnung: Umwandlung der kinetischen Energie des Windes in elektrische Energie, die Bewegungsenergie der Windes erzeugt eine Rotation der Rotorblätter und die Rotationsenergie wird von einem Generator in elektrischen Strom umgewandelt.

Wind Energie [E] ist keine lineare Funktion der Windgeschwindigkeit

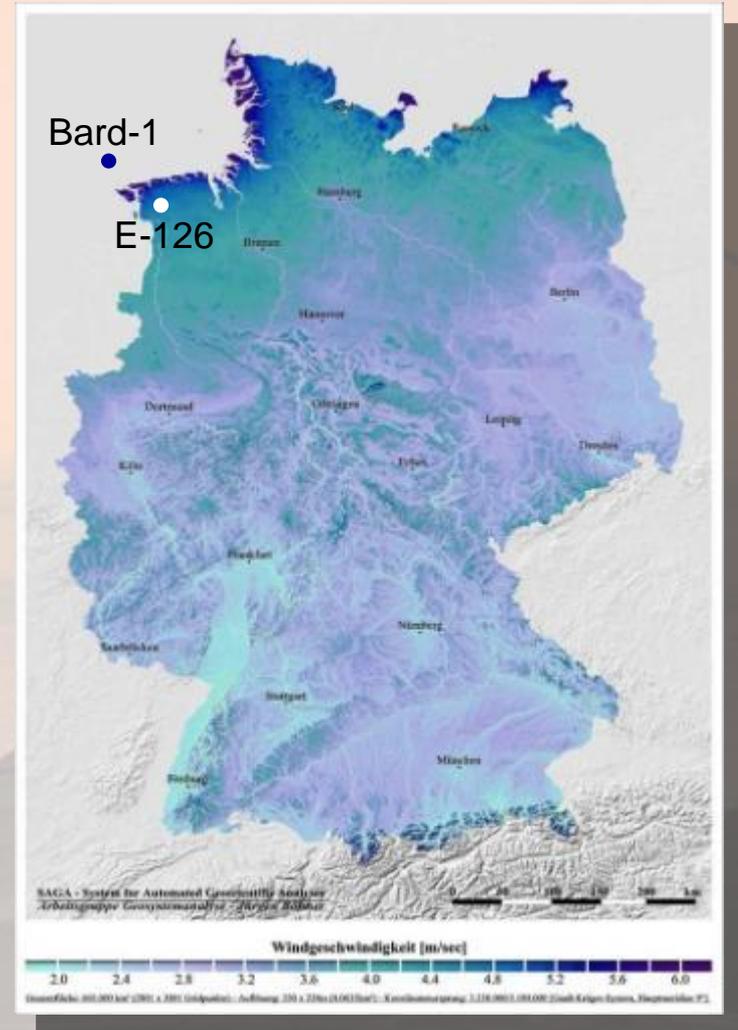
$$E = 0.5 \cdot \rho \cdot u^3 [W/m^2]$$

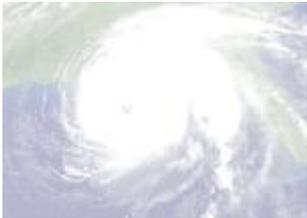
Darius Rotor: Windenergieanlage mit vertikaler Rotationsachse und relativ geringem Erntegrad.

Auftriebsläufer: Windenergieanlagen (WEA) moderner Bauart mit horizontal liegender Rotationsachse, Rotorblätter haben ein aerodynamisches Profil, so dass Wirkungsgrade (Erntegrade), die den Werten der *Betzchen Theorie* nahe kommen, erreicht werden.

Derzeit sind ca. 23.700 Windenergiekonverter moderner Bauart in der Bundesrepublik in Betrieb, die bei einer installierten Anlagenleistung von 33.7 GW und **53,4 Mrd kWh** Stromproduktion in 2013 einen **Anteil 8,5 %** an der Bruttostromerzeugung hatten (AEE 2014).







WASSERKRAFT

Wasserenergiegewinnung: Umwandlung der kinetischen Energie des Wassers (potentielle Energie des Wassers im Einfluss der Schwerebeschleunigung) durch Turbinen in mechanische Energie und (durch weitere Umwandlung) in elektrische Energie.

Laufwasserkraftwerk: Flusswasser wird durch eine Wasserturbine geleitet, die die kinetische Energie des fließenden Wassers in eine mechanische Drehbewegung umwandelt, die Drehbewegung treibt einen Generator an.

Speicherkraftwerk: Wasser wird über einen längeren Zeitraum in einem Becken (Stausee, natürlicher See) gespeichert; Speicherkraftwerke erzeugen Grund- und insbesondere Spitzenlast.

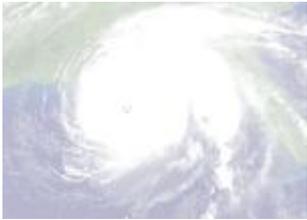
Pumpspeicherkraftwerk: Wasser wird zusätzlich (selten auch ausschließlich) durch Pumpen in das Oberbecken (Stausee) befördert; bei Energieüberschusszeiten wird die potenzielle Energie im Speicher aufgefüllt, zwischen 75 % und 85 % der zugeführten elektrischen Energie werden zurückgewonnen.

Der Anteil der Wasserkraft an der deutschen Bruttostromerzeugung liegt mit **20,8 Mrd. kWh** in 2013 stagnierend bei **3,3%** (AGEB 2014).





Solarenergie: *Sonnenkollektoren, Solarthermie, Photovoltaik*



Windenergie: *onshore, offshore Windenergieanlagen (WKA)*



Wasserkraft: *Laufwasser-, Speicher, Pumpspeicherkraftwerk*

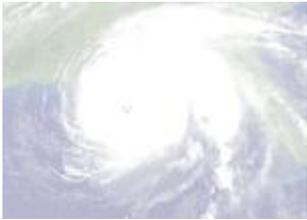


Geothermie: *Oberflächennahe Geothermie, Tiefe Geothermie*



Biomasse: *Biomasseheizkraftwerke, Biogasanlagen, Biokraftstoffe*





GEOOTHERMIE

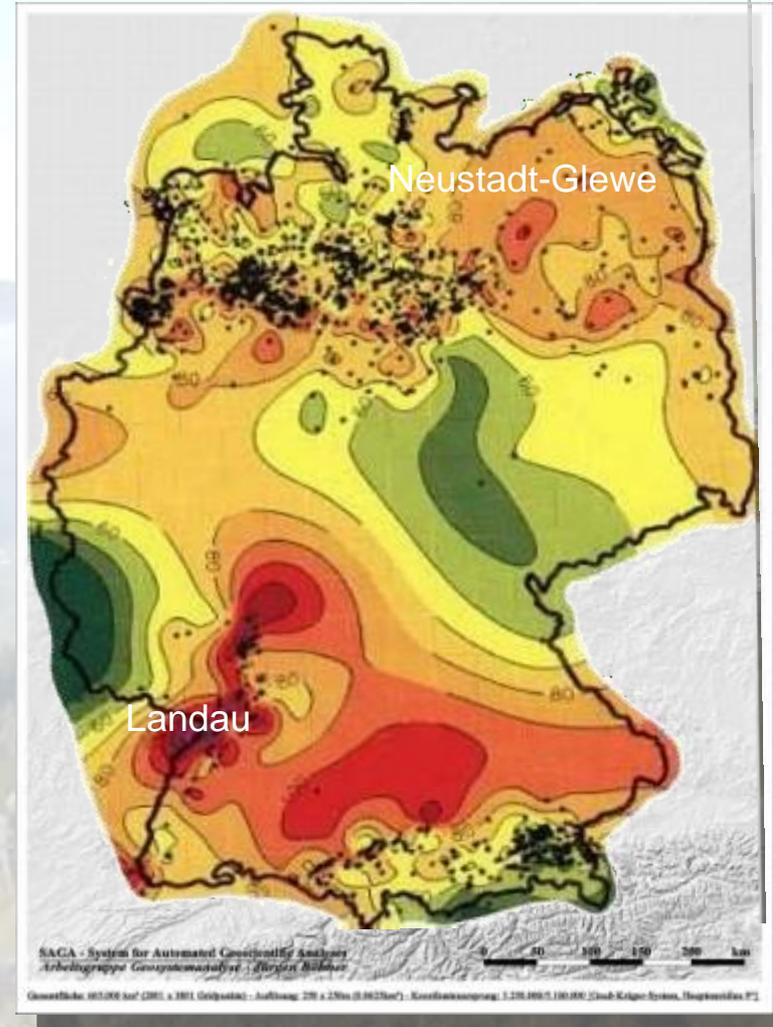
Geothermie nutzt die in der Erdkruste gespeicherte Wärme (bzw. aus dem Erdmantel nachströmende thermische Energie durch Zerfall radioaktiver Elemente wie Uranium, Thorium u.a.) sowie die aus geothermischen Gradienten resultierende potentielle Energie.

Oberflächennahe Geothermie: Nutzung der Erdwärme bis in Tiefen von 400 m (administrative Festlegung der Schweiz), Wärmequellenanlagen (offene Systeme oder geschlossene Systeme) und nachgeschaltete Wärmepumpen zur Erhöhung des Temperaturniveaus ermöglichen direkte Wärmenutzung (keine Stromerzeugung).

Tiefengeothermie: Nutzung der Erdwärme in Tiefen über 400 m aus *Hochenthalpie-* und *Niederenthalpie-Lagerstätten*, *Hoch-enthalpie-Anlagen* nutzen Wärmeanomalien im Bereich von Schwächezonen (Grabenbrüche, Vulkane), *Niederenthalpie-Anlagen* nutzen den normalen geothermischen Gradienten (3K/100m), Geo-thermische Tiefenenergie wird mit *Erdwärmesonden*, *Hydrothermalen Systemen* und *Petrothermalen Systemen (Hot Dry Rock)* gewonnen.

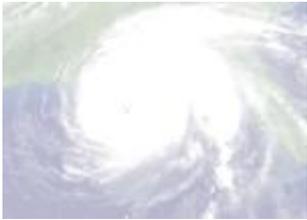
Bei einer installierten Gesamtleistung von 31,3 MW (7 Kraftwerke) lag der Anteil der geothermischen Stromerzeugung von **25 Mio kWh** in 2013 nur bei **0,004%** (GtV Bundesverband Geothermie 2014).







Solarenergie: *Sonnenkollektoren, Solarthermie, Photovoltaik*



Windenergie: *onshore, offshore Windenergieanlagen (WKA)*



Wasserkraft: *Laufwasser-, Speicher, Pumpspeicherkraftwerk*

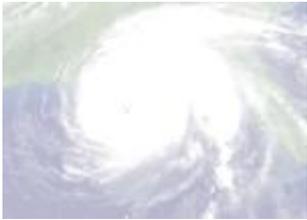


Geothermie: *Oberflächennahe Geothermie, Tiefe Geothermie*



Biomasse: *Biomasseheizkraftwerke, Biogasanlagen, Biokraftstoffe*





BIOMASSE

Bioenergie: energetische Nutzung von Biomasse (Holz, Stroh, Getreide, Zuckerrüben, Raps, Pflanzenöle, Bioabfälle, Exkremente, u.a.), Sonnenenergie wird von Pflanzen durch Photosynthese zur Erzeugung von Biomasse genutzt, die in der Biomasse enthaltene Energie wird durch Verbrennung, Pyrolyse (thermische Spaltung organischer Verbindungen), Pressung oder Gärung erschlossen.

Strom- und Wärmeerzeugung: Verbrennung oder Aerober Abbau von Biomasse-Primärprodukten in Biomasseheizwerken (zur Wärmeerzeugung) oder Biomasseheizkraftwerken (zur Stromerzeugung), Biogaserzeugung durch Anaeroben Abbau von Biomasse (Gülle, Silage, Klärschlamm, etc.), die Energieproduktion erfolgt durch Biogasverbrennung.

Biokraftstoff: Gewinnung von Bioethanol, Pflanzenöl, Biodiesel u.a. durch Pressung oder Alkoholgärung, die Energieproduktion erfolgt wiederum durch Verbrennung.

In Deutschland werden derzeit auf **ca. 2,4 Mio Hektar** nachwachsende Rohstoffe angebaut, davon 2,1 Mio Hektar zur energetischen Nutzung. In 2013 hatte die Biomasse mit **42.5 Mrd kWh** einen Anteil von **6,6 %** an der Bruttostromerzeugung (AGEB 2014).







28,8g
CO₂

424,9g

CO₂



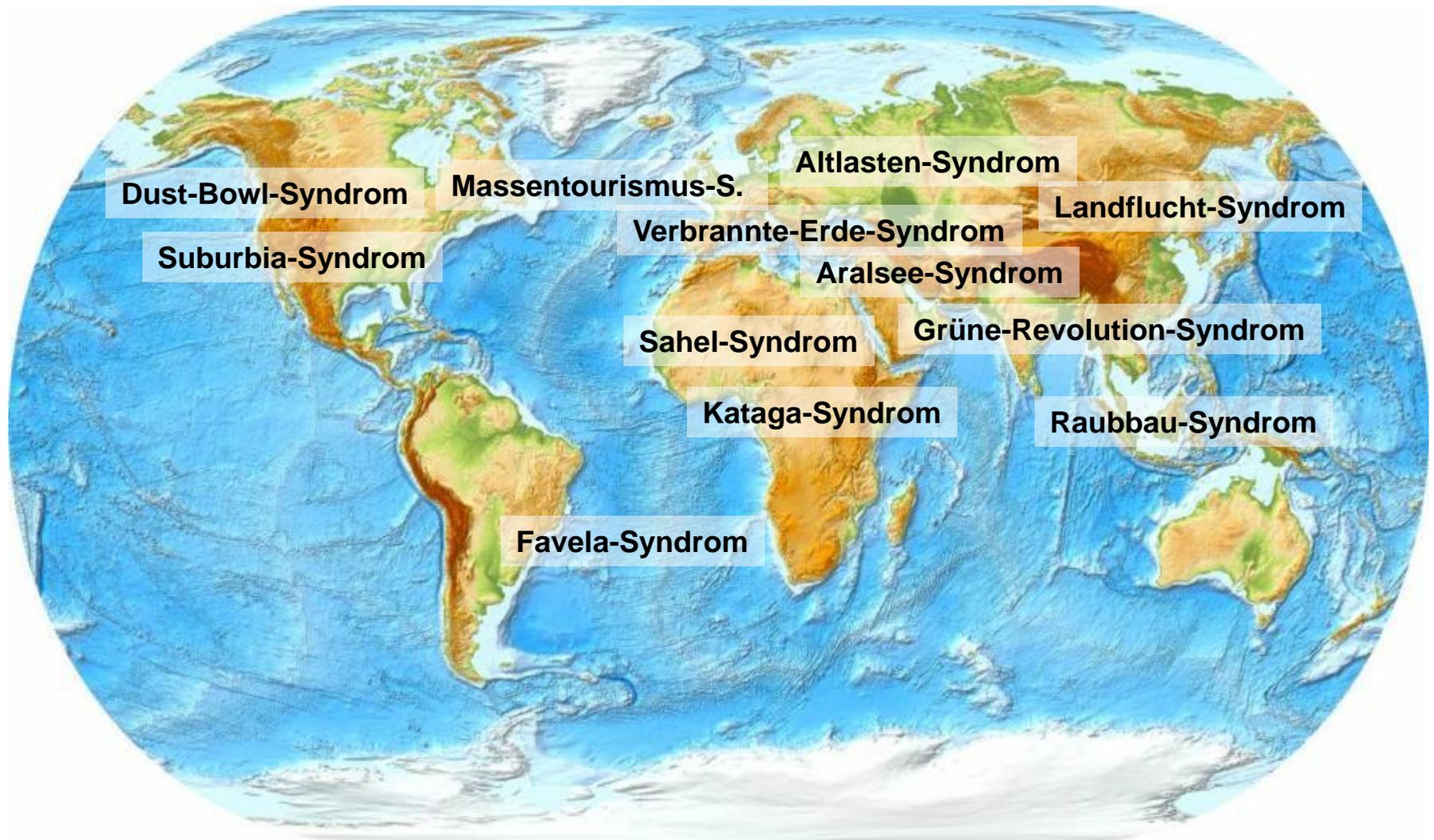
Flickr.com/photos





Syndrome des Globalen Wandels

WBGU (1996)



Hot Spots

Regionale Risiken



Hot Spots



Regionale Risiken

**Drei Schluchten Damm (VR-China)**

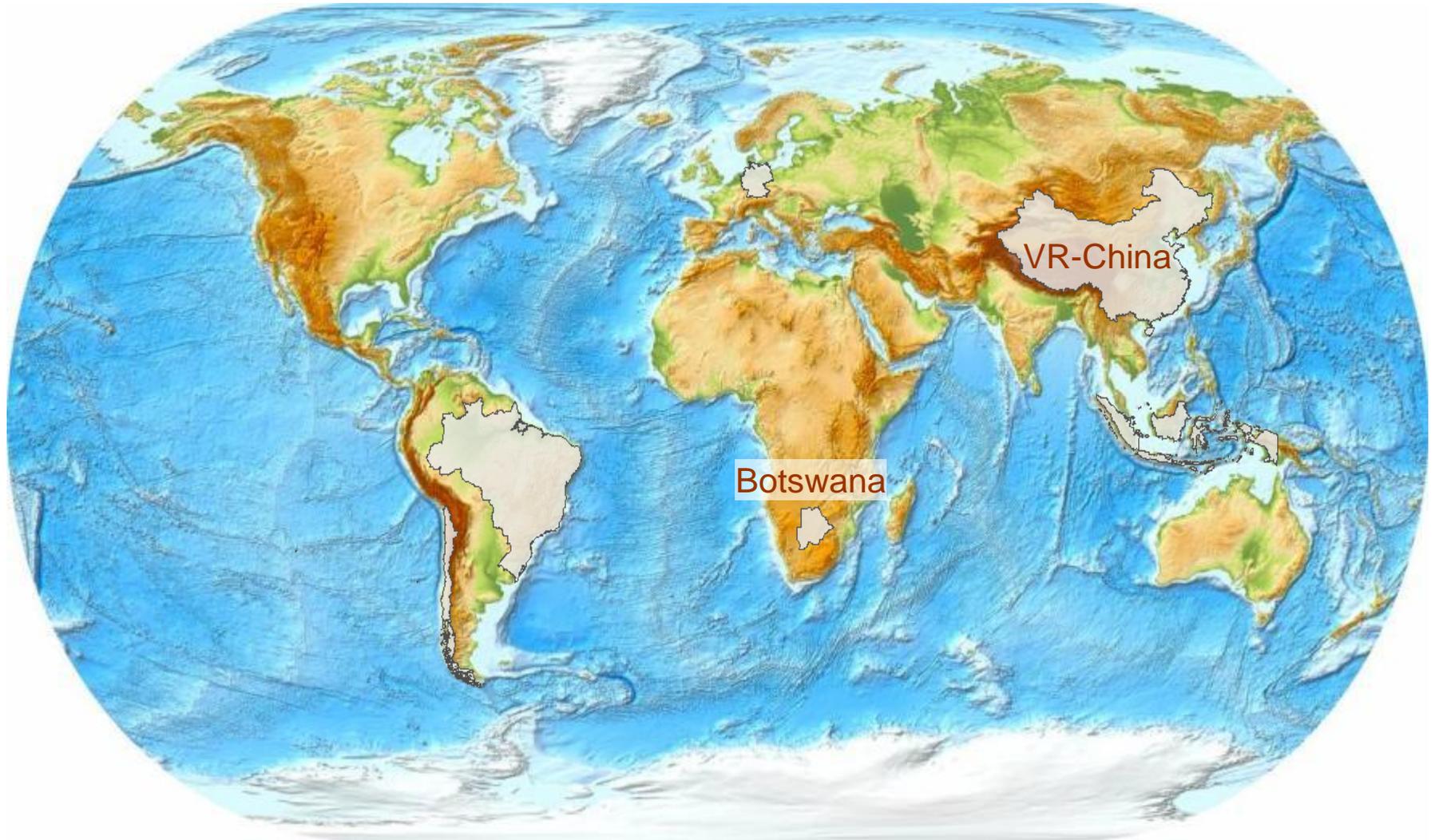
- Staukapazität für Hochwasser: 22,1 Mrd. m³
- Wasseroberfläche: 1.085 km²
- Stauseelänge: > 600 km
- Nennleistung: 18,2 GW / Ø Leistung 9,6 GW

Risiken

- Sedimentation und Versandung
- Tiefenerosion und Grundwasserabsenkung
- Methanfreisetzung
- Bedrohung von Tier- und Pflanzenarten

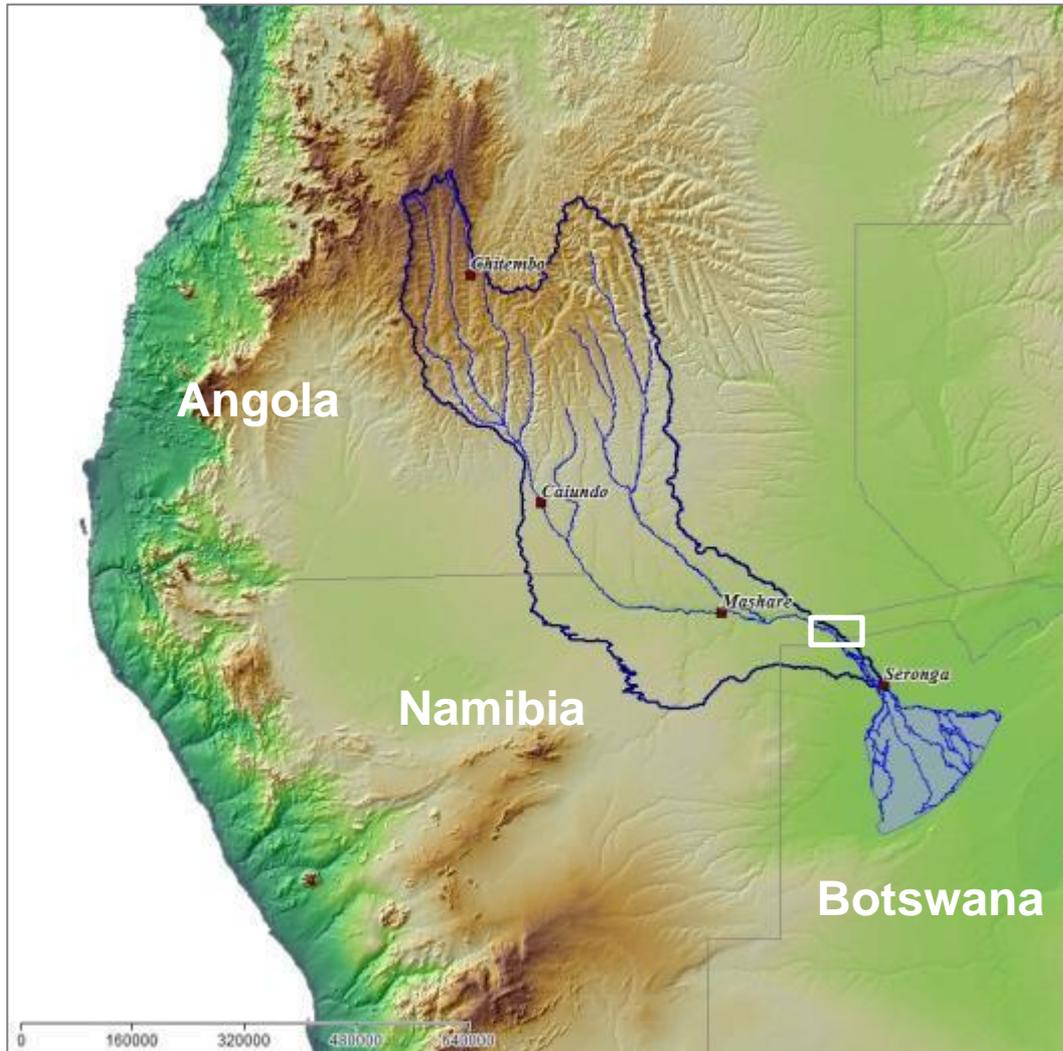
Hot Spots

Regionale Risiken



Hot Spots

Regionale Risiken

**Angola**

Area: 149.889 km² (65,71 %)

Hight: 1.025, 1.865 m a.s.l.

Site: *Cussece & Caiundo*

Namibia

Area: 35.159 km² (15,41 %)

Hight: 998, 1.024 m a.s.l.

Site: *Mashare*

Botswana

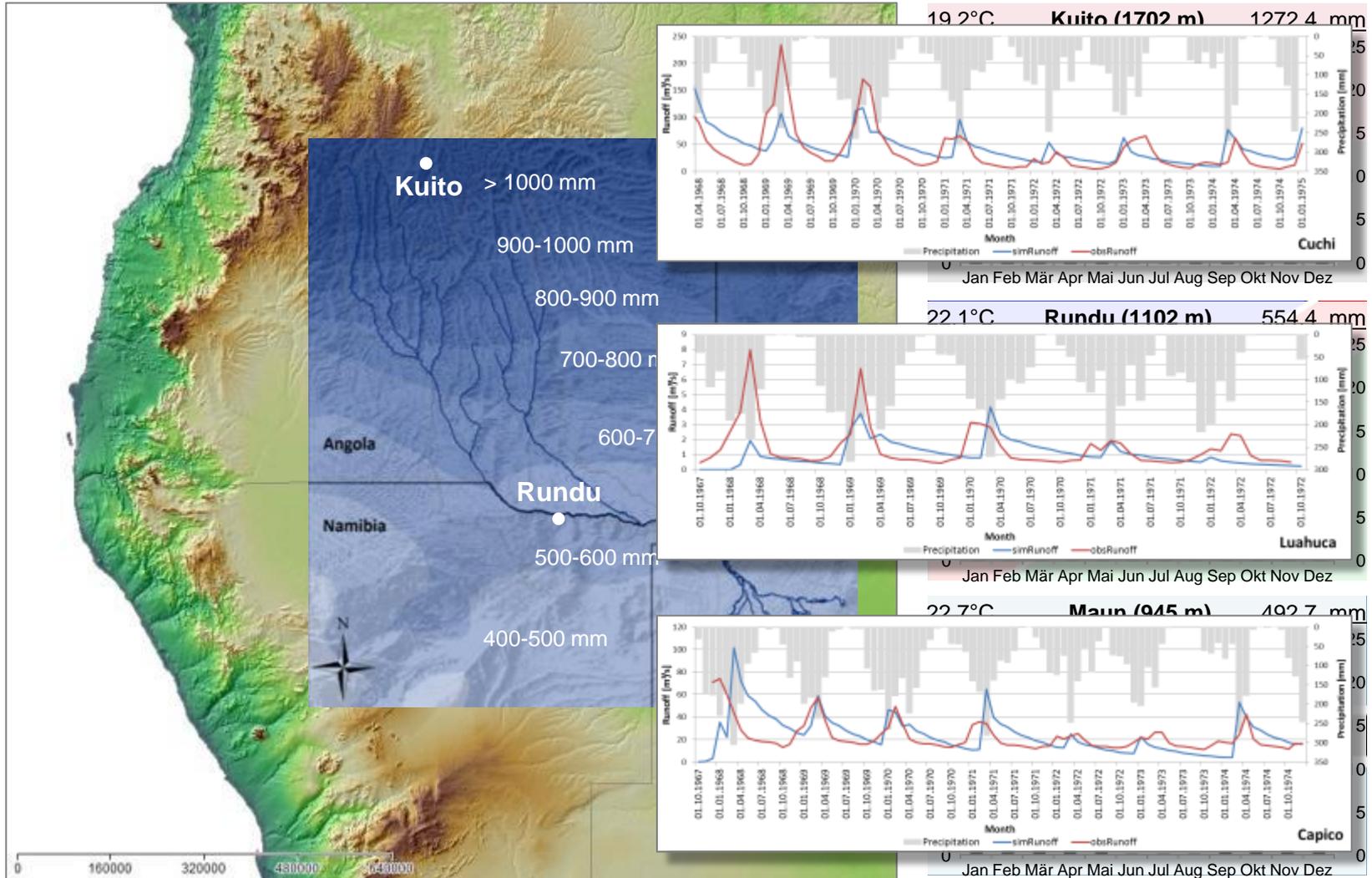
Area: 43.057 km² (18,88 %)

Hight: 980, 1.085 m a.s.l.

Site: *Seronga*

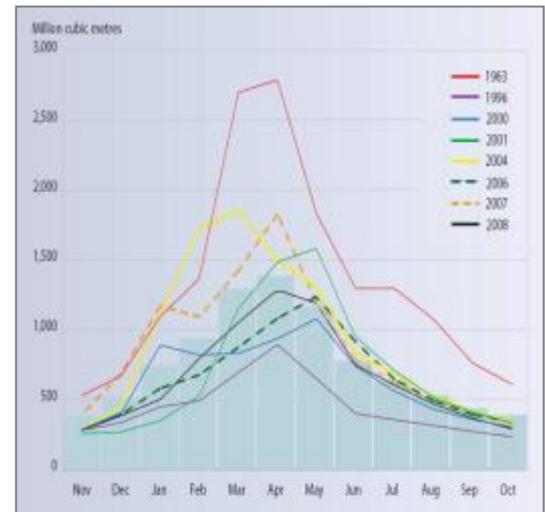
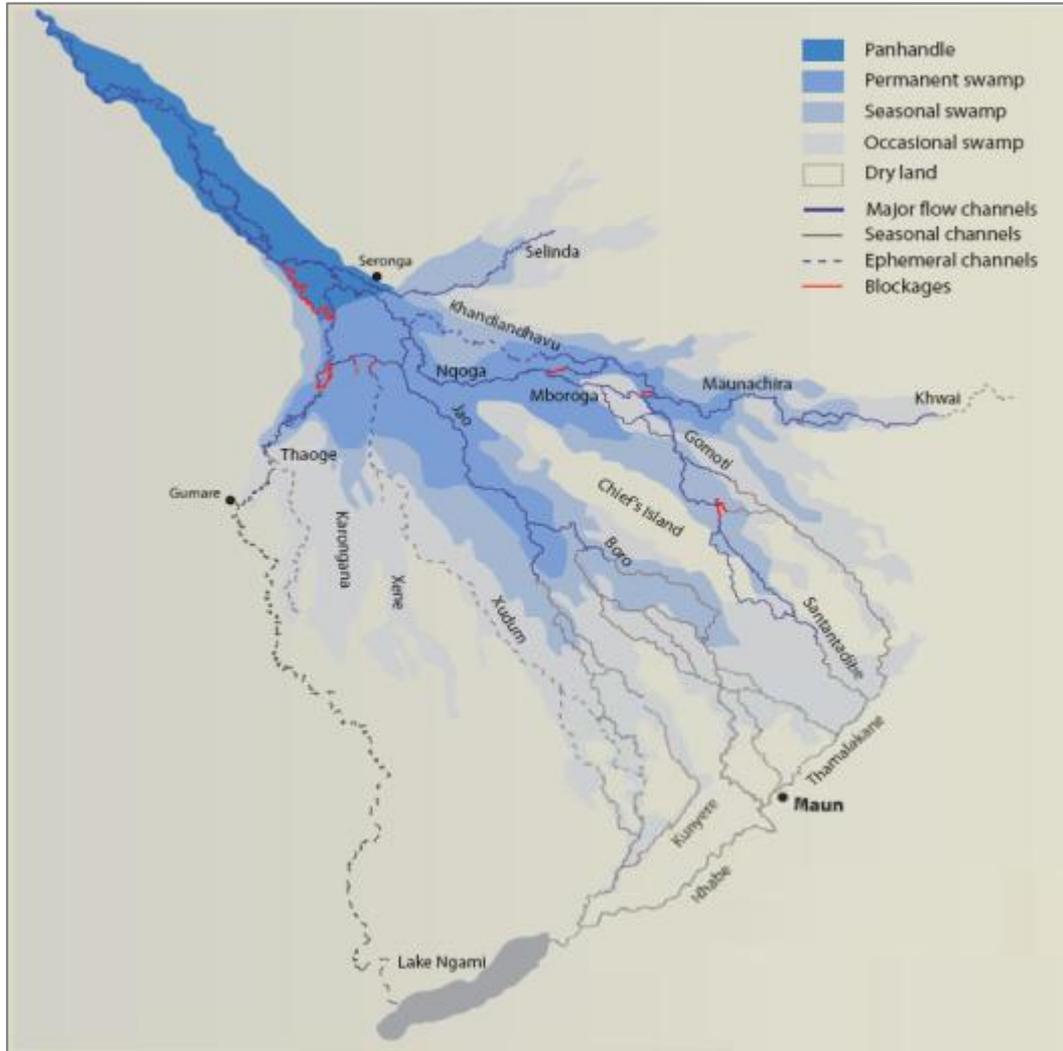
Hot Spots

Regionale Risiken



Hot Spots

Regionale Risiken



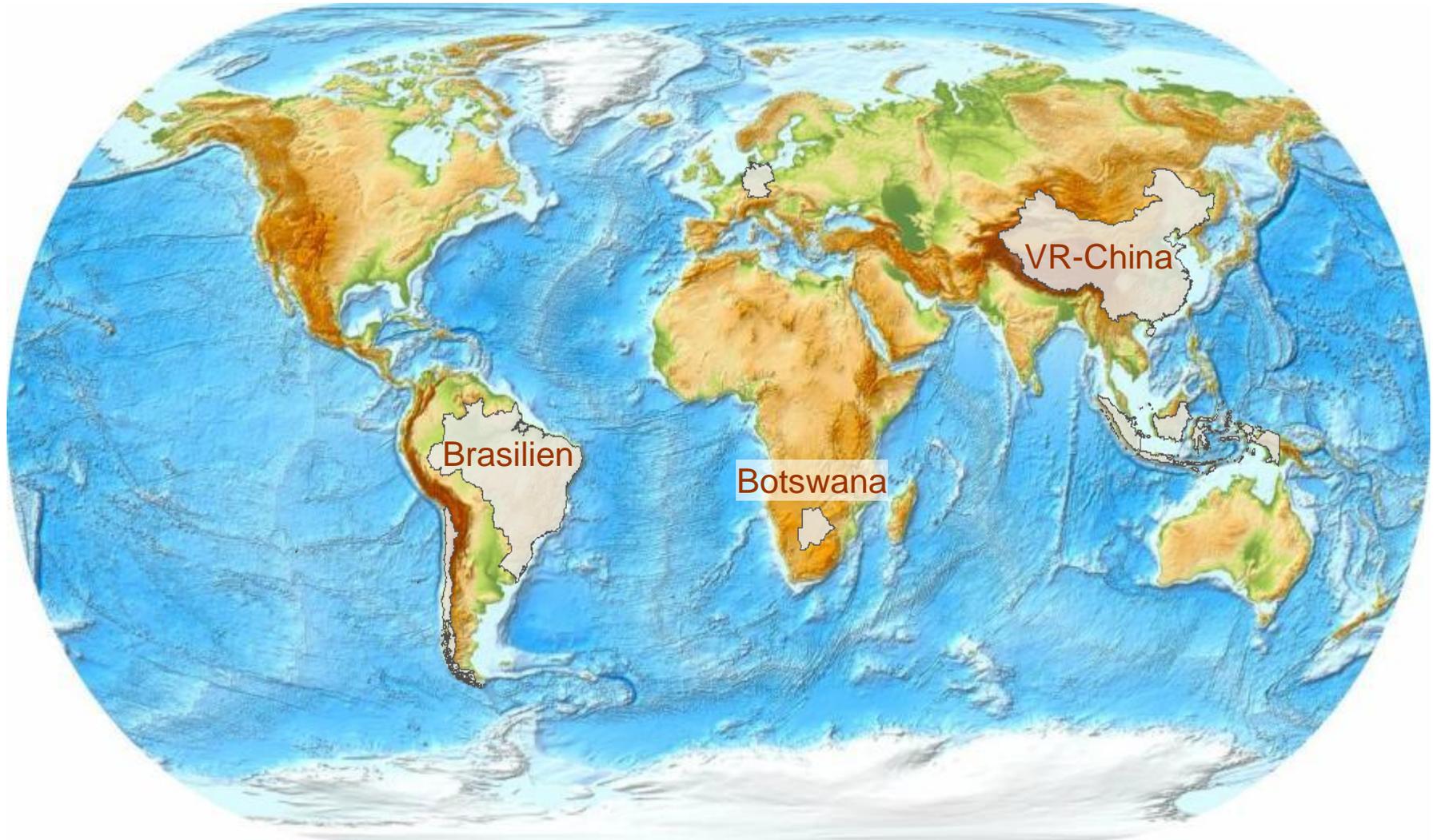
Hot Spots

Regionale Risiken



Hot Spots

Typologie Regionaler Risiken



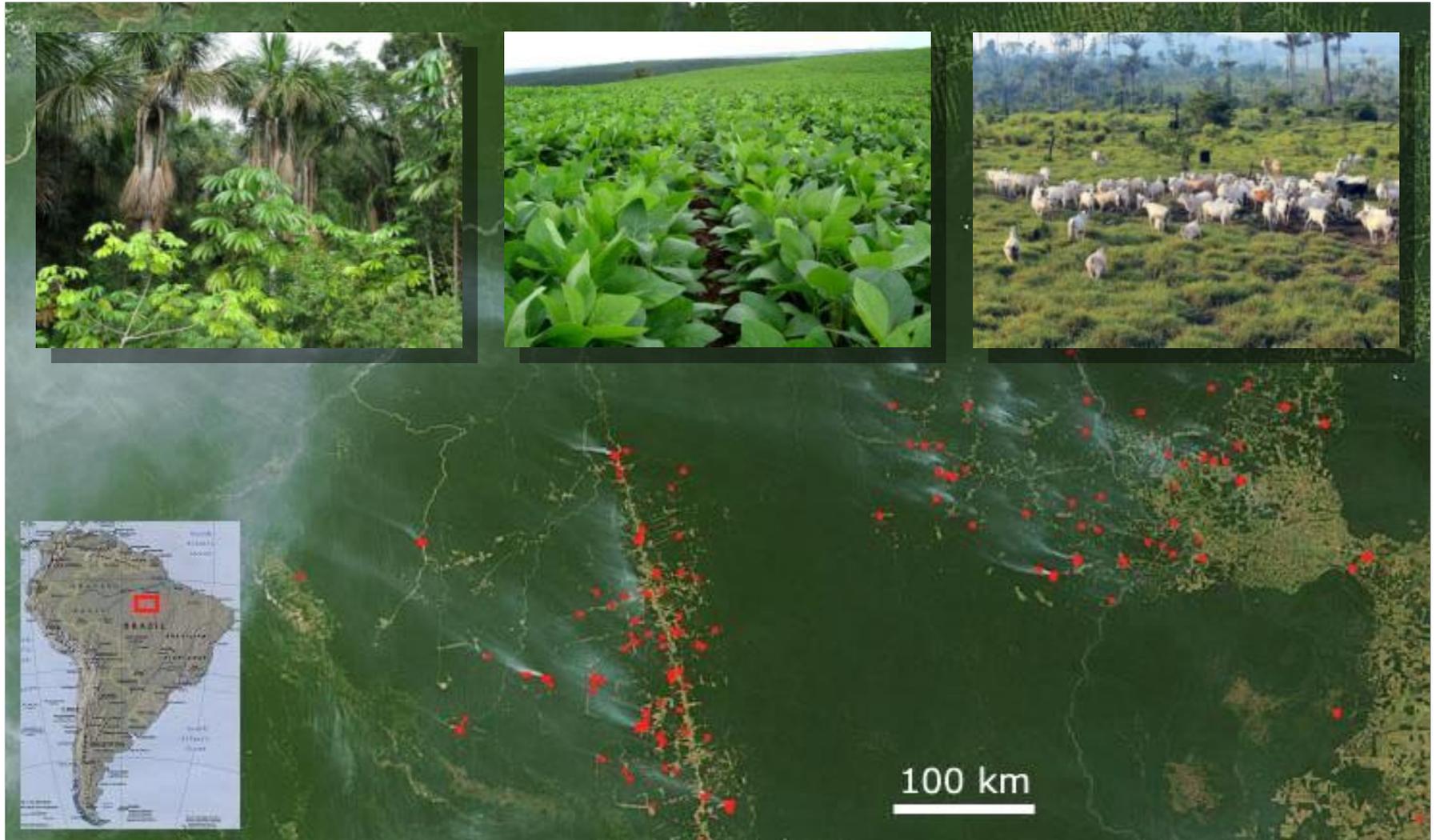
Hot Spots

Regionale Risiken



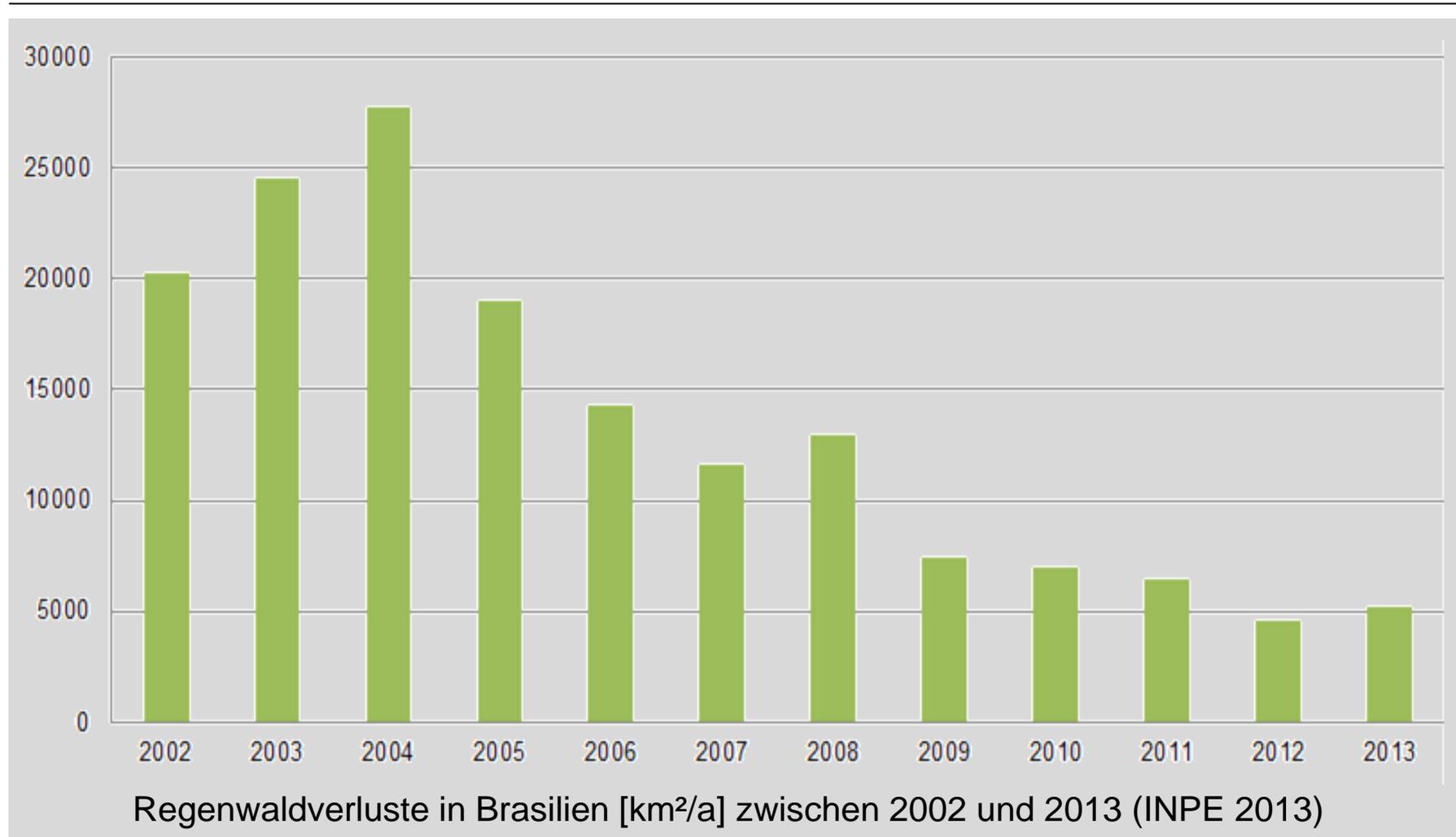
Hot Spots

Regionale Risiken



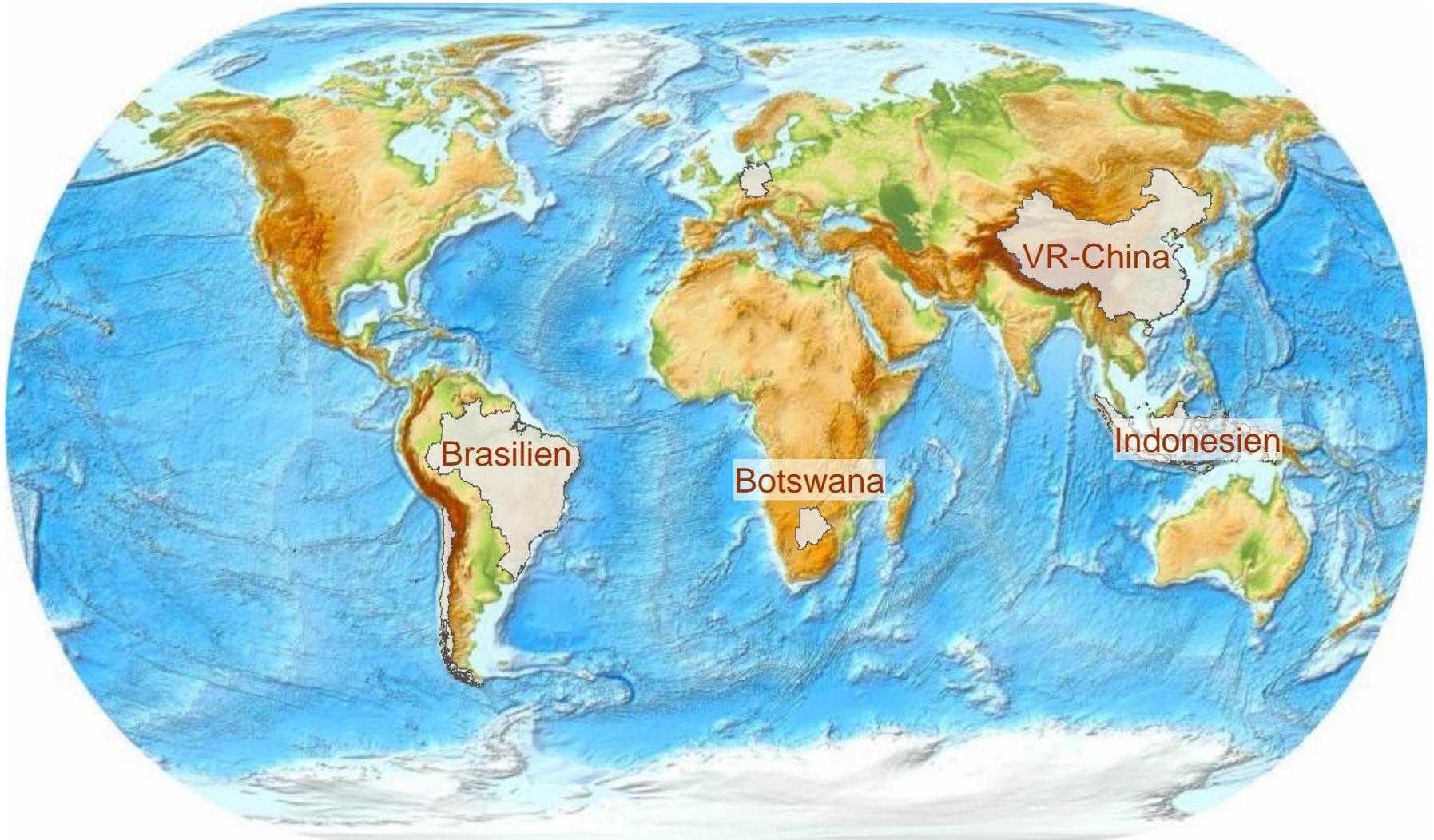
Hot Spots

Regionale Risiken



Hot Spots

Regionale Risiken



Hot Spots

Regionale Risiken

WBGU (1996): „Das *Raubbau-Syndrom* beschreibt die Konversion von natürlichen Ökosystemen sowie den Raubbau an biologischen Ressourcen. Hiervon sind sowohl terrestrische Ökosysteme (Wälder, Savannen) als auch marine (Überfischung) betroffen. Das gemeinsame Phänomen ist, dass Ökosysteme ohne Rücksicht auf ihre Regenerationsfähigkeit übernutzt werden, mit schwerwiegenden Folgen für den Naturhaushalt.“

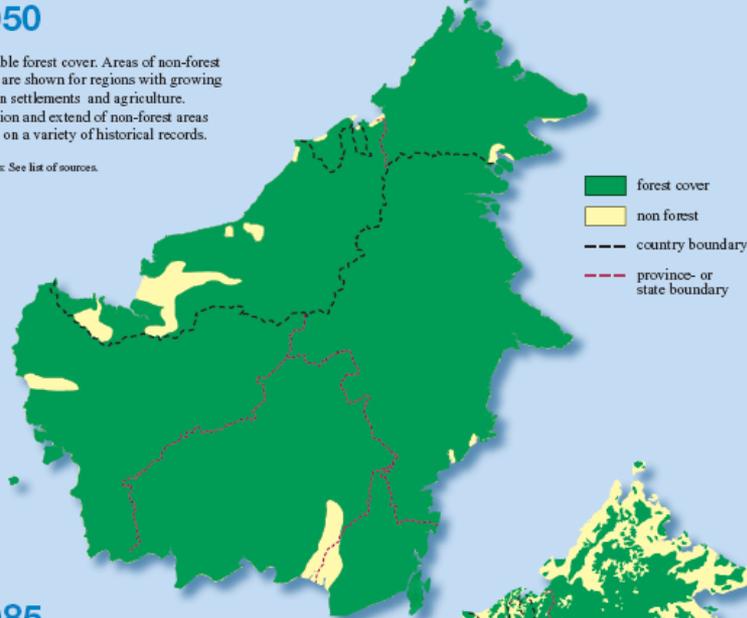
Symptome des Raubbau-Syndroms

- Verlust von Biodiversität
- Klimawandel
- Süßwasserverknappung
- Bodenerosion
- Zunahme von Naturkatastrophen
- Gefährdung der Ernährungssicherung

1950

Probable forest cover. Areas of non-forest cover are shown for regions with growing human settlements and agriculture. Location and extend of non-forest areas based on a variety of historical records.

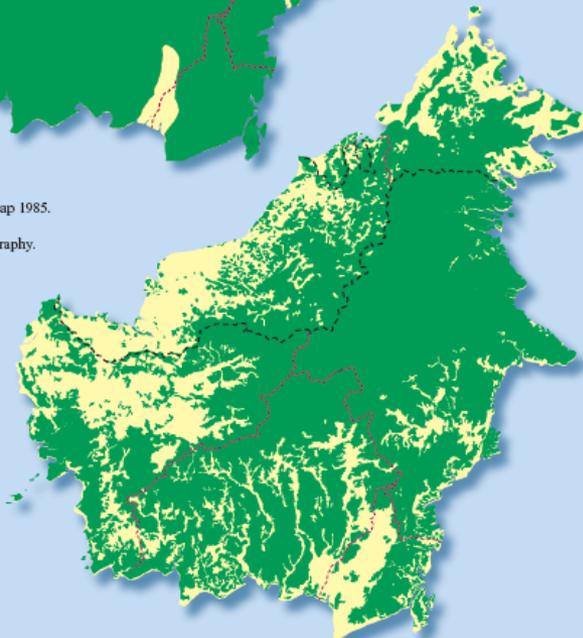
Sources: See list of sources.



1985

Based on WCMC forest cover map 1985. Landsat imagery was used and crosschecked with aerial photography.

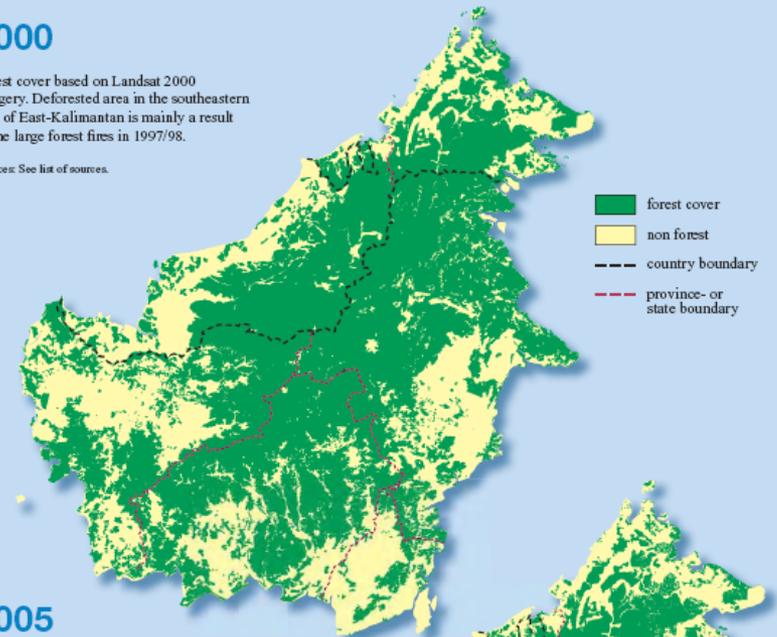
Sources: See list of sources.



2000

Forest cover based on Landsat 2000 imagery. Deforested area in the southeastern part of East-Kalimantan is mainly a result of the large forest fires in 1997/98.

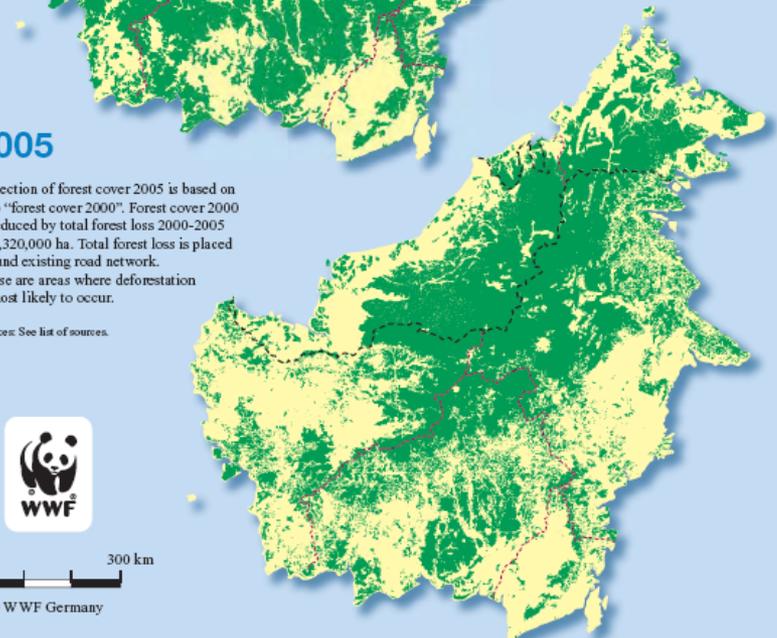
Sources: See list of sources.



2005

Projection of forest cover 2005 is based on map "forest cover 2000". Forest cover 2000 is reduced by total forest loss 2000-2005 of 4,320,000 ha. Total forest loss is placed around existing road network. These are areas where deforestation is most likely to occur.

Sources: See list of sources.



0 300 km

© WWF Germany



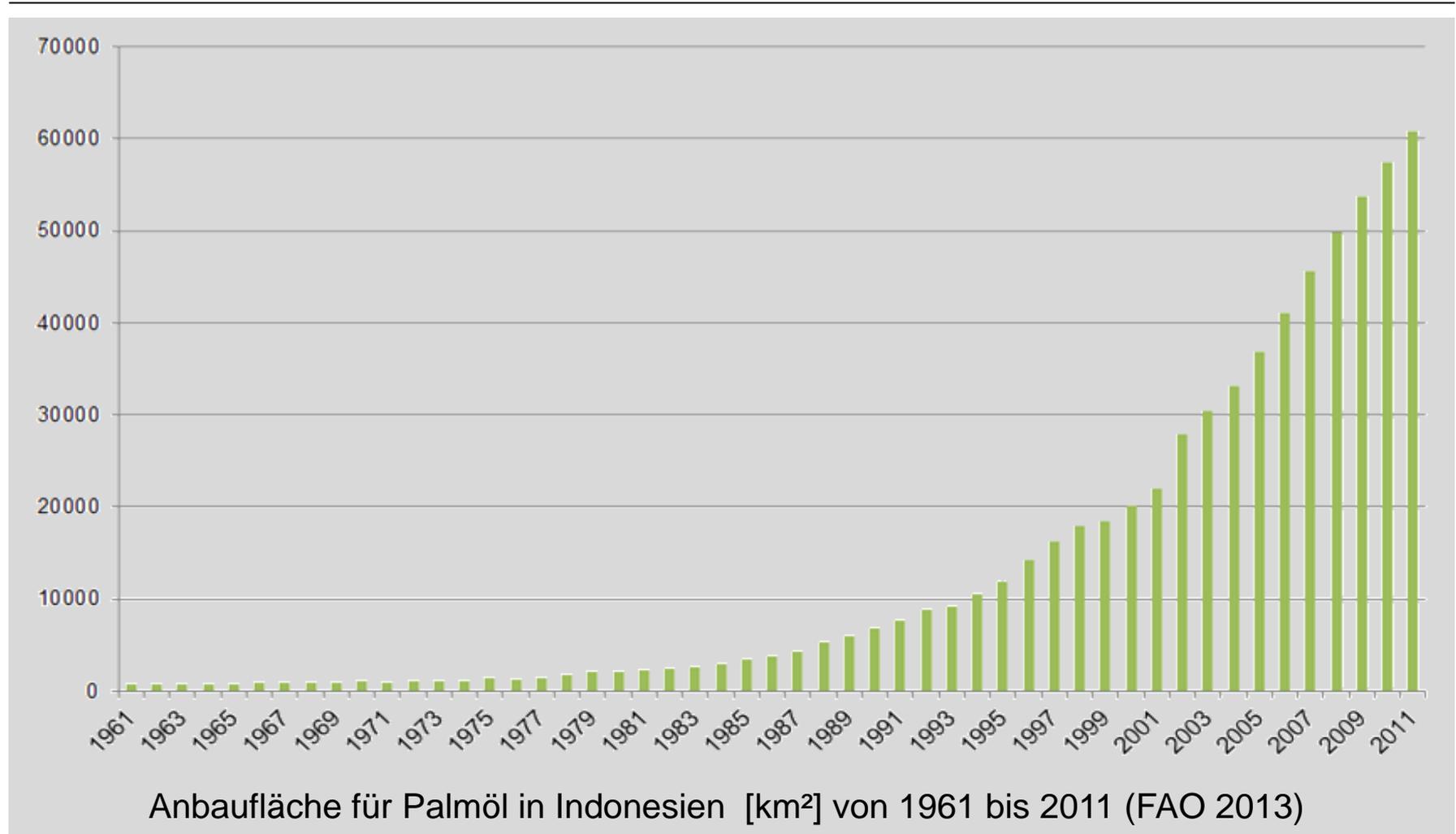
0 300 km

© WWF Germany



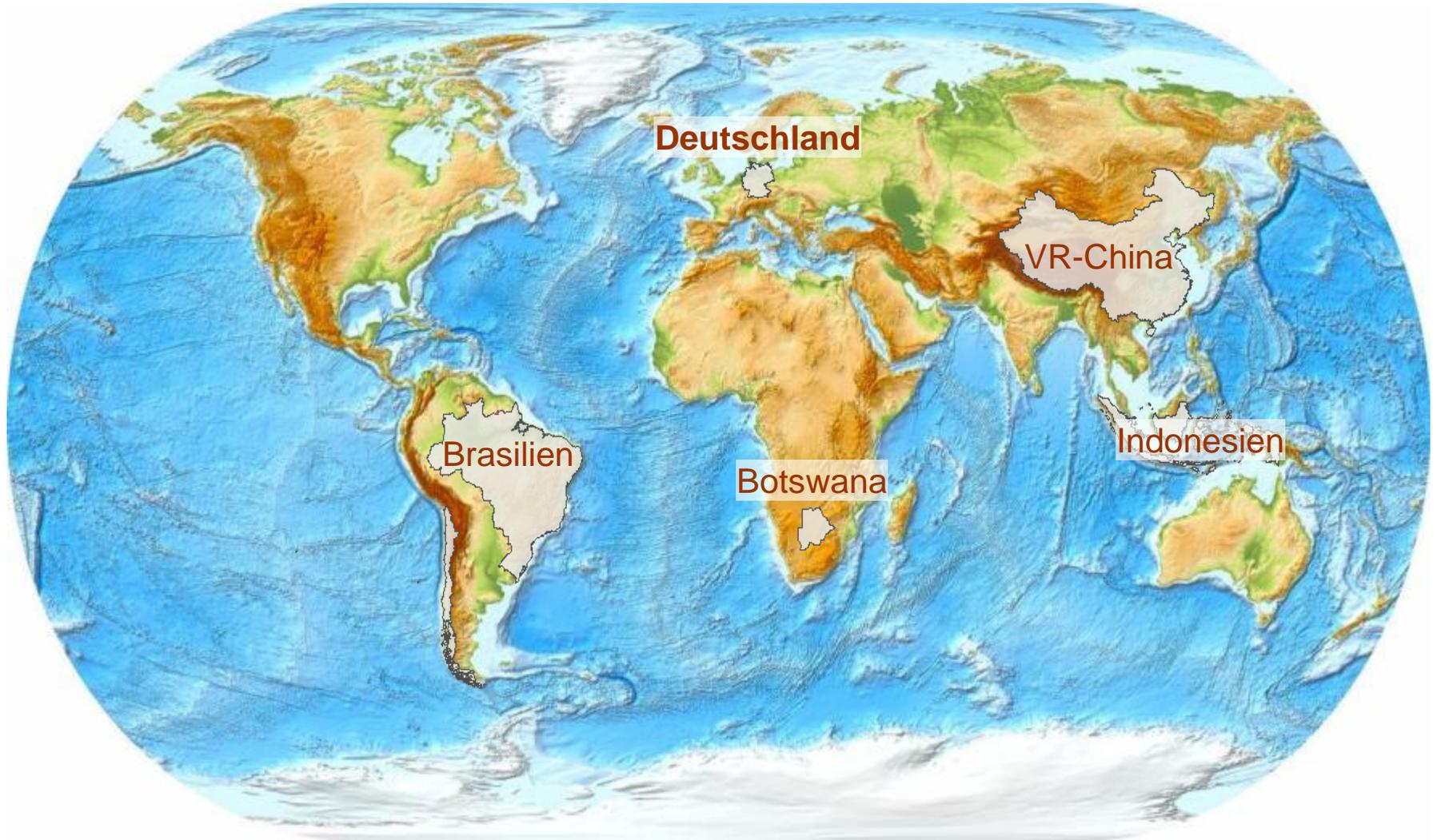
Hot Spots

Regionale Risiken



Hot Spots

Regionale Risiken





Nachteile und Risiken in der vorherrschenden Praxis der Energieversorgung, insbesondere die Freisetzung klimabelastender Gas- und Staubemissionen durch Verbrennung fossiler Rohstoffe sowie die Risikopotenziale und Probleme bei der Aufbereitung und Entsorgung von Reststoffen aus der zivilen Kernenergienutzung führen in der Bundesrepublik seit Beginn der 90er Jahre zu einer Rückbesinnung auf eine bereits seit Jahrhunderten beherrschte, vollständig risikofreie Technologie, die Nutzung der kinetischen Energie des Windes.

Windenergie ist ein praktisch kosten- und risikofreier Primärenergieträger



Forciert durch staatliche Subventionsprogramme hat die Windenergienutzung in den letzten Jahren einen starken Aufschwung genommen. Als positiver Rückkopplungseffekt dieser Entwicklung ist u.a. das innovative Wachstum in der Anlagentechnik zu nennen, dessen Grenzen kaum absehbar und nur physikalisch zu definieren sind. Durch ständig verbesserte Energieausbeuten, geringere Anlaufgeschwindigkeiten und optimierte Energiekonzentrierung moderner Anlagen ist eine betriebswirtschaftlich sinnvolle Nutzung der Windenergie nicht mehr Monopol weniger Küstenstandorte.

Die kinetische Energie des Windes ist eine ubiquitär verfügbare Energiequelle



Die Nachteile der Windenergieproduktion, die Unstetigkeit und relativ geringe Leistungsdichte des Energieträgers Wind werden z.T. durch die Vorteile einer emissions- und reststofffreien Energiegewinnung sowie der Möglichkeit einer dezentralen Versorgungsstruktur kompensiert. Dennoch bleibt auch bei optimistischer Bewertung technologischer Entwicklungen das Problem eines vergleichsweise hohen Raum- und Landschaftsverbrauchs zur Produktion volkswirtschaftlich relevanter Anteile am Gesamtenergiebedarf.

Raum ist eine Schlüsselressource, Raumplanung ist Ressourcenmanagement



Um Zielkonflikte mit konkurrierenden Nutzungsarten sowie potentiell negative Umweltwirkungen der Windenergienutzung zu minimieren, ist eine betriebswirtschaftlich sinnvolle Bündelung von Einzelkonvertern zu Windenergieparks an landschaftsökologisch wie regionalplanerisch unbedenklichen, klimatisch günstigen Standorten unter minimierter Beeinträchtigung des Landschaftsbildes zwingend erforderlich. Nur eine restriktive Ausweisung optimal geeigneter Flächen mit nachvollziehbaren Bewertungskriterien kann mittelfristig zu einer erhöhten Akzeptanz der Windenergie beitragen.

Wer Windenergie befürwortet muss auch bereit sein WKA-Standorte abzulehnen



Vor diesem Hintergrund wurde von der Arbeitsgruppe Geosystemanalyse des Geographischen Instituts der Universität Göttingen (Abteilung Physische Geographie) in Kooperation mit der Abteilung Wirtschaftsgeographie ein fachwissenschaftliches Raumordnungskonzept erarbeitet, das eine objektivierte Prädikatisierung unterschiedlich geeigneter Flächen leistet und damit den Entscheidungsträgern der Regionalplanung eine einheitliche Beurteilung für die Zulassung von Windenergiekonvertern bei maximaler Planungs- und Rechtssicherheit ermöglicht.



Raumordnerisches Eignungspotential

Unter raumordnerischen Aspekten können eine Reihe weiterer konflikträchtiger Raumnutzungen (zum Beispiel Richtfunkstrecken usw.) in der Studie berücksichtigt werden. Im Hinblick auf z.B. Gebietsentwicklungspläne oder Flächennutzungspläne kann ein Katalog von Negativkriterien vorgeschlagen werden, der in Abstimmung mit den Entscheidungsträgern von Bezirken, Kreisen und Gemeinden sowie Trägern öffentlicher Belange präzisiert und dann als Ausschluss- bzw. Restriktionsraum in die Bewertung eingeht. Raumordnerische Positivkriterien (Netzanbindungen, Umspannwerke) werden nach Akquisition der notwendigen Eingangsdaten ebenfalls aufgenommen.

Die Aufnahme und Verarbeitung der raumbezogenen Daten wird mit Geographischen Informationssystemen (GIS) geleistet. Vorgeschriebene Abstandsflächen können mit einem GIS beispielsweise exakt berechnet und dargestellt werden. Ergebnisse in Form von Karten, Graphiken und Tabellen können beliebig reproduziert und in gewünschtem Maßstab erzeugt werden. Die assoziierten Datensätze können den Gemeinden auf Datenträgern zur Verfügung gestellt werden.

Zur Eingrenzung von Suchräumen für Vorrangstandorte für die Windenergiegewinnung müssen u.a. planungsrechtliche Festsetzungen eines Flächennutzungsplanes herangezogen werden. Ausgeschlossen sind Taburäume wie Wohngebiete, Verkehrsinfrastruktur etc., aber auch die je nach Nutzungsart unterschiedlich definierten nutzungsspezifischen Abstandsflächen.



FRW - AG Geosystemanalyse - Geographisches Institut der Universität Göttingen



Landschaftsökologisches Eignungspotential

Die bisweilen mangelnde Akzeptanz der Windenergienutzung in der Öffentlichkeit resultiert bei der ungeordneten Aufstellung von Einzelanlagen bzw. Windenergieparks nicht zuletzt aus der ungenügenden Berücksichtigung von Landschafts-, Arten- und Biotopschutzaspekten. Mit dem Ziel einer Minimierung potentieller negativer Umweltwirkungen der Windenergie werden auf Grundlage bestehender Richtlinien landschaftsökologische Aspekte in das Zonierungskonzept eingearbeitet.

Das Landschaftsökologische Eignungspotential integriert unter dem Aspekt des Natur- und Artenschutzes bereits ausgewiesene oder geplante Natur- und Landschaftsschutzgebiete, besonders schützenswerte Biotope, Nahrungs-, Rast- und Brutgebiete von Wiesenbrütern, Naturdenkmale u. a. Dem Landschaftsschutzgedanken kann durch Integration eines Negativkatalogs Rechnung getragen werden, der die für das Landschaftsbild unverzichtbaren naturräumlichen und kulturhistorischen Elemente umfasst. Auf Basis von Satellitendaten wird die Heterogenität/Diversität des Landschaftsbildes beurteilt.

In der Darstellung des landschaftsökologischen Eignungspotentials werden unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Schutzbedürftigkeit und der erforderlichen Abstandsflächen landschaftsökologische Ausschlussräume ausgewiesen, in denen die Errichtung von Windenergieanlagen ausgeschlossen ist bzw. einer gesonderten Einzelfallprüfung unterliegt. In der Beispielkarte sind exemplarisch schutzwürdige Biotope und avifaunistisch wertvolle Bereiche dargestellt.

Landschaftsökologische Ausschlussräume im Landkreis Northeim

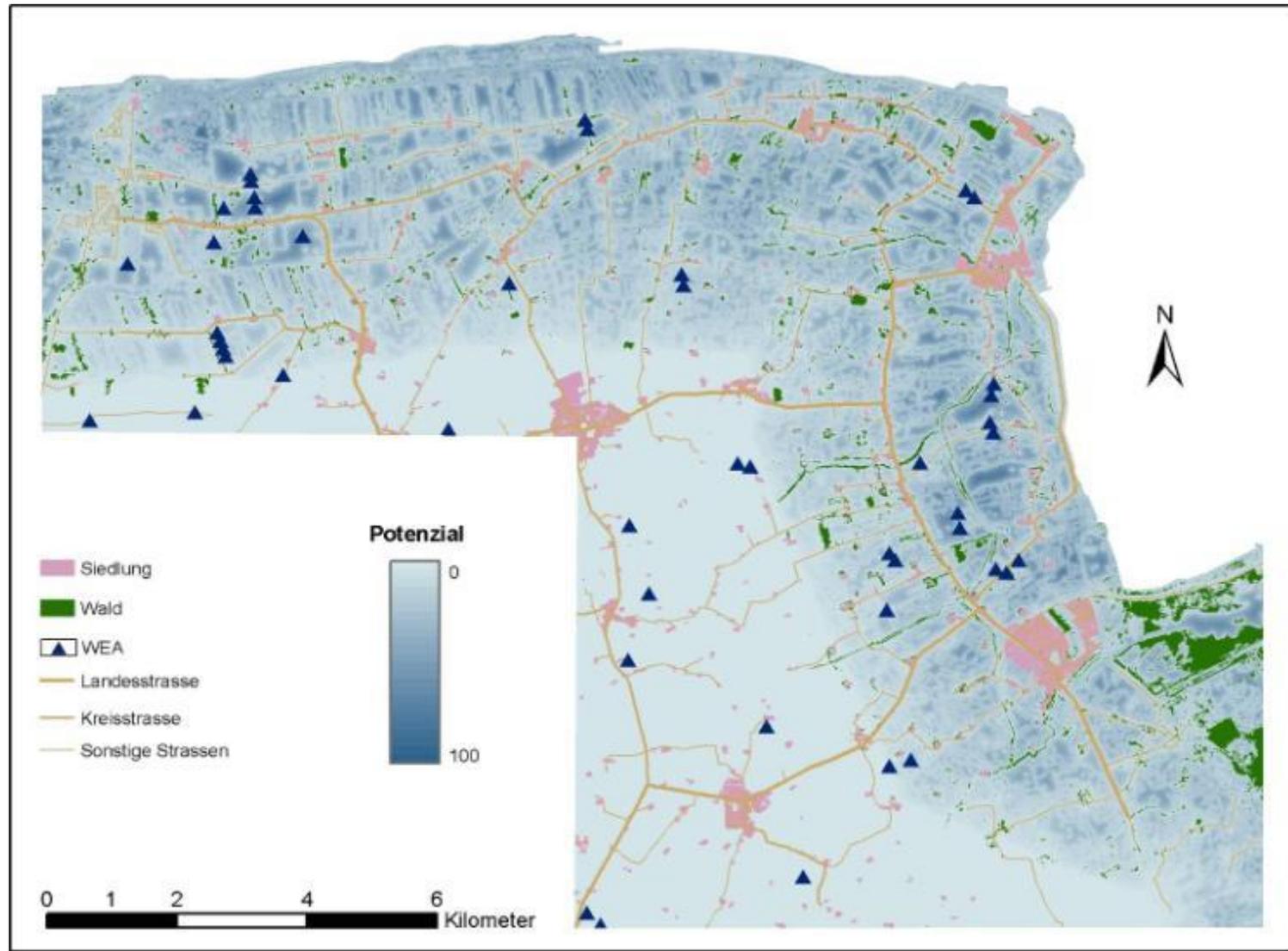
- Beispiele für Schutzgebiete
 Biotopkartierung des Landes Niedersachsen
-  Schutzwürdige Biotope
 -  Avifaunistisch wertvolle Bereiche für Brutvögel in Niedersachsen
 -  lokale Bedeutung
 -  regionale Bedeutung



FRW - AG Geosystemanalyse - Geographisches Institut der Universität Göttingen







Rast- und Nahrungspotenziale des Kiebitz, LK Ammerland (Döpel *et al.* 2004)

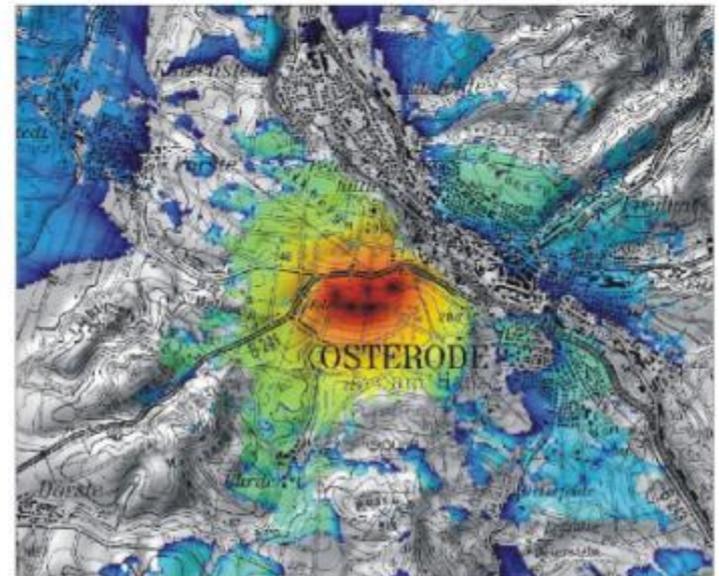


Raumwirksamkeit

Die Raumwirksamkeit von Windkraftanlagen und die damit verbundene Beeinträchtigung des Landschaftsbildes stellt aus wissenschaftlicher Sicht eine kaum operationalisierbare weil nicht messbare Größe dar. Um dennoch Landschaftsbild und Raumwirksamkeit von Windkraftanlagen objektiv beurteilen zu können, wird mit Hilfe eines neu entwickelten Bildverarbeitungsverfahrens die Heterogenität der Landschaft auf Grundlage von Nutzungs- oder Satellitenbilddaten sowie Digitalen Geländemodellen attributisiert.

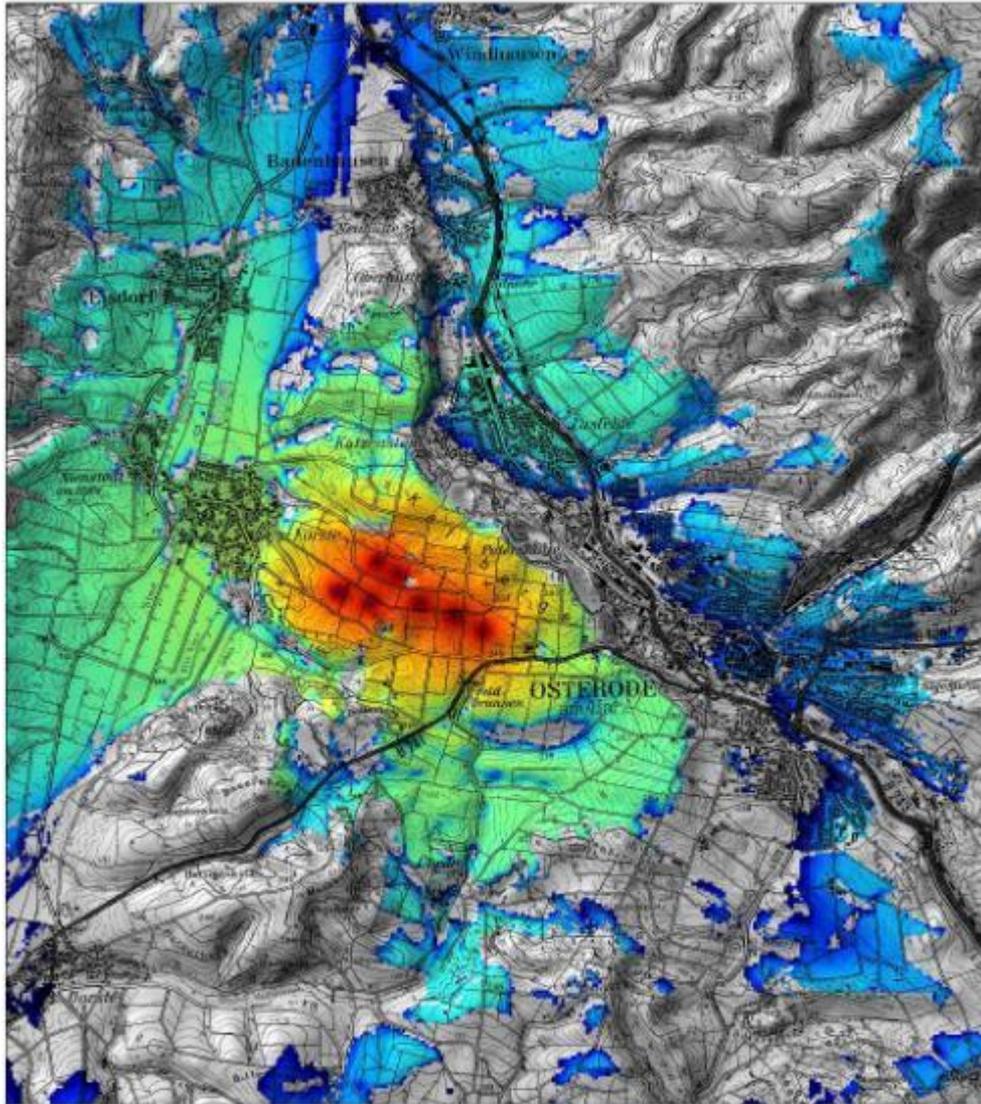
Um mögliche Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch Sichtbeziehungen zu Windkraftanlagen zu bewerten, wird für den Gesamttraum eine flächenhafte Sichtbarkeitsanalyse auf Basis einer für diese Anwendung neu entwickelten Horizontwinkelfunktion flächenhaft durchgeführt. Die Analyse für jede Rasterzelle integriert die Summe der Sichtbeziehung in einem Untersuchungsgebiet, so dass die Raumwirksamkeit jedes Punktes in einem objektiven Maß als dimensionsloser Index quantifiziert wird.

Für die Ausweisung von Vorrangstandorten wird eine entsprechende Analyse für alternative Windparkkonfigurationen gesondert durchgeführt, um für windklimatologisch geeignete Standorte die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch Ermittlung windklimatisch optimierter Windparkkonfigurationen bei gleichzeitig minimaler Landschaftsbildbeeinträchtigung zu identifizieren. Für ausgewählte Standorte wie z.B. touristischen Zentren oder Standorte mit besonderen Sichtbeziehungen können gesondert 3D-Visualisierungen erstellt werden, die als Planungsszenario die zukünftige virtuelle Realität der Parkkonfiguration im Landschaftsbild darstellen.



FRW - AG Geosystemanalyse - Geographisches Institut der Universität Göttingen





Sichtbeziehungsanalyse: für alternative WP-Konfigurationen

WPK 1: 16 WEA / 74 m NH / 52 m RD

WPK 2: 7 WEA / 100 m NH / 90 m RD

Intensität der Sichtbarkeit





Klimatisches Eignungspotential

Im Hinblick auf eine gewinnoptimierte und nachhaltige Windenergienutzung muss bereits von der klimatischen Eignung eine planerische Lenkfunktion ausgehen. Dabei bildet die präzise Differenzierung der Windenergiepotentiale in einer Rasterauflösung von 50 m (2500 m²) eine zentrale Grundlage. Zur prognostischen Kalkulation des Windenergiepotentials in Höhen von 60 bis 100 m über Grund (ü.G.) werden physikalisch-deterministische Modelle mit statistischen Analyseverfahren kombiniert. Die Simulationen berücksichtigen die Orographie und die aktuelle oberflächliche Nutzung.

Als Basisdaten werden digitale Geländemodelle zur Simulation der Oberflächenform und LANDSAT-Satellitendaten zur flächenscharfen Abgrenzung aktueller Oberflächennutzungen implementiert. Die Simulationen stützen sich nicht nur auf konventionelle WASP-Modelle, sondern berücksichtigen auch multivariate statistische Verfahren, in die Beobachtungsdaten unterschiedlichster Qualität eingehen (Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes, Sondermessnetze, Leistungsdaten von installierten Windkonvertern).

Aus der flächendeckenden Kalkulation der Windenergiepotentiale sind zwei regionalplanerische Aspekte abzuleiten. Die kleinräumige Differenzierung der Leistungsdichte des Windes ermöglicht zunächst eine detaillierte Ausweisung von Flächen unterschiedlicher Eignung und übt damit eine planerische Lenkfunktion aus. Gleichzeitig kann die Kalkulation der Windpotentiale in 60 bis 100 m ü.G. bei der Optimierung der Windparkkonfiguration verwendet werden und verbindet damit im Hinblick auf die Investitionssicherheit den Aspekt der Gewinnoptimierung mit der Minimierung des Landschaftseingriffs (Nabenhöhe).



FRW - AG Geosystemanalyse - Geographisches Institut der Universität Göttingen





Ergebnisdarstellung

Die Aufnahme, Organisation und Verarbeitung der raumbezogenen Daten wird mit Hilfe der GIS Technologie geleistet, so dass eine beliebig reproduzierbare computergestützte Ausgabe der Ergebnisse in Form von Karten, Graphiken und Tabellen ermöglicht wird. Die assoziierten Datensätze und Karten werden dem Auftraggeber sowohl digital (auf Datenträger) als auch analog zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisdokumentation umfasst neben einem textlichen Erläuterungsbericht ein Kartenwerk in flexiblen Maßstäben mit Darstellungen der Windenergieressourcen (mittlere jährlichen Windgeschwindigkeit [m/sec] sowie der Leistungsdichte des Windes [W/m^2] jeweils in 60 bis 100 Metern ü.G. im Maßstab 1:100.000 (Gauß-Krüger Koordinatensystem) auf gescanntem topographischen Hintergrund) und, in Absprache mit dem Auftraggeber, Karten zum landschaftsökologischen und raumordnerischen Eignungspotential sowie die Ergebnisse der Raumwirksamkeit und Sichtbarkeitsanalyse.

AG Geosystemanalyse
Universität Göttingen
Geographisches Institut
Goldschmidtstr. 5
37077 Göttingen

Prof. Dr. Michael Becht
Tel.: 0551/39 - 80 01
Fax: 0551/39 - 80 06
E-mail: m.becht@geog.uni-goettingen.de

Prof. Dr. Karl-Heinz Pörtge
Tel.: 0551/39 - 80 34
Fax: 0551/39 - 80 06
E-mail: kpoertg@gwdg.de

Dr. Jürgen Böhner
Tel.: 0551/39 - 80 73
Fax: 0551/39 - 80 06
E-mail: jboehne1@gwdg.de

Dr. Susanne Kickner
Tel.: 0551/39 - 80 37
Fax: 0551/39 - 80 06
E-mail: stickne@gwdg.de

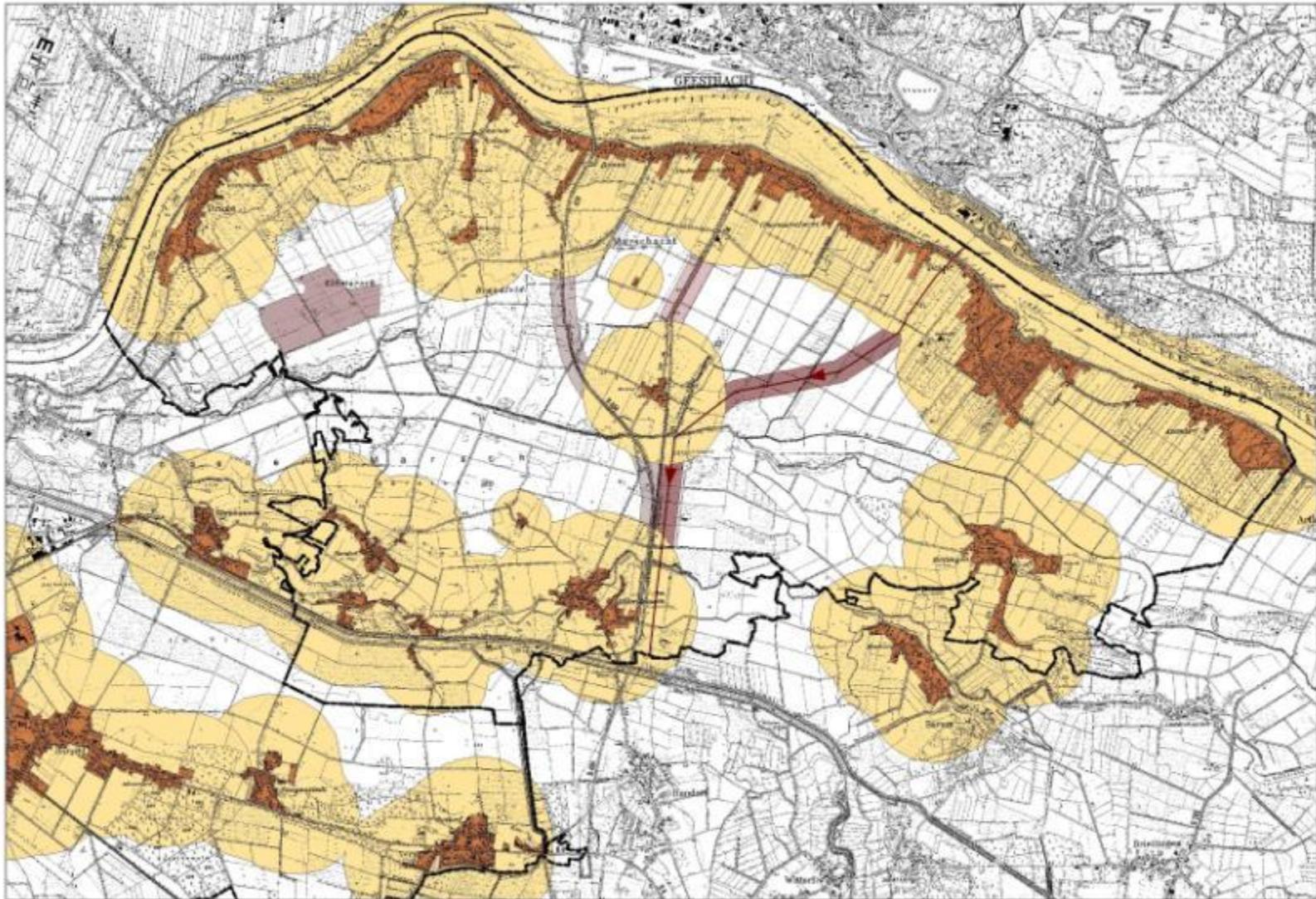


Flächen, die aufgrund ihrer Nutzung oder ökologischen Werteinschätzung nicht oder nur eingeschränkt zur Windenergienutzung zur Verfügung stehen, sind unter Berücksichtigung von Pufferzonen in der Festsetzungskarte als Ausschluss- oder Restriktionsräume gekennzeichnet. Die Ausweisung der Ausschlussräume berücksichtigt sog. 'harte umweltrechtliche Kriterien', die eine Windenergienutzung ausschließen. Die Restriktionsräume, die eingeschränkt einer Windenergienutzung zur Verfügung stehen, bedürfen einer detaillierteren Bewertung. Kriterien zur Bewertung der Restriktionsräume stellen das klimatische, landschaftsökologische sowie raumordnerische Eignungspotential dar. In dem Klassifikationsverfahren werden die Restriktionsräume in Eignungsklassen differenziert. Alle anderen Flächen werden bei entsprechendem Windangebot als Präferenzräume/Vorranggebiete ausgewiesen. Die Ausweisung dieser Standorte zielt auf eine schnelle regional-planerische Lenkung der vorhandenen Investitionsbereitschaft im Bereich der Windenergienutzung ab.

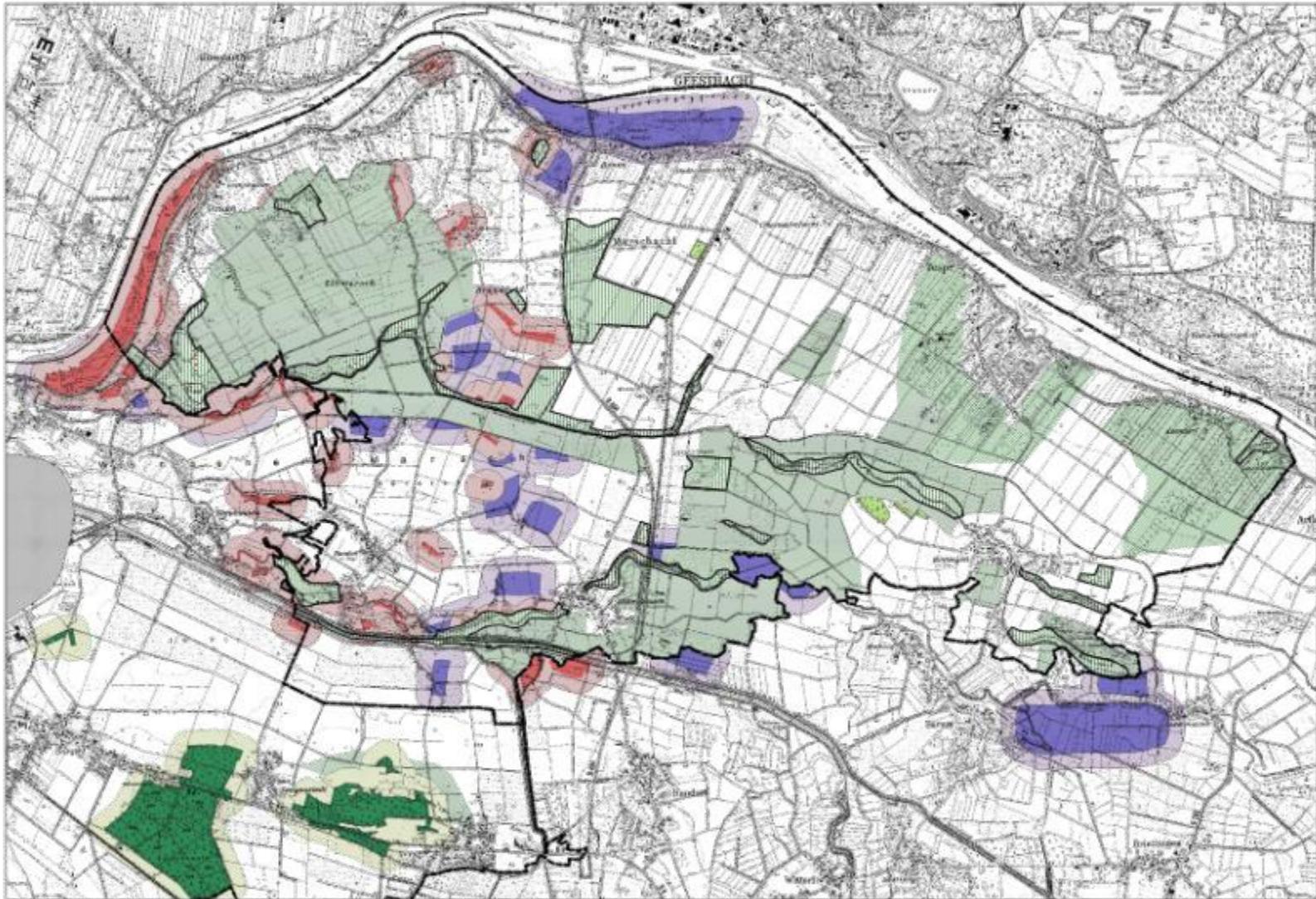
FRW - AG Geosystemanalyse - Geographisches Institut der Universität Göttingen



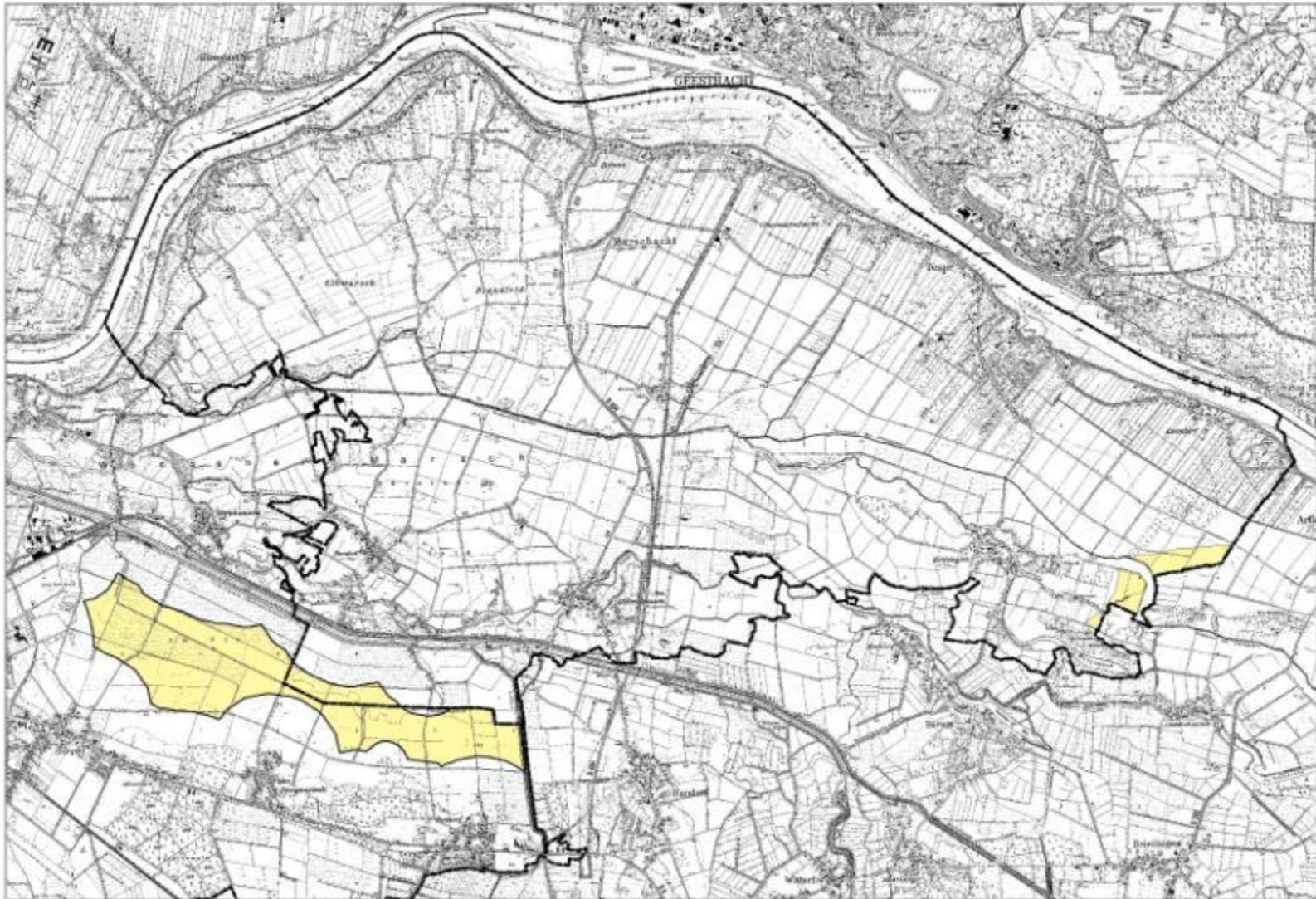
Katasterscharfe
Attributisierung
von Ausschluss-,
Restriktions-,
und Vorranggebieten



Ausschlussflächen aufgrund raumordnerischer Belange, Samtgemeinde Elbmarsch

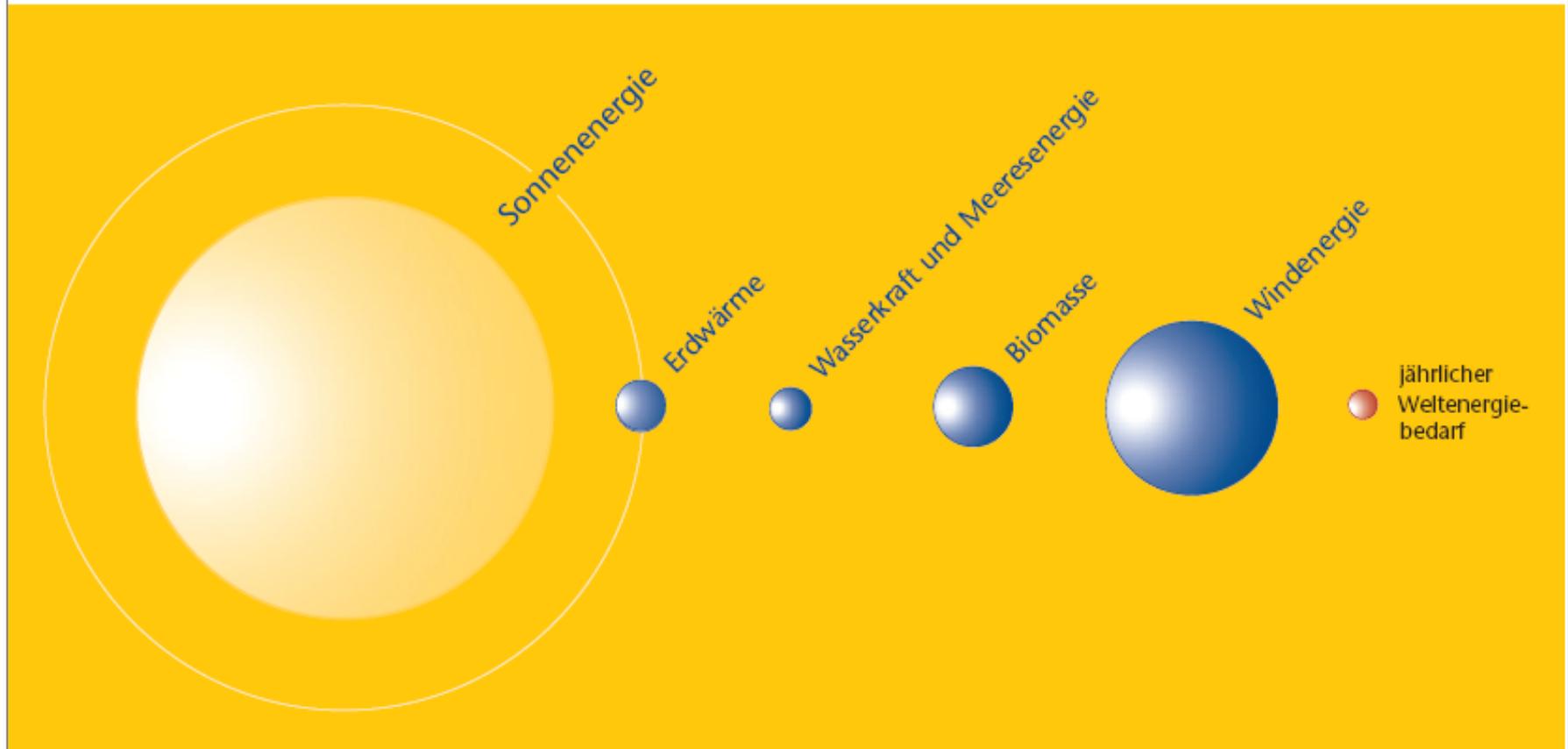


Landschaftsökologische Ausschlussflächen, Samtgemeinde Elbmarsch

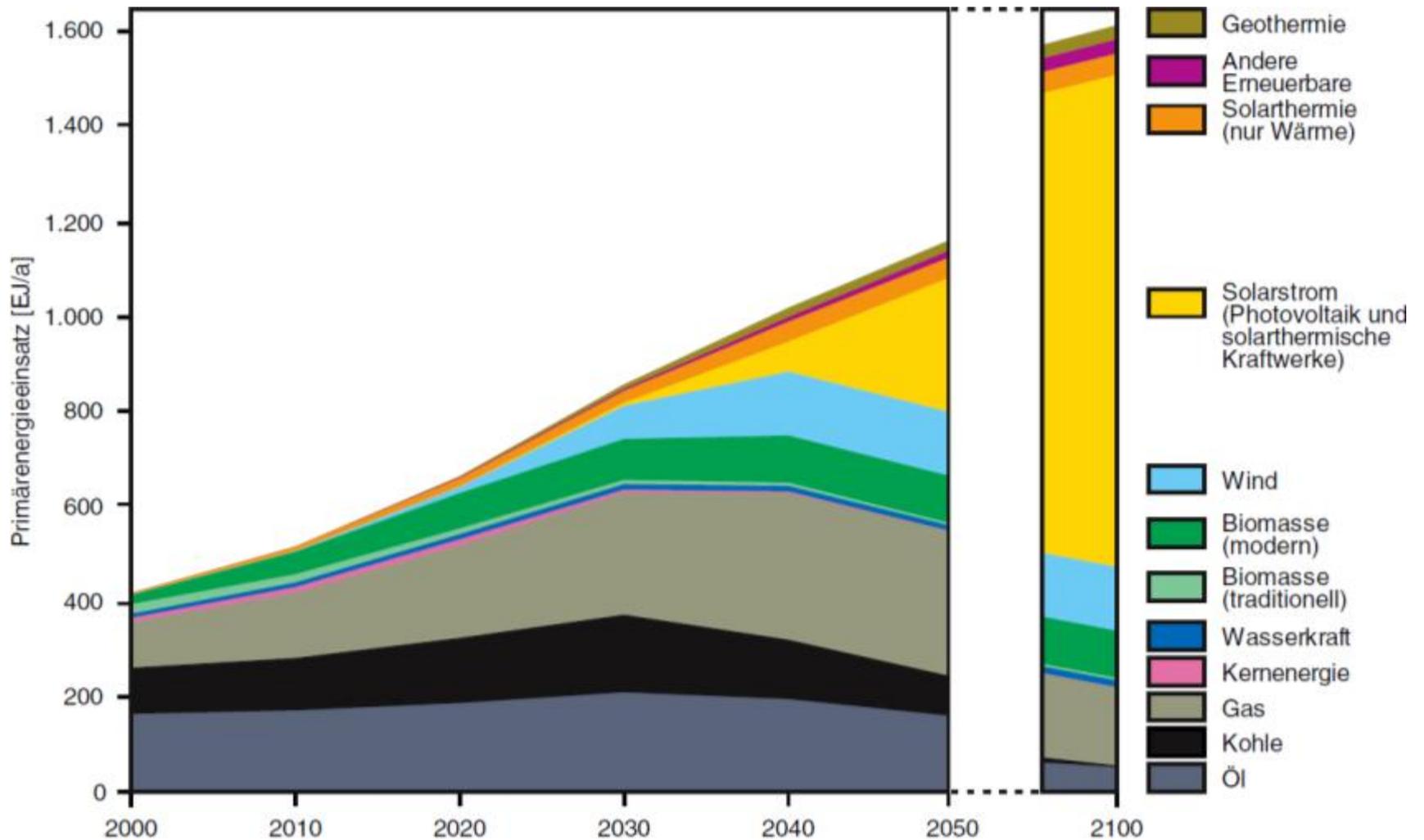


Eignungsflächen für Windkraftnutzung, Samtgemeinde Elbmarsch

Potenzielle erneuerbarer Energien und Weltenergiebedarf (pro Jahr)



© ForschungsVerbund Sonnenenergie



Projizierte Veränderung des globalen Energiemix (WBGU 2012)

Energy from Space vs. Energy for Space

Energienmix from Space

