

Teil 1: Klima und Klimaänderungen

Ein globales und regionales Problem



Abbildung 1: Alle Baumarten sind von klimatischen Veränderungen betroffen (Foto: Grüner).

Klima und Klimaänderungen

Starkniederschläge, Hitzewellen, Überschwemmungen, Sturmereignisse und das Abschmelzen von Gletschern werden häufig pauschal mit dem Klimawandel in Zusammenhang gebracht. Um das Phänomen Klimawandel richtig einordnen zu können, ist es jedoch notwendig die Begriffe ‚Klima‘ und ‚Wetter‘ voneinander zu trennen. Das Wetter stellt den physikalischen Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort dar. Der Begriff Klima umfasst nach der WMO¹ die statistische Betrachtung des Wetters über einen längeren Bezugszeitraum, i.d.R. von 30 Jahren [10].

In der Vergangenheit fanden die Veränderungen von Klimaparametern immer wieder statt, wie z.B. während der Kleinen Eiszeit von 1350 bis 1880 [2]. Eine global einheitliche Klimaänderung,

wie sie im Augenblick zu beobachten ist, scheint im letzten Jahrtausend jedoch nur zum Ende des 20. Jahrhunderts aufgetreten zu sein [26]. Zahlreiche Untersuchungen belegen zusätzlich eine außergewöhnlich schnelle Veränderung von klimatischen Parametern, wie beispielsweise der Jahresmitteltemperatur [5, 13]. Klimatische Veränderungen sind weltweit zu beobachten und erhöhen Risiken u.a. für natürliche Ökosysteme. Die auftretenden Risiken sind jedoch ungleichmäßig auf der Welt verteilt. Für benachteiligte Menschen in Ländern aller Entwicklungsstufen sind die Gefahren negativer Veränderungen im Allgemeinen größer [13].

Folgen der Klimaänderung

Auch in Nordrhein-Westfalen ist der Klimawandel angekommen und bereits messbar. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts haben sich verschiedene klimatische Parameter in Nordrhein-Westfalen nachweisbar verändert [2, 17, 18].

¹ WMO: World Meteorological Organization



Als Folge der klimatischen Veränderungen ist in Nordrhein-Westfalen die **Jahresmitteltemperatur** von 1901 bis 2011 von 8,4°C auf 9,6°C gestiegen, der stärkste Anstieg trat hierbei in den letzten 30 Jahren auf. Die Anzahl von **Sommertagen** (Tagesmaximum >25°C) hat zugenommen, die Anzahl von **Frosttagen** (Tagesminimum <0°C) hat abgenommen. Der **Niederschlag** hat sich jahreszeitlich und regional bedingt in unterschiedlichem Ausmaß verändert. Insbesondere im Winter und Frühling sind die Niederschläge in Bezug auf das langjährige Mittel gestiegen [18].

Die Dauer der **Vegetationsperiode** hat sich im Zeitraum von 1951 bis 2010 signifikant um 16 Tage verlängert. Die Vegetationszeit beginnt mit der Blüte der Salweide landesweit deutlich früher, während sich das Ende (Blattverfärbung der Stieleiche) kaum verschoben hat [17].

Die Auswertung der Daten zeigt, dass sich das Klima in Nordrhein-Westfalen verändert. Es ist wärmer und feuchter geworden, insbesondere im Winterhalbjahr [2]. Zusätzlich zu den Veränderungen der mittleren klimatischen Verhältnisse bedingt der Klimawandel das häufigere Auftreten von extremen Wetterereignissen und Witterungsperioden [6, 11, 12, 13]. Das Risiko für Flussüberschwemmungen und Waldbrände steigt und extreme Hitze und Trockenheit im Sommer nehmen zu [4].

Viele Untersuchungen belegen, dass die aktuellen Klimaänderungen auf den Anstieg der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre zurückzuführen sind [11, 13, 23]. Der Weltklimarat (IPCC)² geht davon aus, dass der menschliche Einfluss hierfür äußerst wahrscheinlich³ die Hauptursache ist [13]. Aktuell hat das Treibhausgas Kohlendioxid den größten Anteil am Treibhauseffekt. Es ist jedoch wichtig zwischen dem natürlichen und dem vom Menschen verursachten Treibhauseffekt zu unterscheiden [10, 22].

² IPCC: International Panel on Climate Change

³ Wahrscheinlichkeit 95-100%

Der natürliche Treibhauseffekt

Die kurzwellige Strahlung der Sonne (1) trifft auf die Atmosphäre und durchdringt diese fast unbeeinflusst (Abbildung 2). Es wird nur die gefährliche Ultraviolettstrahlung (UV-B, UV-C) durch das Ozon absorbiert. Die restliche Strahlung wird (je nach Reflexionsvermögen) auf der Erdoberfläche absorbiert und führt zu einer Erwärmung. Diese Wärme wird als langwellige Strahlung (2) abgegeben und in der Atmosphäre von Kohlendioxid und Wasserdampf absorbiert. Dies führt zur Erwärmung der Atmosphäre (3). Nur ein kleiner Teil der Wärmestrahlung gelangt durch das atmosphärische Fenster zurück in den Weltraum (4). Der natürliche Treibhauseffekt sorgt dafür, dass die mittlere Temperatur der Erdoberfläche +15°C beträgt, ohne ihn würde sie bei -18°C liegen [10].

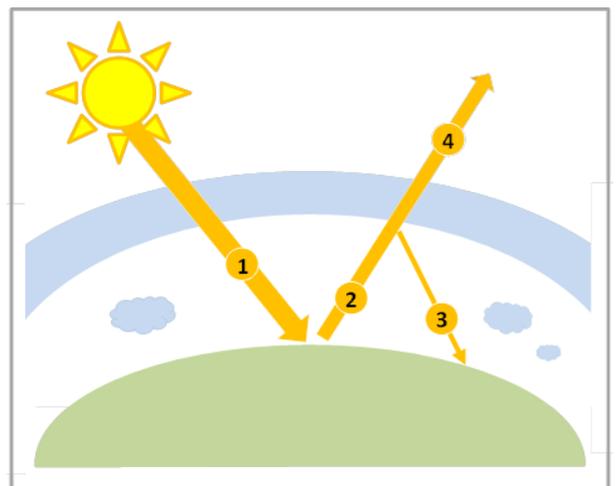


Abbildung 2: Schematische Darstellung des natürlichen Treibhauseffekts in der Erdatmosphäre. Quelle: Eigene Darstellung nach [10, 14].

Der anthropogene Treibhauseffekt

Der Mensch verstärkt den natürlichen Treibhauseffekt durch den Ausstoß von Treibhausgasen wie Kohlendioxid, Methan oder Lachgas. Weltweit betrachtet geschieht dies vor allem durch den Verbrauch fossiler Brennstoffe und Landnutzungsänderungen [10, 11, 13]. Zur Landnutzungsänderung zählen vor allem die Zerstörung von Wäldern und Böden. Allein aus Waldrodungen stammen etwa 16% der CO₂-Emissionen [16, 23].

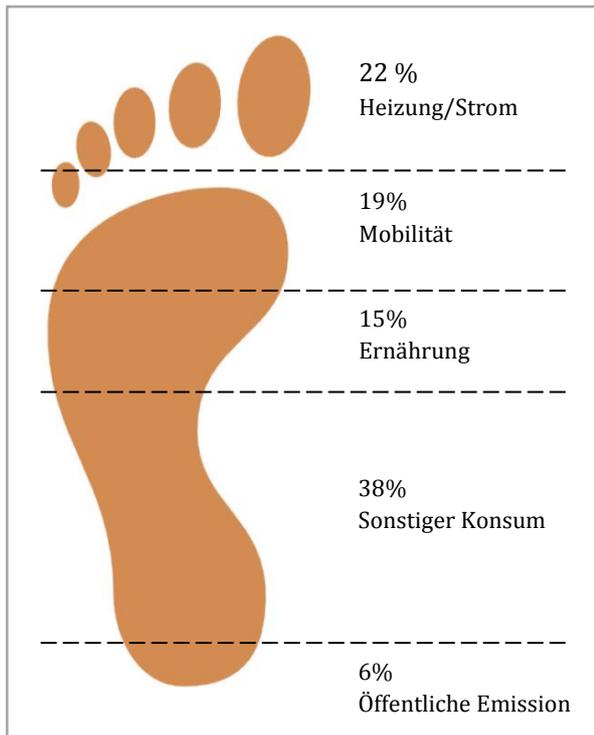


Abbildung 3: CO₂-Fußabdruck eines deutschen Durchschnittsverbrauchers. Quelle: Eigene Darstellung nach [25].

Das durch den Menschen ausgestoßene Kohlendioxid reichert sich in der Atmosphäre an und sorgt für eine Verstärkung des natürlichen Treibhauseffektes. Dies führt zu einer zusätzlichen Erwärmung der Atmosphäre [10]. Weltweit hat sich die Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre von 280 ppm⁴ (vorindustrieller Wert) auf 408 ppm im Jahr 2016 erhöht [11, 22]. Dies entspricht einer CO₂-Konzentration von 0,04% in der Atmosphäre.

Unterschied: CO₂ und CO₂-Äquivalent

Treibhausgasemissionen werden entweder in der Maßeinheit CO₂ oder CO₂-Äquivalent (CO₂-e) dargestellt. Das CO₂-e ist eine Maßzahl für den relativen Effekt des Beitrags anderer Treibhausgase zum Treibhauseffekt. CO₂ dient als Vergleichswert.

Für das Treibhausgas Methan (CH₄) beträgt das CO₂-e über einen Betrachtungszeitraum von 100 Jahren 28. Das bedeutet: Innerhalb der ersten 100 Jahre nach Freisetzung ist der Beitrag zum Treibhauseffekt durch ein Kilogramm Methan 28-mal größer, als durch ein Kilogramm CO₂ [9].

⁴ ppm: parts per million

Bei Betrachtung der absoluten Treibhausgasemissionen im internationalen Vergleich verursachte Deutschland 2013 mit einem Ausstoß von 945 Mio. t CO₂-e etwa 1,75 % der weltweiten Treibhausgasemissionen. Allein in Nordrhein-Westfalen wurden im Jahr 2015 32% der deutschen Treibhausgasemissionen ausgestoßen [19, 20, 24]. Die Ursache hierfür ist, dass Nordrhein-Westfalen das Energie- und Industrieland Nr.1 ist und 2015 knapp 30% des deutschen Stroms aus Braun- und Steinkohle erzeugt wurden [21].

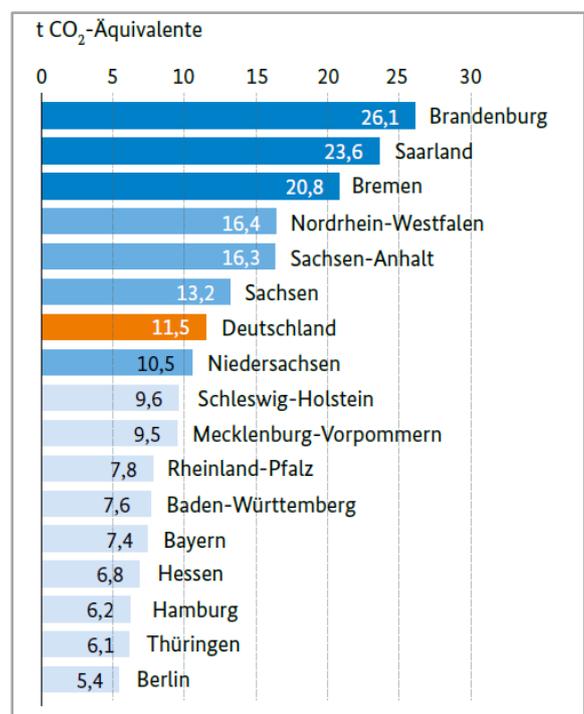


Abbildung 4: Aufteilung der Treibhausgasemissionen pro Kopf nach Bundesländern und Deutschland 2013 in t CO₂-Äquivalent (CO₂-e). Quelle: [4].

Jeder Mensch hinterläßt je nach Lebensweise einen individuellen CO₂-Fußabdruck durch unterschiedlich hohe Emissionen. Beispielsweise tragen Auto fahren, Heizung und Strom, aber auch die Ernährung zum CO₂-Fußabdruck bei (Abbildung 3). Der größte Faktor ist mit knapp 40% jedoch das persönliche Konsumverhalten [25]. In Deutschland betrug der Pro-Kopf-Ausstoß im Jahr 2013 9,2 t CO₂ (11,5 t CO₂-e) [4, 8]. Für Nordrhein-Westfalen lag der Pro-Kopf-Ausstoß mit 15,2 t CO₂ (16,4 t CO₂-e) deutlich höher (Abbildung 4) [1, 4].

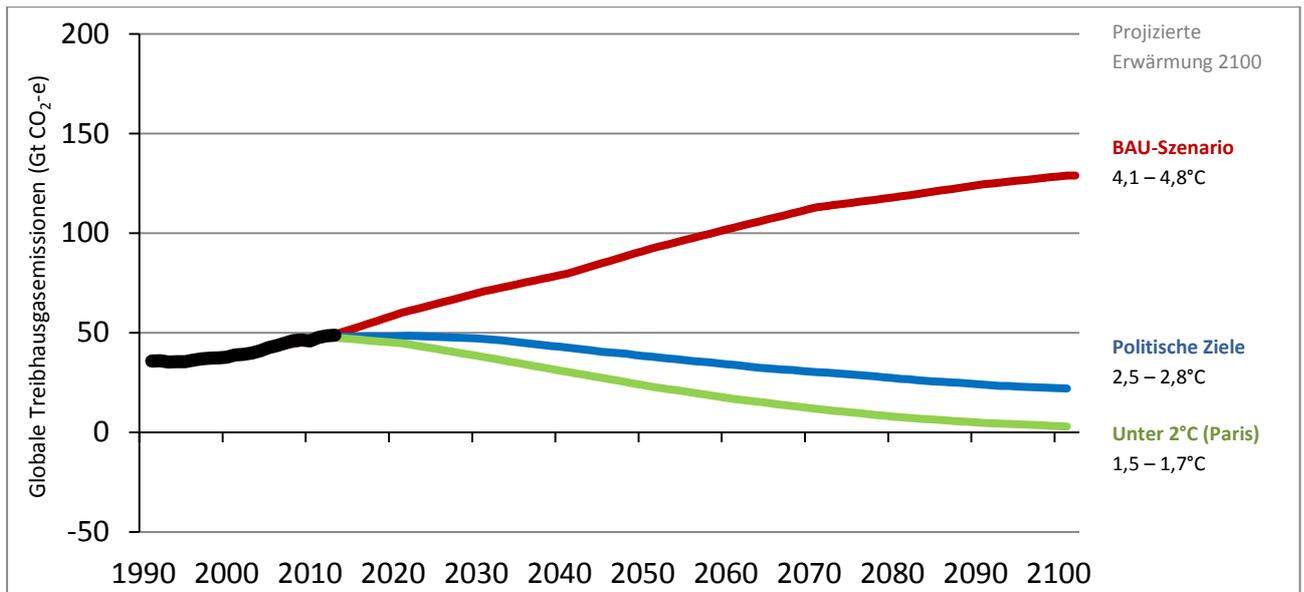


Abbildung 5: Vergleich der Auswirkungen verschiedener politischer Handlungsoptionen auf die globale Erderwärmung bis zum Ende des 21. Jahrhunderts. Die Linien stellen den Median des jeweiligen Szenarios dar. Quelle: [7] (verändert).

Künftige Klimaentwicklungen

Die aktuellen klimatischen Veränderungen sind durch gemessene und nachvollziehbare Daten belegt. Hiervon muss man die zahlreichen Modelle unterscheiden, die versuchen das zukünftige Klima vorherzusagen. Das Klimasystem ist sehr komplex und zahlreiche Variablen und z. T. unbekannte Entwicklungen bestimmen die Zukunft [10]. Zu den bekanntesten Modellsimulationen zählen die SRES⁵-Szenarien des Weltklimarates. Diese wurden 2013 im 5. Sachstandsbericht des Weltklimarates durch Simulationen auf Basis von Repräsentativen Konzentrationspfaden (RCPs)⁶ ersetzt [11, 13, 15]. Die RCPs bilden auf Basis von Modellen unterschiedlich starke Entwicklungen der Treibhausgasemission ab.

Alle Projektionen möglicher Klimaänderungen gehen von einem (mehr oder weniger starken) Anstieg der Treibhausgaskonzentration im 21. Jahrhundert aus, der global zu einer Erhöhung der mittleren Lufttemperatur führen wird [13, 15]. In Abbildung 5 sind mögliche Entwicklungen der globalen Treibhausgasemissionen im Klima-

wandel bis zum Ende des 21. Jahrhunderts dargestellt. Im Falle der BAU⁷-Betrachtung (rot), verhält sich die Menschheit wie bisher und unternimmt keine Anstrengungen die Treibhausgasemissionen zu senken. Dies führt zu einer Erhöhung der Lufttemperatur um 4,1-4,8 °C im Vergleich zum vorindustriellen Niveau. Die aktuellen politischen Ziele der Regierungen führen zu einer Erhöhung von 2,5-2,8 °C (blau). Die grüne Linie stellt das in Paris auf der Weltklimakonferenz festgelegte ‚Unter-2°C-Ziel‘ dar [7].

„Selbst wenn das Ziel des Übereinkommens von Paris zum Klimaschutz erreicht wird, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf weniger als zwei Grad Celsius über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, werden Folgen des Klimawandels auftreten, an die wir uns anpassen müssen.“ (BMEL, 2017)

Auch der Weltklimarat geht davon aus, dass ohne eine zusätzliche Treibhausgasminderung über die heutigen Maßnahmen hinaus, die Erderwärmung bis Ende des 21. Jahrhunderts weltweit zu unumkehrbaren Klimafolgen führen wird [13].

⁵ SRES: Second Report on Emission Scenarios

⁶ RCP: Representative Concentration Pathways

⁷ BAU: business as usual = weiter wie bisher



- [1] AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN 2017. Energiemix Nordrhein-Westfalen. www.foederal-erneuerbar.de Letzter Zugriff: 27.09.2017
- [2] ASCHE N. 2007. Wald und Klimawandel. www.wald-und-holz.nrw.de
- [3] BMEL 2017. Waldbericht der Bundesregierung 2017.
- [4] BMUB 2017. Klimaschutz in Zahlen. Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik Ausgabe 2017. Frankfurt am Main
- [5] BOLTE A., IBISCH P.L. 2007. Neun Thesen zu Klimawandel, Waldbau und Waldnaturschutz. AFZ-Der Wald 11, 572-576
- [6] BOLTE A., AMMER C., LÖF M., MADSEN P., NABUURS G.J., SCHALL P., SPATHELF P., ROCK J. 2009. Adaptive forest management in central Europe: climate change impacts, strategies and integrative concept. Scandinavian Journal of Forest Research 24 (6), 473-482
- [7] CLIMATEACTIONTRACKERS 2017. Effect of current pledges and policies on global temperature. <http://climateactiontrackers.org/global.html> Letzter Zugriff: 29.09.2017
- [8] ENERGIEAGENTUR.NRW 2017. CO₂ Emission pro Kopf in NRW und Deutschland. <https://energiertools.ea-nrw.de/infografik/> Letzter Zugriff: 27.09.2017
- [9] EPA 2017. Greenhouse Gas Emissions. Understanding Global Warming Potentials. www.epa.gov/ Letzter Zugriff: 28.09.2017
- [10] HÄCKEL H. 2008. Meteorologie. 6. Aufl. Stuttgart
- [11] IPCC 2007. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR UND H.L. MILLER, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch ProClim-, österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Bern/Wien/Berlin, 2007
- [12] IPCC 2012. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Management des Risikos von Extremereignissen und Katastrophen zur Förderung der Anpassung an den Klimawandel [FIELD, C. B., V. BARROS, T. F. STOCKER, D. QIN, D. J. DOKKEN, K. L. EBI, M. D. MASTRANDREA, K. J. MACH, G.-K. PLATTNER, S. K. ALLEN, M. TIGNOR UND P. M. MIDGLEY (Hrsg.)]. Ein Sonderbericht der Arbeitsgruppen I und II des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen. Weltorganisation für Meteorologie, Genf, Schweiz, 24 Seiten (auf Arabisch, Chinesisch, Englisch, Französisch, Russisch und Spanisch). Deutsche Übersetzung durch die Deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Bonn, 2015
- [13] IPCC 2014. Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. PACHAURI und L.A. MEYER (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Bonn, 2016
- [14] KLIMATOPIA 2017. <http://www.klimatopias.de/index.php?id=18> Letzter Zugriff: 29.09.2017
- [15] KRIEGLER E. 2016. Die RCP-Szenarien für den aktuellen 5. IPCC-Sachstandsbericht. www.klimanavigator.de Letzter Zugriff: 20.09.2017
- [16] KÖHL M., PLUGGE D., GUTSCH M., LASCH-BORN P., MÜLLER M., REYER C. 2017. Wald und Forstwirtschaft. In: BRASSEUR G., JACOBS D., SCHUCK-ZÖLLER S. (Hrsg.) Klima-wandel in Deutschland. Berlin u. Heidelberg, 193-201
- [17] LANUV NRW 2017. Klimaatlas NRW. www.klimaatlas.nrw.de Letzter Zugriff: 21.09.2017
- [18] MKULNV NRW 2014. Klimawandel im Wald - Konzept für eine Anpassungsstrategie für NRW. Freiburg
- [19] MKULNV NRW 2015. Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen. Klimaschutz und Klimafolgenanpassung. Düsseldorf
- [20] MKULNV NRW 2016. Klima-Fortschrittsbericht Nordrhein-Westfalen. Ein Land geht voran. Berlin
- [21] MWIDE NRW 2017 <http://www.energiestatistik-nrw.de/energie/strom> Aufruf: 29.09.2017
- [22] NOAA EARTH SYSTEM RESEARCH LABORATORY 2017. NOAA's Annual Greenhouse Gas Index. www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/ Letzter Zugriff: 28.09.2017
- [23] PISTORIUS, T. 2012. Der Wald in der Klimapolitik. www.waldwissen.net Letzter Zugriff: 21.09.2017
- [24] UBA 2017. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2017. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2015. Dessau-Roßlau
- [25] UBA 2017. CO₂ Rechner. www.uba.co2-rechner.de Letzter Zugriff: 29.09.2017
- [26] WIKI.BILDUNGSSERVER 2017. Klima der letzten 1.000 Jahre. http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Klima_der_letzten_1000_Jahre. Letzter Zugriff: 16.06.2017