



Unterrichtsmaterialien zum Thema

Erde bei Nacht – Energieverbrauch um Rhein, Ruhr, Maas und Schelde

JAHRGANGSSTUFE 11–13

Material für Lehrkräfte

Projektinformation

Diese Unterrichtsmaterialien sind im Rahmen des Projektes „Fernerkundung in Schulen“ (FIS) entstanden. Das Projekt FIS wird von der Raumfahrt-Agentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 50 EE 1703 gefördert.

Das übergeordnete Projektziel besteht in der Erarbeitung eines umfassenden Angebots an digitalen Lern-

materialien für den Einsatz im Schulunterricht. Dieses Angebot umfasst interaktive Lerntools und Arbeitsblätter, die über ein Lernportal zur Verfügung gestellt werden.

Für dieses Lehrermaterial und das dazugehörige Schülermaterial gilt:
© ESERO Germany (CC BY-NC-ND 2.0 DE)
<http://www.columbuseye.rub.de>



Übersicht

Jahrgangstufe 11 12 13

Niveau ● ○ ○ ○ ○

Zeitbedarf 90 Minuten

Autorin Claudia Lindner

Ziele

Die Schülerinnen und Schüler (SuS) sollen...

- Unterschiede in der Stadtstrukturentwicklung basierend auf naturräumlichen Gegebenheiten beschreiben,
- Einflüsse der räumlichen Verteilung von fossilen Energieträgern auf die lokale Wirtschaft erklären,
- anthropogene Gefährdungen durch Energiegewinnung und -verbrauch erkennen sowie Alternativen bewerten und diskutieren.

Themen

Anthropogene Einflüsse	Siedlungsstruktur
Energieerzeugung	Fossile Energieträger
Energieverbrauch	Nukleare Energieträger
Erde bei Nacht	Erneuerbare Energieträger
Falschfarbenbilder	Klimawandel

Medien & Material

Arbeitsblatt „Erde bei Nacht – Energieverbrauch“
Lehrkräftematerial „Erde bei Nacht – Energieverbrauch“
Folien „Folien_Energieverbrauch“
App „Columbus Eye“ – Part „Erde bei Nacht – Energieverbrauch“



Didaktische Anmerkungen

Voraussetzungen

Etwa die Hälfte der SuS sollte die App auf ihrem Gerät verfügbar haben. Die Lerneinheiten in der App werden automatisch von der Hochschulcloud sciebo heruntergeladen. Bei Problemen kann [hier](https://sciebo.de/de/hilfe/sciebo-news.html) (<https://sciebo.de/de/hilfe/sciebo-news.html>) nachgeschaut werden.

Vorbereitung

Lassen Sie die SuS die App „Columbus Eye“ einige Tage vor der geplanten Stunde herunterladen. Hierzu kann der Link verschickt, der QR-Code ausgeteilt, oder beim Play / App Store in die Suchleiste einfach „Columbus Eye“ eingegeben werden. Der eigentliche Download sollte, um niemandes Datenvolumen zu belasten, von den SuS im heimischen WLAN durchgeführt werden, sofern es kein (zuverlässiges) Schul-W-Lan gibt.

Sobald die App heruntergeladen ist, müssen noch die Daten für den Part „Erde bei Nacht – Energieverbrauch“ hinzugeladen werden.

Hinweis: Möglicherweise funktioniert die App nicht auf allen Smartphones, was mit deren Betriebssystemen und -versionen zusammenhängt. Dies stellt jedoch kein Problem dar. Solange jede Kleingruppe in der späteren Bearbeitung des Arbeitsblattes über ein Gerät mit funktionierender „Columbus Eye“-App verfügt, können die Aufgaben problemlos durchgeführt werden.

Einbindung in den Lehrplan & Umsetzung der Unterrichtseinheit

Das Unterrichtsmaterial passt in mehrere Inhaltsfelder der Lehrpläne der Gymnasialen Oberstufe im Fach Erdkunde/Geographie. Beispielsweise verbindet es im Land Nordrhein-Westfalen die Themenfelder „Lebensräume und ihre naturbedingte anthropogen bedingte Gefährdung“ mit „Raumwirksamkeit von Energieträgern und Raumnutzung“, in Bayern „Rohstofflagerstätten und deren Nutzung“ mit „Bevölkerungsentwicklung und Verstädterung“ und kann in Berlin und Brandenburg im Themenfeld „Struktur-räumliche Gliederung Europas“ eingesetzt werden.

Detaillierte Informationen zum Thema Fernerkundung, von mathematischen und physikalischen Grundlagen bis hin zu verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten stehen, unter fis.rub.de frei zur Verfügung. Unter dem Begriff Fernerkundung wird allgemein die

Hintergrundinformationen

Fernerkundung

Unter dem Begriff Fernerkundung wird allgemein die berührungslose Beobachtung der Erdoberfläche durch Sensoren an Flugzeugen und vor allem Satelliten verstanden. Mit Satellitenbildern kann großflächig der Zustand der Erdoberfläche und somit den Zustand verschiedener Ökosysteme betrachtet werden. Besonders gut eignen sich Satellitenbilder dazu, Veränderungen an der Landoberfläche zu erfassen, da Satelliten einen bestimmten Ausschnitt der Erdoberfläche in einem definierten zeitlichen Abstand immer wieder überfliegen und entsprechend Bilder von diesem Ausschnitt liefern. Infolgedessen liegt ein bedeutender Vorteil der Fernerkundung gegenüber klassischen Feldmessungen in der kostengünstigen Informationsbeschaffung, ohne direkt vor Ort sein zu müssen.

Bildaufnahme – wie entstehen Farbbilder?

Das Satellitenbild entsteht durch die Aufnahme von Strahlung, die von der Erdoberfläche reflektiert wird. Zuerst trifft die von der Sonne ausgestrahlte elektromagnetische Strahlung (sichtbar und nicht sichtbar) auf die Erde. Trifft die Strahlung nun auf die Oberfläche, so werden je nach Beschaffenheit Teile von der Strahlung durchdrungen (Transmission), aufgenommen (Absorption) und zurückgeworfen (Reflexion).

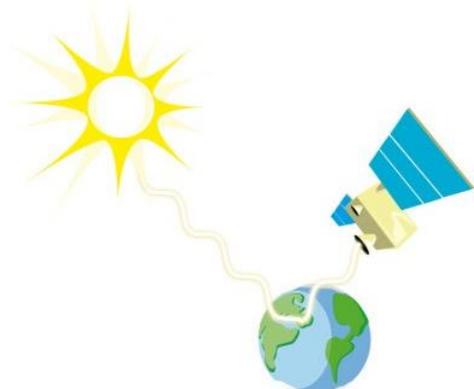


Abbildung 1 Sonnenlicht wird von der Erdoberfläche reflektiert und vom Satellitensensor aufgenommen (Quelle: FIS)

Die reflektierte Strahlung enthält Informationen über die Art und Eigenschaften der Oberfläche. Außerdem geht von Objekten selbst (Wärme-) Strahlung aus (Emission). Das Besondere ist also, dass jedes Objekt (in Abhängigkeit seiner physikalischen Eigenschaften) in ganz bestimmter Weise mit der Einstrahlung interagiert. Ein Teil der von der Erdoberfläche reflektierten Strahlung wird von dem Sensor eines Satelliten aufgenommen, gespeichert und zur Erde gesendet.

Die Aufnahme der reflektierten Strahlung erfolgt für die verschiedenen Bereiche des elektromagnetischen Spektrums, beispielsweise separat für die drei Bereiche des sichtbaren Lichts Blau, Grün und Rot und den Bereich des infraroten Lichts. Die einzelnen aufgenommenen Bereiche bzw. Kanäle können dann am Computer so miteinander kombinieren werden, dass Farbbilder entstehen.

Sentinel-Satellitenbild

- Satellit: Sentinel-2B
- Sensor: MSI (MultiSpectral Imager)
- Aufnahmespektrum: sichtbar, infrarot
- Räumliche Auflösung: 10–60 m
- Aufnahme des Bildes: 15.10.2017 um 10:40 Uhr

Das Sentinel-2-Satellitenpaar besteht aus zwei baugleichen Satelliten A und B, die die Erde auf der gleichen polaren Umlaufbahn, aber um 180° versetzt, umfliegen. Dadurch wird Europa alle 2-3 Tage vollständig aufgenommen. Die Bilder werden für viele verschiedene Forschungsgebiete und in der Forst- und Landwirtschaft eingesetzt. Auch im Katastrophenschutz, wie beispielsweise bei Hochwasser, sind die Bilder von unschätzbarem Wert für die Einsatzplanung.

ISS-Nachtaufnahmen (zu Marker 1)

- Satellit: Internationale Raumstation ISS
- Sensor: HD-TV-Kamera
- Aufnahmespektrum: sichtbar
- Aufnahme des Videos: 05.10.2016 um 20:30 Uhr

Das japanische Projekt „Meteor“ verfügt über eine ultra-sensitive, ultra-hochauflösende kommerzielle TV-Kamera, die an der ISS angebracht ist und Nachtaufnahmen der Erdoberfläche macht, um Meteore in der Erdatmosphäre zu beobachten und anhand ihrer

Farbe und Helligkeit Rückschlüsse auf die chemische Zusammensetzung zu ziehen. Durch die geringe Übertragungsrate der Daten müssen die Videos auf der ISS durch ein Computerprogramm sortiert werden, sodass nur die Sequenzen, die Meteorsichtungen enthalten, zur Erde gefunkt werden. Es ist ein großes Glück, dass eines der wenigen veröffentlichten Videos das Ruhrgebiet mit Belgien zeigt.

Simulation der Strahlungsausbreitung von Tihange (zu Marker 2)

Im Projekt flexRISK der an der Universität für Bodenkultur Wien wurden für 90 verschiedene Nuklearanlagen Simulationen durchgeführt, wie sich bei einem GAU (Größter Anzunehmender Unfall) die Strahlung in Abhängigkeit der Wetterlage ausgebreitet hätte.

Dazu wurden 2.810 verschiedene Wetterlagen ab dem 01.01.1995 berücksichtigt. Die Daten stehen unter <http://flexrisk.boku.ac.at/en/results.html> der Öffentlichkeit kostenfrei zur Verfügung.

In den meisten Wetterlagen wäre Belgien bei einem GAU in Tihange nur in einem kleinen Streifen betroffen - durch die vorherrschenden Westwinde würde Nordrhein-Westfalen in den meisten Fällen am schwersten getroffen, aber auch andere Nachbarn würden von schweren Strahlungsschäden betroffen.

Weite Gebiete Mitteleuropas könnten langfristig verstrahlt und somit unbewohnbar werden, kurzfristig würden Ernten über viele hundert Quadratkilometer weiter vernichtet. Die Wahrscheinlichkeit hierfür ist dank strenger Kontrollen jedoch gering.

Kohlendioxidverteilung im Jahresverlauf (zu Marker 3)

Mit realen Messdaten aus der Atmosphäre simulierten die Wissenschaftler des NASA Goddard Space Flight Center's Global Modelling and Assimilation Offices die Verteilung von Kohlenmono- und dioxid aus dem Jahr 2006. Die Simulation wurde im Jahr 2014 in einer verbesserten Variante veröffentlicht.

Weitere Videos stehen unter <http://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=11719> zur Verfügung.

Die Metropole Rhein-Ruhr ist bei genauer Betrachtung immer wieder deutlich in der Simulation zu erkennen, wenn sich für ein paar Tage Kohlendioxid in der

Senke von den Braunkohlerevieren westlich von Köln in einer großen Kurve über Duisburg bis nach Dortmund sammelt, bevor es von der nächsten Westwindlage davongetragen wird.

Im Winter sammelt sich durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe zum Heizen viel Kohlendioxid in der Atmosphäre der Nordhalbkugel, wo es durch die Winde immer wieder im Kreis transportiert wird. Auf der Südhalbkugel treten dagegen keine solche Häufung auf. Auch die Waldbrandsaison zeichnet sich durch erhöhte Kohlendioxidwerte deutlich ab.

Siedlungsstruktur

Belgien liegt überwiegend auf flachem Land, das von Flüssen und kleinen Seen durchzogen ist. Besiedelung ist nahezu überall möglich und dementsprechend gleichmäßig verteilt sind Ortschaften verschiedener Größen, die die Landschaft und somit Lebensräume von Wildtieren stark fragmentieren.

Siedlungszentren befinden sich entlang von Flüssen, wie der Sambre und Maas. Entlang des Albert-Kanals von Antwerpen ins Hinterland befinden sich mehrere Industriezentren. Größere Städte sind klar voneinander zu unterscheiden und umgeben von Sternstraßen und Vororten. Besonders sticht die Metropolregion „Flämische Raute“ (orig. „Vlaamse Ruit“) hervor, die sich zwischen Antwerpen, Gent und Brüssel aufspannt und mit den umspannten Städten rund 5 Millionen Einwohner umfasst.

In NRW gibt es Siedlungszentren fast nur entlang von Flüssen. Große Bereiche sind durch die naturräumlichen Gegebenheiten kaum für die Besiedelung geeignet, vornehmlich durch Hügellandschaften mit steileren Hängen. Lichter kleinerer Ortschaften zeichnen Täler nach. Die Lichter der Großstädte im Ruhrgebiet gehen ineinander über; selbst die Grüngürtel zwischen den Städten sind kaum zu erkennen. Die Stadt

entwicklung vollzog sich entlang von wichtigen Verkehrsstraßen bzw. Flüssen und nahe natürlicher Ressourcen, die im Video nur indirekt durch die besiedelten Flächen zu erkennen sind.

Aus der Eckdatentabelle ist zu entnehmen, dass die ohnehin schon hohe Bevölkerungsdichte Belgiens

noch immer erheblich geringer ist als die NRWs. In der Metropolregion Rhein-Ruhr mit ihren 10,7 Mio. Einwohnern steigt die Bevölkerungsdichte sogar auf 1401 EW/km² an. Eine mit Belgien vergleichbare Einwohnerzahl von über 10 Mio. wird dort auf ein Viertel der Gesamtfläche Belgiens verteilt.

Biokraftstoffe

Biokraftstoffe stellen zwar eine Alternative zu Ölimporten und –Verbrennung dar, stehen jedoch in der Kritik, den Anbau von Nahrungsmitteln zu verdrängen, was vor allem in ärmeren Regionen der Welt zu Nahrungsmittelknappheit führt. Erst durch die Verwendung von Pflanzen, die räumlich und ressourcenbedingt nicht in Konkurrenz zu Nahrungsmitteln stehen (bspw. Pflanzenreste, Gräser mit geringen Anforderungen an Boden und Wasser) kann die moralische Frage „Tank oder Teller“ mit einem „und“ beantwortet werden. Dadurch wird jedoch kaum verhindert, dass für die Kraftstoffe ökologisch hochwertige Flächen, von Grasland bis Regenwald, gerodet und durch Monokulturen ersetzt werden.

Zudem kann durch die Prozesskette und Transport von der Pflanze zur Tankstelle ein höherer CO₂-Ausstoß entstehen als durch die Verwendung einer energetisch gleichwertigen Menge fossilen Kraftstoffes. Biokraftstoffe haben ein großes Potential, fossile Brennstoffe zu ersetzen, aber bis zu dem Punkt, an dem sie durchgehend effizient und moralisch vertretbar verwendet werden können, ist es noch ein weiter Weg.

Stundenplanung

In dem Modul befassen sich die SuS mit einem Vergleich von Energiegewinnung und -verbrauch zwischen Belgien und dem Land Nordrhein-Westfalen mit besonderem Bezug zur Metropolregion Rhein-Ruhr. Die beiden Gebiete bieten sich für den Vergleich besonders an, da die Metropolregion eine mit Belgien vergleichbare Einwohnerzahl und Verstärkerungsgrad aufweist, es jedoch grundlegende Unterschiede in ihrer Energiegewinnung und -verbrauch gibt.

Phase 0: (Vorbereitend) Lassen Sie die SuS die App „Columbus Eye“ einige Tage vor der geplanten Stunde herunterladen. Hierzu kann entweder der Link verschickt werden oder der QR-Code (zu finden auf dem AB oder in „Folien_Energie“, Folie 1) ausgeteilt bzw. per Beamer an die Wand geworfen werden, damit die SuS die Download-Seite erreichen. Der eigentliche Download sollte, um niemandes Datenvolumen zu belasten, von den SuS im heimischen WLAN durchgeführt werden.

Phase 1: Nach dem Einstieg und dem Austeilen der Arbeitsblätter orientieren sich die SuS in Aufgabe 1 zunächst möglichst selbstständig auf dem Satellitenbild des Ruhrgebiets. Befindet sich die Schule im abgebildeten Gebiet, sollten die SuS ohne Hilfe darauf kommen, wo es sich befindet, ansonsten kann der deutlich sichtbare Rhein links im Bild als Hilfestellung dienen. Auf dem Bildausschnitt ist das Ruhrgebiet zu sehen. Mittig am Rhein sind die Duisburg-Ruhrorter Häfen, die als größter Binnenhafen Europas gelten, zu sehen. Die länglichen Seen entlang der Bildmitte sind Stauseen entlang der Ruhr.

In der gewählten Satellitenbild-Kanalkombination unterscheiden sich versiegelte Flächen (Wohn-, Gewerbe- und Industrieflächen in blau bis türkis) sehr viel deutlicher von Vegetationsflächen (orangene Wälder, gelbe Felder) als in einer normalen RGB-Darstellung. In dieser heben sich die grauen bebauten Flächen nur bei großer Bebauungsdichte deutlich von der umliegenden Vegetation ab.

Phase 2: Für Aufgabe 2 sollen nun die Folien mit den Sentinel-2 Mosaiken an die Wand projiziert werden. Im Vergleich zwischen Echt- und Falschfarbenbild sollen die SuS bereits weitere Strukturen erkennen. Dazu kommt nun die App zum Einsatz, mit deren Video die beiden Satellitenbilder verglichen werden. Die SuS werden dazu in Kleingruppen eingeteilt, mit jeweils mindestens einem Smartphone, auf dem die App läuft. Indem sie die App benutzen und die Smartphone-Kamera auf das Markerbild 1 richten, wird das Bild auf ihren Bildschirmen mit dem ISS- Video überlagert. Durch Antippen wird das Video gestartet. Anhand der verschiedenen Bilddaten und der Eckdatentabelle sollen die SuS Rückschlüsse auf die Siedlungsstruktur ziehen, aber auch größere Industriegebiete und Verkehrswege erkennen.

Tipp: Das Hand-Symbol weist auf einen „Virtual Button“ hin: Man drückt auf dem Papier einen Knopf, der nur im Programm enthalten ist. Hier ist der Knopf dazu da, zusätzliche Orientierungshilfe durch Städtenamen zu geben.

Phase 3: In Aufgabe 3 und 4 werden anhand der Tabellen und des Infotextes im Arbeitsblatt die Vor- und Nachteile der Hauptenergieträger der beiden Regionen miteinander verglichen, mit besonderem Augenmerk auf die Gefahren, die von ihnen ausgehen. Hierzu werden die Videos zu Marker 2 und 3 verglichen: Die potenziellen verheerenden Auswirkungen eines unwahrscheinlichen GAUs und die tatsächlichen, bereits eintretenden Auswirkungen des Kohlendioxids.

In Aufgabe 3 erklären die SuS zunächst den Weg der Stromerzeugung bis zum Stromverbraucher und die Unterschiede dessen zwischen Belgien und NRW, um die beiden Regionen in Aufgabe 4 genauer zu vergleichen. Die Erarbeitung kann hier arbeitsteilig erfolgen, beispielsweise eine Hälfte der Klasse erarbeitet die Stromerzeugung in Belgien und die andere Hälfte die von NRW. Zudem werden jeweilige Auswirkungen bzw. Vor- und Nachteile der Energiegewinnung aus nuklearen Energieträgern oder aus fossilen Energieträgern beschrieben und beurteilt. Abschließend soll die Nutzung fossiler und nuklearer Energien zur Energiegewinnung sowie deren Auswirkungen auf regionaler, interregionaler und globaler Ebene diskutiert und bewertet werden. Für die Diskussion bietet es sich an, dass die SuS in Form eines Rollenspiels verschiedene Positionen einnehmen.

Tipp: Für das Video zu Marker 3 ist die Skala für das Kohlenmono- und dioxid vor dem Start des Videos am besten zu erkennen.

Lösungen

1. Aufgabenstellung

a) Bildausschnitt verorten:

Auf dem Bildausschnitt ist das Ruhrgebiet zu sehen. Der breite Fluss links ist der Rhein. Mittig am Fluss sind die Duisburg-Ruhrorter Häfen, die als größter Binnenhafen Europas gelten zu sehen. Die länglichen Seen entlang der Bildmitte sind Stauseen entlang der Ruhr.

b) Vorteile der Darstellung als Falschfarbenbild:

In der gewählten Satellitenbild-Kanalkombination unterscheiden sich versiegelte Flächen (Wohn-, Gewerbe- und Industrieflächen in blau bis türkis) sehr viel deutlicher von Vegetationsflächen (orangene Wälder, gelbe Felder) als in einer normalen RGB-Darstellung. In dieser heben sich die grauen bebauten Flächen nur bei großer Bebauungsdichte deutlich von der umliegenden Vegetation ab.

2. Aufgabenstellung

Belgien liegt überwiegend auf flachem Land, das von Flüssen und kleinen Seen durchzogen ist. Besiedelung ist nahezu überall möglich und dementsprechend gleichmäßig verteilt sind Ortschaften verschiedener Größen, die die Landschaft und somit Lebensräume von Wildtieren stark fragmentieren. Siedlungszentren befinden sich entlang von Flüssen, wie der Sambre und Maas. Entlang des Albert-Kanals von Antwerpen ins Hinterland befinden sich mehrere Industriezentren. Größere Städte sind klar voneinander zu unterscheiden und umgeben von gut erkennbaren Sternstraßen und Vororten. Besonders sticht die Metropolregion „Flämische Raute“ (orig. „Vlaamse Ruit“) hervor, die sich zwischen Antwerpen, Gent und Brüssel aufspannt und mit den umspannten Städten rund 5 Millionen Einwohner umfasst.

In NRW gibt es Siedlungszentren fast nur entlang von Flüssen. Große Bereiche sind durch die naturräumlichen Gegebenheiten kaum für die Besiedelung geeignet, vornehmlich durch Hügellandschaften mit steileren Hängen. Lichter kleinerer Ortschaften zeichnen Täler nach. Die Lichter der Großstädte im Ruhrgebiet gehen ineinander über; selbst die Grüngürtel zwischen den Städten sind kaum zu erkennen. Die Stadtentwicklung vollzog sich entlang von wichtigen Verkehrsstraßen bzw. Flüssen und nahe natürlicher Ressourcen, die im Video nur indirekt durch die besiedelten Flächen zu erkennen sind.

3. Aufgabenstellung

a) Unterschied zwischen den Begriffen Primärenergieerzeugung, Brutto- und Nettostromerzeugung:

Die Primärenergie ist jene Energie, die mit den ursprünglich vorkommenden Energieformen und -quellen zur Verfügung steht, beispielsweise solare Einstrahlung oder Wasserkräfte.

Die Bruttostromerzeugung stellt die elektrische Energie dar, die aus der Primärenergieerzeugung gewonnen wird.

Die Nettostromerzeugung bezeichnet die Energie, die nach der Umwandlung und dem Betrieb der Kraftwerke noch vorhanden ist.

b) Gründe für die Mischung von Energieträgern:

- verringert Abhängigkeit von einzelnen Energieträgern
- sorgt für sichere und planbare Versorgung von Grund- und Spitzlasten
- gerade erneuerbare Energien sind wetterabhängig, wodurch es anderer verlässlicher Energieerzeugungen bedarf, solange es noch keine guten Speichermöglichkeiten gibt

c) Unterschiede zwischen Belgien und NRW:

Während Belgien 2014 einen Großteil der Bruttostromerzeugung aus nuklearen Energieträgern und Erdgas bezog, wird in NRW zu mehr als drei Viertel Kohle verwendet und die nukleare Energieerzeugung spielt keine Rolle. Bei der Übertragung der Energie zum Verbraucher gehen in NRW zehn Prozentpunkte mehr Energie verloren als in Belgien. Neben diesen Erzeugungs- und Effizienzunterschieden ist auch der Verbrauch unterschiedlich. Verbrauchen die Industrien Belgiens und NRW noch vergleichbar viel, so weisen die Haushalte und Dienstleister sowie der Verkehr in NRW einen wesentlich höheren Verbrauch auf. Die Haushalte und Dienstleister sind mit der Industrie fast gleichauf.

4. Aufgabenstellung

- a) Stromerzeugung Belgiens:
- i. Wichtigste Energieträger:
Nuklearenergie mit 47,2%, Erdgas mit 27% und erneuerbare Energien mit 18,8%
 - ii. Strahlungskonzentrationen und Gefahrenstufen:
Je nach dem, wann die Simulation beginnt, kommt es zu unterschiedlichen Ausbreitungsmustern. Dies hängt in erster Linie mit dem Wetter zusammen. Belgien selbst ist in den meisten Simulationen lokal um Tihange und in einem schmalen Band entsprechend der Ausbreitungsrichtung (meist nach Osten) betroffen. Umliegende Länder wie Deutschland oder auch weiter entfernte wie Tschechien werden große unbewohnbare Gebiete aufweisen. Je länger die Auswirkungen nach dem Gau betrachtet werden, desto weiter entfernt sind Auswirkungen erkennbar, die flächenmäßig immer größer werden. In manchen Szenarien, wie dem vom 30.01.1995 oder 24.07.1995, ist ganz Europa betroffen. Teilweise langfristig unbewohnbare Gebiete oder Vorsorgemaßnahmen in der Landwirtschaft sind neben gesundheitlichen Einschränkungen für Mensch und Tier die Folge.
 - iii. Vor- und Nachteile der Energieerzeugung aus nuklearen Energieträgern:
 - Stellt verlässliche Energieform dar, die zur Sicherung der Grundlast beiträgt
 - Stromerzeugung ohne Emission von Treibhausgasen
 - Entsorgung von Atommüll
 - Unfälle haben schwerwiegende Folgen, die nicht lokal begrenzt sind
 - Produziert gleichmäßig Strom, egal, ob dieser gerade gebraucht wird oder nicht
- b) Stromerzeugung NRW:
- i. Wichtigste Energieträger & Vergleich Energieverbrauch:
Kohle mit 76,7% mit Abstand wichtigster Energieträger
Während Belgien primär die Energie im Sektor Industrie benötigt, ist in NRW nur eine kleine Differenz zwischen Industrie und Haushalte und Dienstleister zu erkennen. Fossilen Energieträger müssen von Belgien importiert werden, da im Land keine wirtschaftlich nutzbaren Reserven bestehen. Neben erneuerbaren Energien wurde die früher aus fossilen Energieträgern stammende Energie durch die Generierung von Kernenergie ersetzt. Der Bedarf an Energie ist besonders in der Industrie hoch, da trotz des Wandels in der Energieerzeugung, die Stahl- und metallverarbeitende Industrie erhalten blieb und einen hohen Energiebedarf hat (vgl. Tab.3). In NRW ist hingegen der Abbau der Braunkohle noch wirtschaftlich rentabel, wobei auch hier der Ausstieg aus der Kohle-Energieerzeugung beschlossen wurde. Der geringere Verbrauch der Industrie im Vergleich zu den Haushalten und Dienstleistern erklärt sich durch den Wandel der alten Montan-Industrieflächen zu Dienstleistern, wobei gleichzeitig die chemische Industrie floriert und einen hohen Strombedarf aufweist.
 - ii. Vor- und Nachteile der Energieerzeugung aus fossilen Energieträgern & Vergleich zu Belgien:
 - Energieerzeugung aus fossilen Energieträgern stellt verlässliche Energieform dar, die zur Sicherung der Grundlast beiträgt
 - Sichert lokal gebundene Arbeitsplätze
 - Sorgt für Freisetzung klimaschädlicher Gase
 - Zerstört Lebensräume durch großflächige Abbaugebiete
- c) Individuelle Lösung

Literaturverzeichnis

- AG Energiebilanzen: <http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=67>
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: <https://www.stmwi.bayern.de/>
- BMWi Energiestatistiken: <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/energie-daten.html>
- dpa: Deutsche Presse-Agentur: <https://www.dpa.com/de/>
- Energy Information Administration (EIA): <http://www.eia.gov/>
- Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT. NRW): <https://www.it.nrw.de/>
- International Energy Agency (IEA): <http://www.iea.org/>
- Spiegel Online: <http://www.spiegel.de/>
- Statistisches Bundesamt: <http://www.destatis.de/>