

Reihe Studium und Forschung | 31

Ausgezeichnet mit dem Ernst Ulrich von Weizsäcker-Preis 2019 des ZLB

Alexander Beck

Stadtbäume im Klimawandel

**Eine Unterrichtseinheit für die Oberstufe
mit dem Schwerpunkt auf Bildung
für Nachhaltige Entwicklung**

Alexander Beck

Stadtbäume im Klimawandel

Eine Unterrichtseinheit für die Oberstufe
mit dem Schwerpunkt auf Bildung für
Nachhaltige Entwicklung

Ausgezeichnet mit dem
Ernst Ulrich von Weizsäcker-Preis 2019 des ZLB

Kassel 2020

Zentrum für Lehrerbildung der Universität Kassel (Hrsg.)
Reihe Studium und Forschung, Heft 31

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-7376-0830-5 (print)
ISBN 978-3-7376-0831-2 (e-book)
DOI: 10.17170/kobra-202002241023

© 2020, kassel university press, Kassel

Druck und Verarbeitung: Print Management Logistics Solutions GmbH, Kassel
Printed in Germany

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Einleitung	7
1. Fachliche Grundlagen	8
1.1 Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt und ihre Auswirkungen	8
1.2 Kippelemente	13
1.3 Daten zum Klimawandel in Hessen und Kassel.....	16
1.4 Klimawandel in der Stadt	17
1.4.1 Das Ökosystem Stadt und die Auswirkungen des Klimawandels	18
1.4.2 Stadtbäume und ihre Probleme im Klimawandel	21
1.4.3 Konkrete Projekte im Kontext Stadtbäume	24
2. Fachdidaktische Grundlagen	28
2.1 Bildung für Nachhaltige Entwicklung	28
2.2 Der Lernbereich Globale Entwicklung.....	30
2.3 Kompetenzen in der Bildung für nachhaltige Entwicklung und im Lernbereich Globale Entwicklung.....	32
2.3.1 Gestaltungskompetenz als zentraler Kompetenzbegriff von Bildung für Nachhaltige Entwicklung.....	32
2.3.2 Erkennen-Bewerten-Handeln als Kompetenzen des Lernbereichs Globale Entwicklung.....	33
2.4 Interdisziplinarität in der Bildung für Nachhaltige Entwicklung	37
2.5 Erkennen-Bewerten-Handeln: Theorien und Modelle zur Förderung von Bewertungskompetenz.....	39
2.5.1 Bewerten als Kompetenzbereich im Fach Biologie und die Bedeutung im Rahmen einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung	40
2.5.2 Moralische Urteilsfähigkeit – Sechs-Schritt-Methode.....	41
2.5.3 Bewerten, Urteilen, Entscheiden.....	42
2.6 Erkennen-Bewerten-Handeln: Theorien und Modelle zur Förderung von Handlungskompetenz	48
2.6.1 Einstellungen	48
2.6.2 Schwierigkeiten und Möglichkeiten von kompetentem Handeln bei Umweltproblemen	50
2.6.3 Das integrierte Handlungsmodell	52
2.7 Umweltbewusstsein in der Bevölkerung.....	54
2.7.1 Aussagen des Jugendreports 2010	54
2.7.2 Aktuelle Entwicklungen	55

3. Zielsetzung der Arbeit	56
4. Planung einer Unterrichtseinheit	58
4.1 Lerngruppe und Lernvoraussetzungen	58
4.1.1 Lerngruppe.....	58
4.1.2 Lernvoraussetzungen.....	58
4.2 Ablauf der Einheit, Kompetenzen und Lernziele	59
4.2.1 Kompetenzerwartung	59
4.2.2 Ablauf der Einheit und Lernziele	62
4.3 Didaktische Überlegungen zur Unterrichtseinheit	67
4.3.1 Einordnung in das hessische Kerncurriculum und den Orientierungsrahmen zum Lernbereich Globale Entwicklung	67
4.3.2 Relevanz des Themas	67
4.3.3 Interdisziplinarität	69
4.3.4 Wie wird kompetentes Handeln gefördert?	70
4.4 Methodische Überlegungen zur Unterrichtseinheit	71
4.4.1 Wie wird Bewertungskompetenz gefördert?.....	71
4.4.2 Methodische Entscheidungen bei der Planung der Exkursion	73
4.4.3 Alternative Herangehensweisen	76
5. Diskussion	77
6. Zusammenfassung	81
Literaturverzeichnis	83
Abbildungsverzeichnis	88
Tabellenverzeichnis	91
Anhang	92

Vorwort

Die vorliegende Arbeit „Stadt­bäume im Klimawandel – Eine Unterrichtseinheit für die Oberstufe mit dem Schwerpunkt auf Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ wurde von Alexander Beck im Fachgebiet Biologie, Botanik, angefertigt und ist eine von vier Arbeiten, die im Herbst 2019 mit dem Ernst Ulrich von Weizsäcker-Preis ausgezeichnet wurden. Mit diesem Preis würdigt das Zentrum für Lehrerbildung der Universität Kassel herausragende wissenschaftliche Abschlussarbeiten von Lehramtsstudierenden, die entweder eine „kritisch-reflexive Weiterentwicklung von Schule und Lehrerbildung“ zum Thema haben oder „gesellschaftlich relevante Querschnittsthemen zur Bildung für nachhaltige Entwicklung“ behandeln.

Im Fokus der Arbeit von Herrn Beck steht der Klimawandel, eines der meist diskutierten Themen in der öffentlichen Debatte der Gegenwart. Erklärtes Ziel der Arbeit ist es, dazu beizutragen, dem Thema Klimawandel auch in der Schule den Stellenwert zukommen zu lassen, den es gesellschaftlich schon hat.

Als ein extrem komplexes und vielschichtiges Phänomen führt das Thema Klimawandel ebenso wie andere Umweltthemen häufig zu einem Widerspruch zwischen Bewerten und Handeln. Obwohl den allermeisten Menschen die Dringlichkeit der Problematik bewusst ist, sind die wenigsten dazu bereit, ihre gewohnten Handlungsweisen zugunsten eines umweltgerechteren Verhaltens maßgeblich zu ändern. Es geht daher in der ausgearbeiteten Unterrichtseinheit keineswegs nur um die Vermittlung von Fachwissen. Vielmehr steht im Vordergrund, die Bewertungskompetenz zu fördern und die Schüler*innen zu einer kritischen Auseinandersetzung mit ihrem eigenen Handeln zu motivieren.

Um die Schüler*innen dafür zu sensibilisieren, dass der Klimawandel auch vor unserer eigenen Haustür bereits weitreichende Folgen und hohe Kosten mit sich bringt, stellt Herr Beck eine Exkursion zum Thema Stadt­bäume ins Zentrum seiner Unterrichtseinheit – ein Thema, das vielen Menschen weniger präsent ist im Zusammenhang mit dem Klimawandel. Es eignet sich aber als Einstieg besonders gut, da es dem alltäglichen Umfeld der Schüler*innen entstammt: Stadt­bäume haben bekanntermaßen nicht nur einen ästhetischen Wert, sondern tragen grundlegend zu einem besseren Stadtklima bei und spielen eine wichtige Rolle für die Biodiversität in der Stadt. Pflege und Erhalt unserer Straßen- und Park­bäume sind deswegen von großer Bedeutung für eine zukunftsweisende Entwicklung unserer Städte, gestalten sich jedoch zunehmend schwieriger. Insbesondere lange Hitze- und Trockenperioden im Sommer sowie lokale Extremwetterlagen stellen klimabedingte Stressfaktoren für die Bäume dar. Viele etablierte Stadtbaumarten sind diesen neuen Herausforderungen nicht mehr gewachsen, weshalb – auch in Kassel – bereits deut-

lich mehr Pflegeaufwand als früher betrieben werden muss. So werden häufig besser angepasste nicht-heimische Arten gepflanzt und Neupflanzungen vielerorts von kostenintensiven standortverbessernden Maßnahmen begleitet, um überhaupt ein langfristiges Überleben der Bäume ermöglichen zu können.

Nach diesem Einstieg weitet sich die Thematik der Unterrichtseinheit zu globalen und interdisziplinären Aspekten des Klimawandels und geht schließlich dazu über, anhand der Beispiele Verkehrsnutzung und Ernährung das eigene Handeln der Schüler*innen kritisch zu reflektieren und umweltgerechtere Handlungsalternativen aufzuzeigen. Dabei steht immer wieder die Frage im Vordergrund, warum wir wider besseres Wissen nicht dazu bereit sind, konsequent umweltverträglich zu handeln.

Ich wünsche dieser Arbeit viele interessierte und neugierige Leser*innen, die sich ebenso wie ich an der Fülle der Informationen und den schlüssigen Verknüpfungen von Theorie (sowohl im fachwissenschaftlichen als auch im fachdidaktischen Bezug) und praktischer Umsetzung im Schulunterricht erfreuen können.

Kassel, im Februar 2020

Dr. Daniela Guicking

Einleitung

Eines der prominentesten Themen in der gesellschaftlichen Debatte der Gegenwart ist der Klimawandel. Egal, ob man einen Blick in politische Neuigkeiten wirft, soziale oder herkömmliche Medien konsumiert oder sich in einen Supermarkt begibt – überall begegnet man diesem Thema. Verstärkt wird dieser Effekt noch durch aktuelle gesellschaftliche Bewegungen wie „Fridays for Future“ oder die Diskussionen über die Reduzierung des Autoverkehrs, die derzeit in zahlreichen Städten geführt werden. Aber auch die Debatte um erneuerbare Energien, allen voran um den Kohleausstieg (die Kohlekommission veröffentlichte erst in der jüngsten Vergangenheit ihre neuen Zielsetzungen), trägt zur großen öffentlichen Präsenz des Themas bei. Aktuelle Meinungsumfragen zeigen, dass der Klimawandel für viele Deutsche das derzeit wichtigste gesellschaftliche Problem darstellt (Tagesspiegel 2019).

Diese Arbeit soll dazu beitragen, dem Thema Klimawandel auch in der Schule den Stellenwert zukommen zu lassen, den es gesellschaftlich schon längst hat. Dazu werden zunächst fachliche Grundlagen zum Thema ausgeführt. In den Abschnitten 1.1 bis 1.3 soll der Klimawandel und der Einfluss des Menschen konkretisiert werden und es wird auf Daten zu Klimaveränderungen in Hessen und Kassel eingegangen. Um das Thema für Schüler*innen greifbar zu machen, wurde der Zugang über das Thema Stadtbäume gewählt. Diese sind vom Klimawandel besonders stark betroffen und zeigen teils deutliche Schadbilder. Die zuständigen Ämter gehen daher nach und nach dazu über, Stadtbaumarten zu pflanzen, die gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels resistent sind (beispielsweise im Bereich Trockenheitstoleranz). Die stadtoökologischen Grundlagen hierzu und die wichtigsten Charakteristika der Stadtbäume sowie ihre besondere Rolle in Zeiten des Klimawandels werden im Abschnitt 1.4 ausgeführt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Unterrichtseinheit für einen Leistungskurs in der Q2 konzipiert. Diese Unterrichtseinheit ist für das Fach Biologie geplant, weist jedoch zahlreiche überfachliche Bezüge auf. Die Planung der Unterrichtseinheit bewegt sich insgesamt im Rahmen der Bildung für Nachhaltige Entwicklung, die in der Schule im Lernbereich Globale Entwicklung verankert ist. Die fachdidaktischen Grundlagen hierfür werden in den Abschnitten 2.1 bis 2.4 ausgeführt. Der Klimawandel stellt dabei ein globales Themenfeld dar, da sowohl meteorologische und ökologische Grundlagen als auch Auswirkungen im gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bereich nicht nur ein Land betreffen, sondern global wirksam sind. Der Klimawandel wird von einigen Autor*innen sogar als „das einzige wahrhaft globale Problem“ (Zeit 2016). angesehen, was seine Relevanz noch zusätzlich verdeutlicht.

Da im Umgang mit den durch den Klimawandel verursachten Problemen und für die Teilhabe an der gesellschaftlichen Debatte ein kompetenter Umgang mit vorliegenden Daten und Informationen und eine fundierte Urteilsfindung nötig sind, soll Bewertungskompetenz im Rahmen der Unterrichtseinheit besonders gefördert werden. Die didaktischen Grundlagen zur Bewertungskompetenz werden in Abschnitt 2.5 erläutert. In Abschnitt 2.6 wird dann auf eine weitere Schwierigkeit eingegangen: Oft widersprechen sich Meinungen, Urteile und Einstellungen und die Handlungen von Individuen, diese Diskrepanz zeigt sich besonders stark im Umweltbereich. Dass es gut ist, das Auto weniger zu nutzen, sehen die meisten ein – doch wer setzt dieses Vorhaben auch wirklich in die Tat um? Die besonderen Schwierigkeiten bei kompetentem Handeln bei Umweltproblemen sowie didaktische Modelle zur Handlungskompetenz und zu Einstellungen werden daher in Abschnitt 2.6 erläutert. In Abschnitt 2.7 wird schließlich auf das Umweltbewusstsein bei Jugendlichen eingegangen und es werden aktuelle gesellschaftliche Entwicklungen betrachtet.

Nachdem in Abschnitt 3 die Zielsetzung der Arbeit formuliert wird, wird in Abschnitt 4 dann auf die didaktischen und methodischen Entscheidungen bei der Konzeption der Unterrichtseinheit sowie auf angestrebte Lernziele und den Kompetenzzuwachs genauer eingegangen. Den Abschluss dieser Arbeit bildet eine Diskussion (Abschnitt 5), bei der auf möglicherweise auftretende Probleme und Schwierigkeiten bei der konkreten Durchführung der Unterrichtseinheit eingegangen wird, aber bei der auch die generellen Zugänge diskutiert werden sollen: Eignet sich das Thema Stadtbäume wirklich zur Betrachtung des Klimawandels? Sollte Bewertungskompetenz einen so hohen Stellenwert erhalten, wie dies hier der Fall ist? Auf diese und weitere Fragestellungen wird in Abschnitt 5 genauer eingegangen.

1. Fachliche Grundlagen

1.1 Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt und ihre Auswirkungen

Eine Thematik, die in den letzten Jahren und Jahrzehnten Wissenschaft, Politik und Wirtschaft beschäftigt hat und von Klimawissenschaftlern als eine der wichtigsten zu lösenden Fragen betrachtet wird, ist die steigende Erderwärmung. Diese geht einher mit einem generellen Klimawandel, ausgelöst durch den Treibhauseffekt.

Man unterscheidet dabei den natürlichen und den anthropogenen Treibhauseffekt. Der natürliche Treibhauseffekt erklärt sich mit einem Blick auf die Energiebilanz der Erde. Betrachtet man die von der Erde ausgesendete langwellige

Strahlung in den Weltraum (235 W/m^2), so spricht dies für eine Oberflächentemperatur von etwa $-20 \text{ }^\circ\text{C}$. Die tatsächliche Oberflächentemperatur beträgt aber $15 \text{ }^\circ\text{C}$ (Latif 2009). Diese $35 \text{ }^\circ\text{C}$ betragende Differenz ist mit dem natürlichen Treibhauseffekt zu erklären: Wasserdampf und in geringem Maße auch CO_2 und andere Gase absorbieren einen Teil der Sonnenstrahlung, zusätzlich senden sie selbst Wärmestrahlung aus. An diesem Vorgang sind die folgenden Gase (man nennt sie daher auch Treibhausgase) beteiligt (in der Reihenfolge ihrer Bedeutung): H_2O (Wasserdampf), CO_2 (Kohlendioxid), CH_4 (Methan), N_2O (Lachgas) und O_3 (Ozon). Die beim natürlichen Treibhauseffekt beteiligten Energieflüsse sind in Abb. 1 dargestellt.

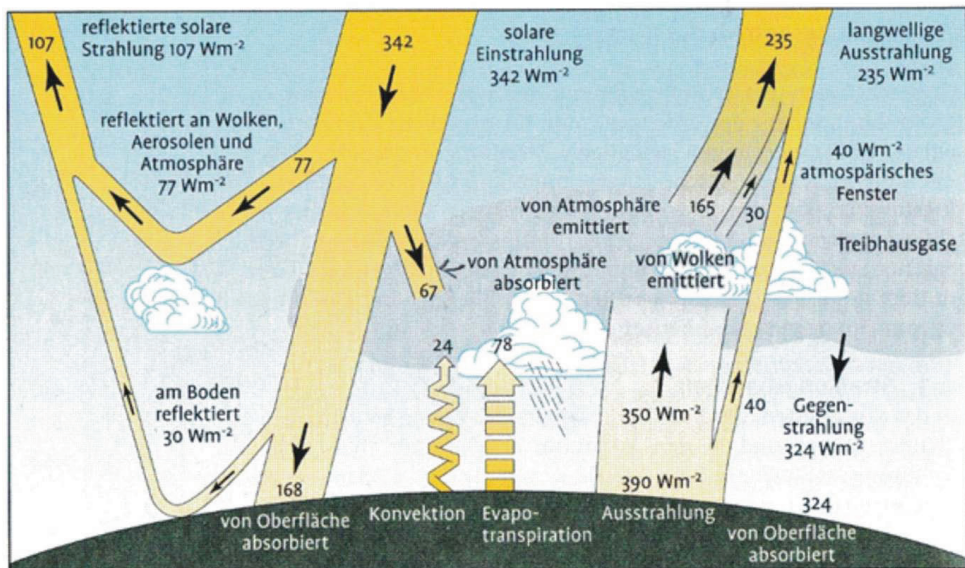


Abbildung 1: Global und über das Jahr gemittelte Energiebilanz der Erde. Die Flüsse sind in (W/m^2) angegeben (IPCC 2007) (Abbildung aus Latif 2009).

Der anthropogene (also menschengemachte) Treibhauseffekt ergibt sich durch die Erhöhung des Gehalts der natürlich vorhandenen Treibhausgase durch menschliche Aktivitäten oder auch durch die Freisetzung neuer Treibhausgase wie FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoffe). Dies führt zu einer weiteren Absorption und Rücksendung von Wärmestrahlung und somit zu einer weiteren Erhöhung der Erdoberflächentemperatur (Houghton 1997). Die heutigen Konzentrationen vieler Treibhausgase (neben CO_2 vor allem auch CH_4 und N_2O) sind nach dem IPCC (2007) (Intergovernmental Panel on Climate Change, deutsch auch kurz „Weltklimarat“) die höchsten seit 10000 Jahren. In Abb. 2 ist exemplarisch die Konzentration von CO_2 in diesem Zeitraum aufgeführt.

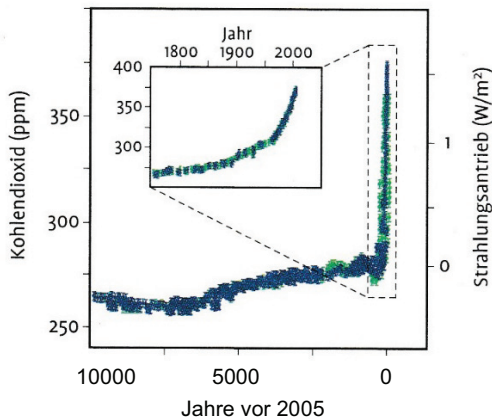


Abbildung 2: Konzentration von Kohlendioxid (in ppm) in den letzten 10000 Jahren und (kleine Abbildung) seit 1750 (IPCC 2007) (Abbildung aus Latif 2009).

Der anthropogene Treibhauseffekt kann also als Verstärkung des natürlichen Treibhauseffekts betrachtet werden. Durch den anthropogenen Treibhauseffekt kam es zwischen 1850 und 2005 auf der Erde zu einem Anstieg der Oberflächentemperatur um circa 1 °C (IPCC 2007) (Abb. 3). Es ist davon auszugehen, dass dieser Anstieg andauern und sich in Zukunft noch verstärken wird (Latif 2009).

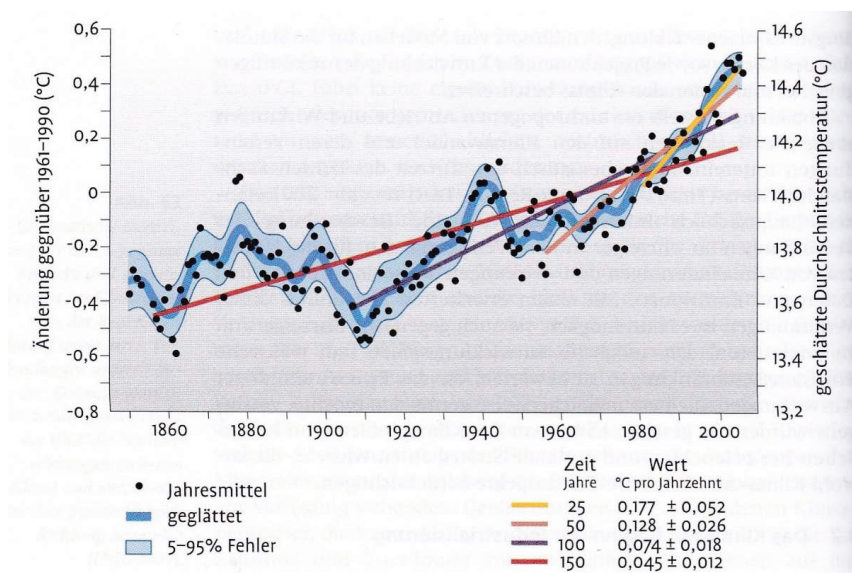


Abbildung 3: Global gemittelte Oberflächentemperatur der Erde seit 1850 bis 2005 (IPCC, 2007) (Abbildung aus Latif 2009).

Der Temperaturanstieg hat weitere Auswirkungen wie veränderte Niederschlagsmengen und das Schmelzen der Polareiskappen. Nach den Hochrechnungen des IPCC (2013) würden sich die in Abb. 4 dargestellten Änderungen für den Zeitraum 2081-2100 (im Vergleich zu 1986-2005) ergeben.

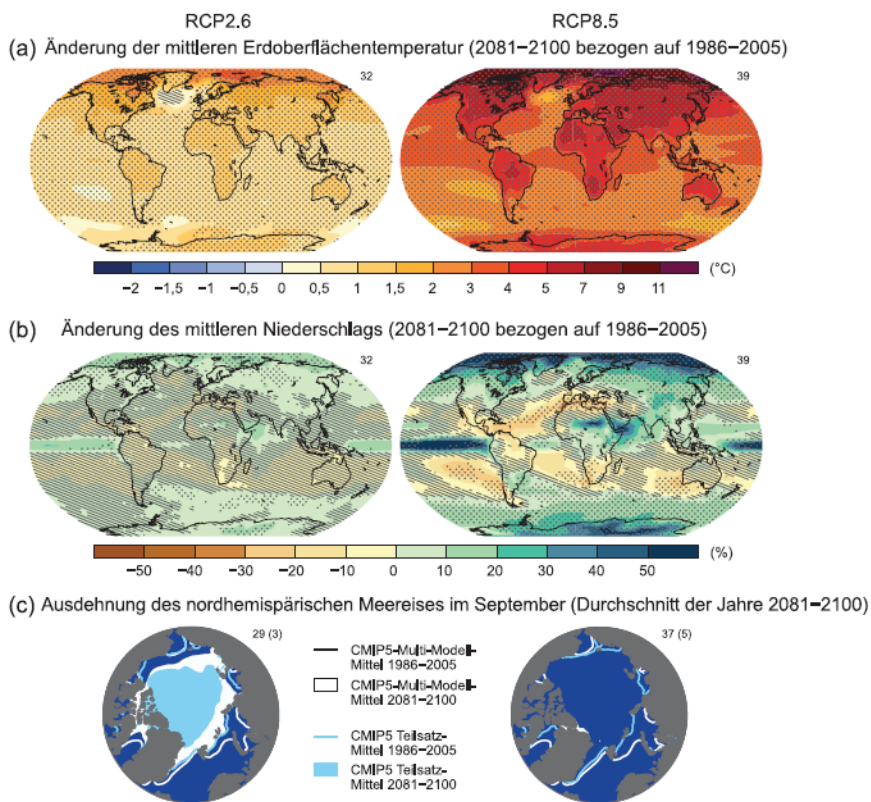


Abbildung 4: Erwartete Änderungen der mittleren Erdoberflächentemperatur (a), des mittleren Niederschlags (b) und der Ausdehnung des nordhemisphärischen Meereises (c) in den Jahren 2081-2100 (rechte Abbildungen), verglichen mit den Jahren 1986-2005 (linke Abbildungen). In Teil (c) stellen die Linien die modellierten Mittel für 1986-2005 dar, die ausgefüllten Flächen die erwartete Ausdehnung des Meereises zu Ende des 21. Jahrhunderts (2081-2100). Weiß dargestellt ist dabei das CMIP5 Multimodell Mittel, die hellblaue Linie gibt die aus einem Teilsatz von Modellen, die den klimatologischen mittleren Zustand und den Trend von 1979-2012 am genauesten reproduzieren, gemittelte Ausdehnung des Meereises wieder (IPCC 2013).

An Hand der vorliegenden Datenlage kann von einem anthropogenen Einfluss auf den Klimawandel ausgegangen werden. Dies zeigt unter anderem ein Vergleich der tatsächlich gemessenen Temperaturänderungen einerseits mit Klimamodellen, die anthropogene Einflüsse mit einbeziehen, und andererseits mit Modellen, die sich nur auf den natürlichen Treibhauseffekt beziehen (IPCC

2007; Abb. 5). Dabei wurden insgesamt 58 Simulationen, die auf der Basis von 14 Modellen erstellt wurden, verglichen. Dies weist auf einen menschlichen Einfluss auf die Klimaänderungen, also auf einen anthropogenen Treibhauseffekt, hin.

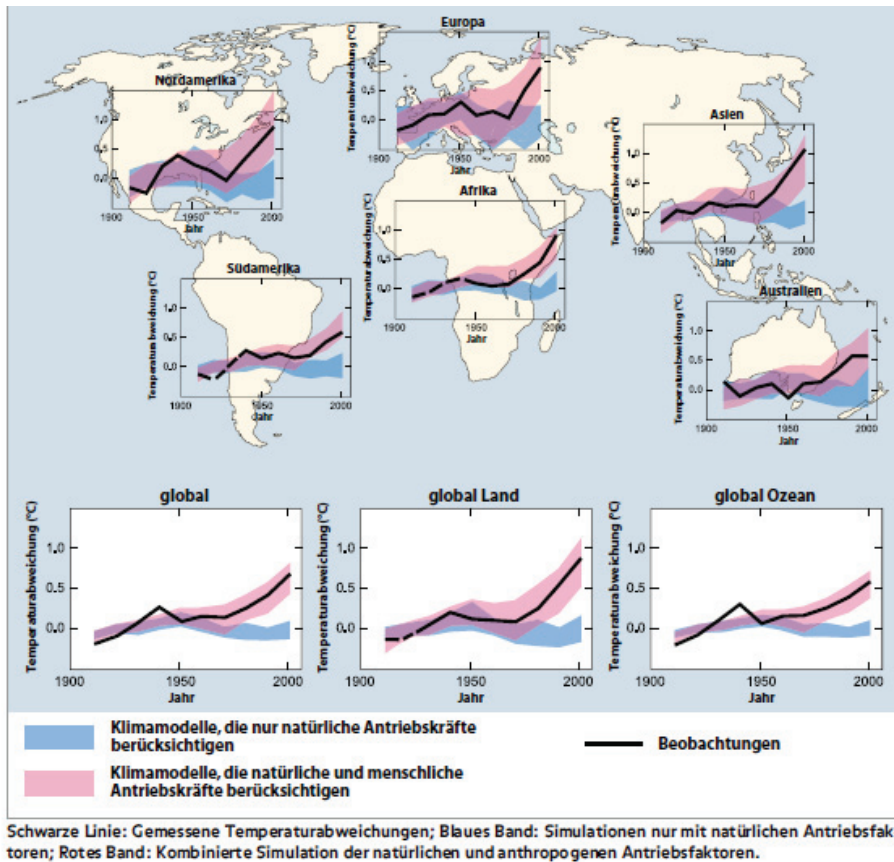


Abbildung 5: Gemessene und simulierte Temperaturabweichungen vom langjährigen Mittel (1901-1950) seit 1906 für verschiedene Regionen der Erde (IPCC 2007) (Abbildung aus German Watch 2010).

Doch wodurch entsteht der anthropogene Treibhauseffekt? Was sind die Ursachen für den erhöhten Ausstoß von Treibhausgasen? Allen voran ist hier der Energiesektor zu nennen: Beim Verbrennen (aber auch der Gewinnung) fossiler Ressourcen wie Kohle, Öl oder Gas wird CO_2 frei (Latif 2009). Gerade Entwicklungsländer sind auf diese Ressourcen und ihre Verbrennung angewiesen, aber auch in Europa werden noch zahlreiche Kohlekraftwerke betrieben. Ein weiterer großer Emittent ist der landwirtschaftliche Sektor. Dieser sorgt für zahlreiche Probleme: Düngemittel und Ausscheidungen von Tieren sorgen für den Ausstoß von Treibhausgasen (wie zum Beispiel Methan),

Landnutzung und Forstwirtschaft für die Verringerung der Biomasse und somit für eine verminderte CO₂-Speicherung. Auch der Verkehrssektor ist ein großer Emittent, hier liegt die Ursache in der Verwendung fossiler Brennstoffe für die Kraftstoffherstellung (Ourworldindata.org nach Berechnungen der FAO, 2019). Der CO₂-Ausstoß der verschiedenen Sektoren im Zeitraum 1990-2010 ist in Abb. 6 dargestellt.

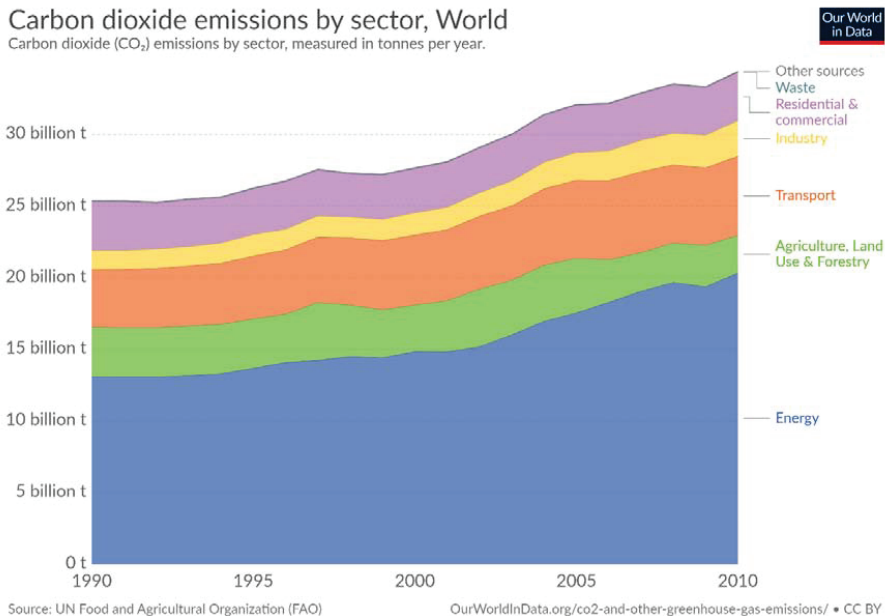


Abbildung 6: CO₂-Emissionen der verschiedenen Sektoren im Zeitraum 1990-2010, basierend auf Daten der FAO (ourworldindata.org 2019).

1.2 Kippelemente

Eine besondere Rolle bei der Betrachtung des Klimas der Zukunft spielen die sogenannten Kippelemente oder Kippunkte (Latif 2009). Wird ein kritischer Punkt im Temperaturanstieg erreicht, so werden bestimmte Ereignisse erwartet, deren Auswirkungen vor allem eine abrupte Zunahme des Temperaturanstiegs und damit zum Beispiel auch des Meeresspiegelanstiegs verursachen. Besonderes Kennzeichen von Kippelementen ist die kaum noch steuerbare Eigendynamik des Klimasystems nach Eintreten eines Kippelements (Umweltveränderungen WBDBG 2007). Somit sind in Form von Katastrophen viele Millionen Menschen betroffen.

Zu diesen Kippelementen gehört zum Beispiel das arktische Meereis. Schon ab einem Temperaturanstieg von 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau wird ein starkes Abschmelzen der arktischen Eisgebiete erwartet. Dies führt

einerseits zu einer weiteren Erhöhung des Meeresspiegels (was u.a. Überschwemmungen in Küstengebieten zur Folge hat), aber andererseits auch zu einer weiter beschleunigten Erderwärmung, da der hohe Albedo-Effekt des Eises wegfällt und so noch mehr Sonnenstrahlung von der Erdoberfläche absorbiert wird. Als Albedo wird dabei das Rückstrahlvermögen von Oberflächen bezeichnet, dieses ist beim Eis auf Grund seiner weißen Färbung entsprechend sehr hoch (Latif 2009). Auf das Abschmelzen der arktischen Eisschilde wird das Abschmelzen des grönländischen und des antarktischen Eisschildes folgen, die den Effekt weiter verstärken. Dabei ist jedoch in näherer Zukunft kein komplettes Verschwinden der arktischen Eisschilde zu erwarten (Notz 2009; Kehse & Notz 2016).

Ein weiteres Kippelement ist der Amazonas-Regenwald, der durch Landnutzung, aber auch durch den Temperaturanstieg in Gefahr ist. Durch immer höhere Temperaturen wird zum Beispiel eine zunehmende Austrocknung des Amazonas-Flussgebiets befürchtet, die zu einer Instabilität des gesamten Ökosystems führen würde. Auch für die Nadelwälder der Nordhalbkugel wird eine zunehmende Instabilität erwartet (Bentz-Hözl 2014). Die enorme Biomasse in diesen Ökosystemen war in der Vergangenheit eine „Senke“ für CO₂, da hier viel atmosphärisches CO₂ im Rahmen der Fotosynthese wieder fixiert wurde. Fallen diese Senken weg, kommt es zu einem stärkeren Anstieg der CO₂-Konzentration und damit zu einem weiteren Anstieg der Temperatur (Latif 2009). Diese und andere Kippelemente sind in Abb. 7 dargestellt.

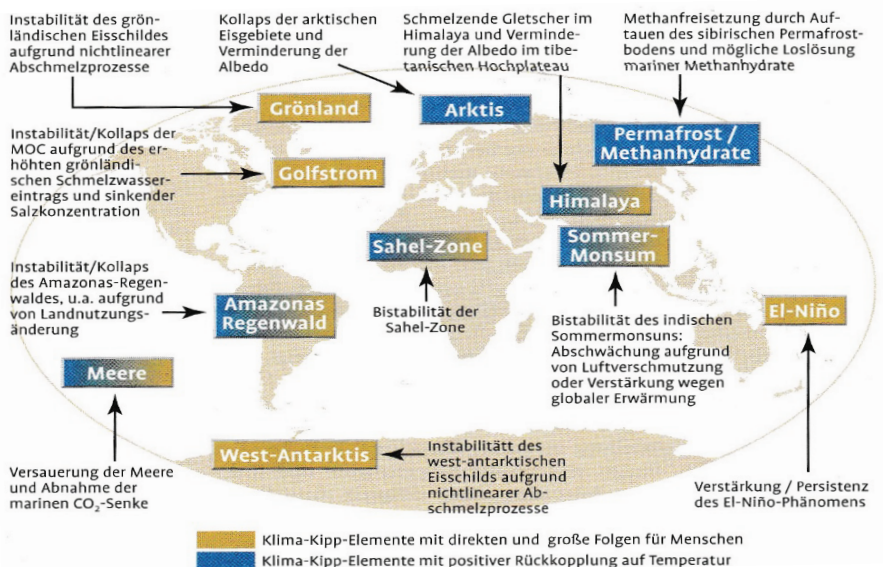


Abbildung 7: Einige mögliche Kippelemente im Erdsystem (German Watch 2008) (Abbildung aus Latif 2009).

Das besonders Kritische an diesen Kippelementen ist die Wechselwirkung untereinander. Tritt eines der Kippelemente ein, so sorgt es für einen weiteren Temperaturanstieg und somit für das Eintreten weiterer Elemente. Experten befürchten hierdurch einen verstärkten Temperaturanstieg, wenn erst ein bestimmter Schwellenwert erreicht wird (Latif 2009).

Durch die Kippelemente ergibt sich also eine besondere Brisanz beim Temperaturanstieg und bei den hier zu setzenden Zielen. Der IPCC empfiehlt daher das 1,5°-Ziel, also eine maximale Erhöhung der Temperatur um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau. Hiermit kann das Erreichen von Kippelementen im System wahrscheinlich vollständig vermieden werden. Auch die Reduktion der Erderwärmung auf 2 °C gegenüber vorindustriellem Niveau würde vermutlich die schlimmsten Auswirkungen verhindern (IPCC 2018).

Um dieses Ziel zu erreichen, muss jedoch nach Einschätzung zahlreicher Klimaforscher politisch viel geändert werden. Abbildung 8 zeigt die globalen Treibhausgasemissionen und die auf dieser Basis erwartete Erderwärmung beim Beibehalten jetziger Politiken beziehungsweise beim Einhalten der Ziele und Versprechungen, die bei den vergangenen Klimagipfeln getätigt wurden. Beide Varianten reichen nicht aus, um die Erwärmung auf unter 2 °C zu reduzieren. Hierfür wird eine Reduktion der Treibhausgasemissionen auf 0 empfohlen. Um das von der IPCC empfohlene 1,5°-Ziel zu erreichen, müsste sogar eine Fixierung von atmosphärischem CO₂ erfolgen, sodass die Treibhausgasbilanz negativ wird (CAT 2018).

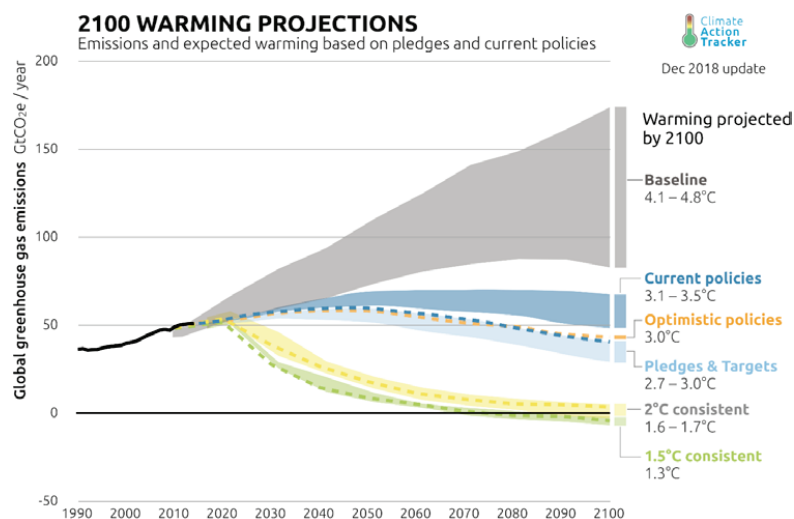


Abbildung 8: Projektionen der zukünftigen Erwärmung der Erdoberfläche und der Treibhausgas-Emissionen auf Basis jetziger Politiken, Versprechungen und des 1,5°- bzw. 2°-Ziels des IPCC (CAT 2018).

Um das Erreichen von Kippelementen zu verhindern und die Erderwärmung (und damit einhergehende Auswirkungen) auf ein erträgliches Maß zu reduzieren, sind folglich zahlreiche politische Änderungen nötig, wie z.B. der Ausstieg aus der Förderung fossiler Energieträger, eine Verkehrswende und das Stoppen der Abholzungen im Regenwald.

In der Politik existiert schon seit einigen Jahren eine Nachhaltigkeitsidee, welche zum Beispiel in der Agenda 21 (Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992), die auf dem Weltgipfel in Rio 1992 festgeschrieben wurde, verankert ist (Houghton 1997). Auf diese Idee und ihre Verankerung in der Schule wird im fachdidaktischen Teil dieser Arbeit genauer eingegangen.

1.3 Daten zum Klimawandel in Hessen und Kassel

Die in den vorigen Abschnitten beschriebenen Auswirkungen des Klimawandels sind nicht nur auf globaler Ebene, sondern auch bei lokalen Messungen erfassbar. In diesem Abschnitt soll auf meteorologische Daten aus Hessen (und im Speziellen Kassel) eingegangen werden.

Deutlich zeigt sich hierbei ein Anstieg der Jahresmitteltemperatur im Zeitraum 1880 bis 2019 um circa 2 °C (Abb. 9) (HLNUG 2019). Auch bei der Messstation Kassel/Schauenburg ergibt sich ein signifikanter Anstieg der Jahresmitteltemperatur von 8,5 °C im Jahr 1978 auf 9,5 °C im Jahr 2018 (Abb. 10) (HLNUG 2019). Betrachtet man den durchschnittlichen Jahresverlauf der Temperaturen, fällt auf, dass der Temperaturanstieg zwar in jedem Monat bemerkbar ist, jedoch in den Sommermonaten am deutlichsten ausfällt (siehe Abb. 21 und Abb. 22 im Anhang) (HLNUG 2019). Wie in späteren Abschnitten dieser Arbeit noch ausgeführt wird, ist dies besonders für die (Stadt-) Vegetation problematisch, da der Trockenstress in den Sommermonaten so noch verstärkt wird.

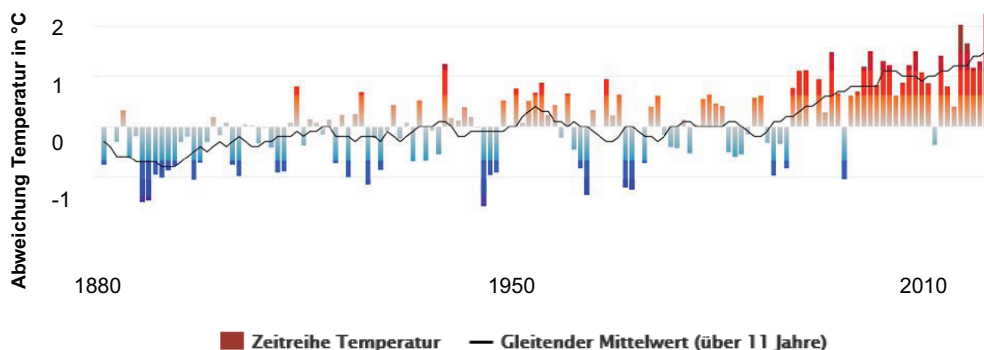


Abbildung 9: Jahresmittel der Temperaturen in Hessen im Zeitraum 1880-2018 (HLNUG 2019).

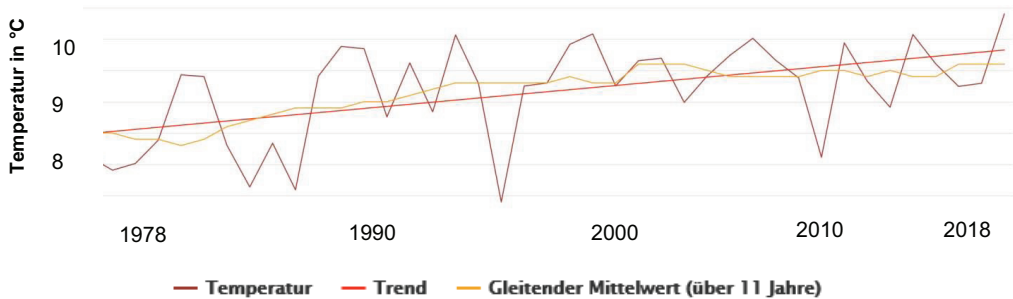


Abbildung 10: Jahresmittel der Temperaturen in Kassel/Schauenburg im Zeitraum 1978-2018 (HLNUG 2019).

Für Hessen (und Kassel) lassen sich jedoch keine Trends zu Änderungen in der Niederschlagsmenge und Anzahl der Sonnenstunden pro Jahr feststellen. Hier finden zwar Schwankungen von Jahr zu Jahr statt, diese zeigen jedoch in längeren Zeiträumen keine deutliche Tendenz (siehe Abb. 23 und Abb. 24 im Anhang) (HLNUG 2019). Des Weiteren lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Messstationen in Großstädten (Kassel, Frankfurt) und solchen im ländlichen Umland (Eschwege, Bad Nauheim) feststellen.

Insgesamt kann man also feststellen, dass ein deutlicher Temperaturanstieg in den letzten 40 Jahren auch für Hessen und Kassel festgestellt werden kann, die Auswirkungen des Klimawandels also auch in der Region zu spüren sind. Langfristige Änderungen in der Gesamt-Jahresniederschlagsmenge und der Anzahl der Sonnenstunden sind jedoch nicht festzustellen.

1.4 Klimawandel in der Stadt

Denkt man an die Stadt, insbesondere an dicht bebaute, weit ausgedehnte Großstädte, so assoziiert man mit diesem Lebensraum nicht viel Natürliches, geschweige denn, dass man an eine reichhaltige Biodiversität denkt. Doch genau das Gegenteil ist der Fall: Immer mehr Arten (heimische wie fremde) finden einen neuen Lebensraum in den Städten: Füchse streifen nachts durch Straßen und Parks, Singvögel bedienen sich an von den Stadtbewohnern aufgehängten Futterangeboten, Wildschweine verwüsten die Gärten der Vorstädte und von Waschbären muss man Einwohner*innen von Kassel oder Berlin nicht viel erzählen. Und auch die Pflanzenwelt findet ihre Nischen auf Balkonen, an sonnigen Südhängen oder gezielt angepflanzt als Park- oder Straßenbaum. Gleichwohl stellt der Klimawandel auch (oder besonders) für diese Lebensräume eine große Herausforderung dar.

In diesem Abschnitt soll zunächst auf das Ökosystem Stadt und seine besonderen Schwierigkeiten im Klimawandel eingegangen werden. Danach wird ein Blick auf die Stadt Kassel geworfen: Wie reagiert die Stadt auf den Klimawan-

del, welche Zahlen liegen für Kassel und Hessen vor? Schließlich wird auf Stadtbäume und ihre besonderen Probleme im Klimawandel eingegangen, wiederum mit Bezug auf konkrete Projekte in Kassel (und anderen Städten).

1.4.1 Das Ökosystem Stadt und die Auswirkungen des Klimawandels

1.4.1.1 Biodiversität in der Stadt

Wie im Einleitungstext schon ausgeführt, finden viele Tiere und Pflanzen in den Städten einen Lebensraum, von Exoten wie dem Waschbären (*Procyon lotor*) oder der Robinie (*Robinia pseudoacacia*) bis hin zu einheimischen Arten wie dem Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) oder der Mistel (*Viscum spec.*). Doch wie steht es wirklich um die Biodiversität in unseren Städten, ist sie mit der auf dem Land vergleichbar?

Auskunft über die Artenvielfalt in der Stadt gibt z.B. eine Untersuchung von Reichholf (2007), die den Vogel- und Schmetterlingsartenreichtum in verschiedenen Gebieten von Stadt und Land miteinander vergleicht (Abb. 11). Das Ergebnis: Vögel weisen die höchste Artenvielfalt in Parks & Stadträndern auf (gefolgt vom Auwald), das Dorf als Lebensraum weist den gleichen Artenreichtum auf wie Wohnviertel einer Stadt und die offene Flur rangiert sogar hinter der City, also dem dicht bebauten Innenstadtgebiet. Auch bei Schmetterlingen zeigen sich ähnliche Ergebnisse (ihre Artenvielfalt ist in der City sogar deutlich höher als auf offener Flur), ihre höchste Artenvielfalt zeigen sie jedoch im Auwald, darauf folgen auf Platz 2 Parks & Stadtränder.

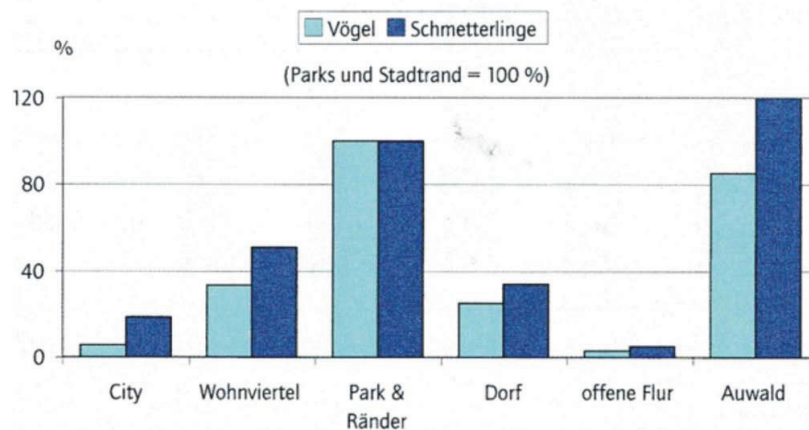


Abbildung 11: Artenreichtum von Vögeln und Schmetterlingen in verschiedenen Bereichen von Stadt und Land (Reichholf 2007).

Auch Untersuchungen an Wildpflanzen, durchgeführt zum Beispiel von Kunik (1974) in Berlin, zeigen ähnliche Ergebnisse (Abb. 12). Hier sind Wohnbereich, Stadtrand und Innenstadt ungefähr gleich auf, dort wachsen ungefähr doppelt so viele Wildpflanzen wie im nahen und fernen Umland von Städten. Ähnliche Ergebnisse konnte auch Konopka (1999) für Nürnberg bestätigen, wo er mit rund 1100 wild wachsenden Pflanzen im Stadtgebiet ungefähr doppelt so viele Arten wie auf einer gleich großen Fläche im Umland gefunden hat.

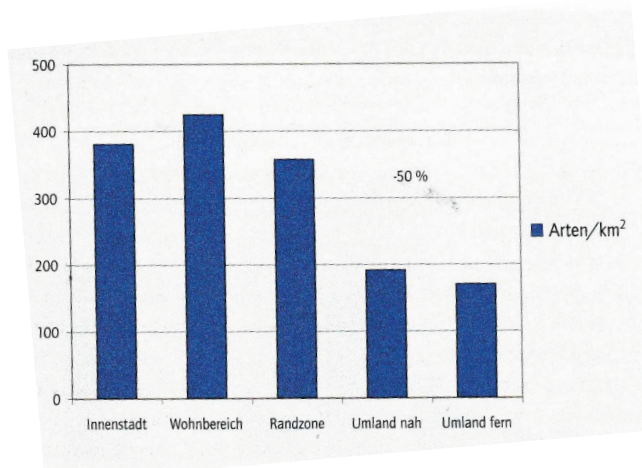


Abbildung 12: Dichte von Pflanzenarten in verschiedenen Bereichen von Stadt und Umland (Kunik 1974) (Abbildung aus Reichholf 2007).

Auf die Frage, welche Ursachen der größere Artenreichtum in der Stadt im Vergleich zum ländlichen Umland hat, gibt Reichholf (2007) verschiedene Faktoren als Antwort. Zunächst ist die Stadtlandschaft sehr strukturreich. Große Gebäude (besonders alte Bauten wie Burgen oder Stadtmauern) bieten ursprünglichen Felsbewohnern wie dem Turmfalken (*Falco tinnunculus*), dem Mauersegler (*Apus apus*) oder dem Mauerpfeffer (*Sedum spec.*) einen Lebensraum. Hinzu kommen Wiesenflächen, Parks, Teiche und kleine Waldstücke. Da diese Bereiche in Städten relativ klein sind, gibt es sehr viele Randbereiche, die den strukturellen Reichtum der Stadtlandschaft weiter erhöhen. Tiere und Pflanzen weisen in der Stadt zwar (meist) kleinere Gesamtpopulationen auf, aber durch die Lebensraumvielfalt ist die Artenvielfalt sehr hoch.

Reichholf (2007) führt als einen weiteren Faktor an, dass Tiere und Pflanzen in der Stadt häufig einen geschützten und sicheren Lebensraum finden. In Städten überwinternde Vogelarten wie z.B. die Kohlmeise (*Parus major*) erhalten von den menschlichen Stadtbewohnern Unterstützung in Form von Futter und gegen Prädatoren abgesicherte Nistkästen, Jäger wie Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) oder Waschbär (*Procyon lotor*) finden reiche Beute im Müll und in den von diesem zahlreich angezogenen Wanderratten (*Rattus norvegicus*). Dies

macht den Lebensraum Stadt für viele Arten, vor allem Tiere, attraktiv und sichert ein langfristiges Überleben der Arten im Stadtgebiet.

Daneben spielt auch eine Rolle, dass die industrielle Landwirtschaft für den Artenreichtum auf dem Land hinderlich ist. Immer größer werdende Felder und ein hoher Einsatz von Düngern und Pestiziden sorgen dafür, dass die freie Flur vielen Tier- und Pflanzenarten keinen geeigneten Lebensraum mehr bieten kann.

Vor allem in der Stadt kommen zu wilden Tier- und Pflanzenarten vom Menschen gehaltene bzw. gepflanzte Arten hinzu. Bei Tieren umfasst das vor allem gerne gehaltene Haustiere wie Katzen (man schätzt ihre Zahl in Deutschland auf 8,2 Millionen) und Hunde (ca. 5,4 Millionen in Deutschland) (Breuste et al. 2016). Bei Pflanzen dürfte der Anteil der Individuen (und Arten), die nicht wild, sondern gezielt angepflanzt vorkommen, noch viel höher sein. In Städten findet man an zahlreichen Orten Anpflanzungen: In Gärten, Parks, Stadtwäldern und an den Straßenrändern in Form von Stadtbäumen, auf die später noch genauer eingegangen wird. Dabei werden nicht nur heimische, sondern auch exotische Arten angepflanzt.

1.4.1.2 Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf Stadtf fauna und -flora

Doch auch Tiere und Pflanzen in der Stadt sind einer besonderen Herausforderung ausgesetzt, die hier umso stärker wirkt: Dem Klimawandel. Klimatische Veränderungen sind in Städten durch Faktoren wie starke Bebauung, Bodenversiegelung und geringe Vegetationsbedeckung besonders stark zu spüren (Breuste et al. 2016). Schon jetzt sind die Temperaturen in der Stadt signifikant höher als auf dem Land (man spricht daher auch von der „Wärmeinsel Stadt“) und Regenwasser fließt durch die Kanalisation oberflächlich ab (Reichholf 2007). Dies alles wird sich noch verstärken. Modellberechnungen für London und Manchester (Wilby 2007) weisen darauf hin, dass sich die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Land in der Zukunft noch deutlich verstärken werden, besonders in dicht bebauten Stadtgebieten mit wenigen Grünflächen. Insbesondere die höheren Temperaturen in den Städten haben aber auch (zumindest auf den ersten Blick) positive Auswirkungen auf Fauna und Flora, so z.B. verlängerte Vegetationsperiode und eine verringerte Wintermortalität von Tieren und Pflanzen (Breuste et al. 2016).

Wilbanks et al (2007) vermuten in Zukunft einen erhöhten Schädlingsbefall an Stadtbäumen, Nobis et al (2009) eine vermehrte Einwanderung von wärmeliebenden und dürrerotoleranten Tieren und Pflanzen aus südlicheren Regionen, die sogar invasiv werden könnten, da sie an die neuen Umweltbedingungen in der Stadt besser angepasst sind als einheimische Arten.

Häufiger auftretende Dürreereignisse und generell höhere Temperaturen sorgen für ein Austrocknen der Vegetation, zu beobachten zum Beispiel an braunen Rasenflächen, ausgetrockneten Dachbegrünungen und verfrühtem Blattwurf bei Stadtbäumen. Brisant ist dies vor allem, weil dadurch die Kühlwirkung dieser Grünflächen verloren geht, die Erwärmung der Stadt also noch weiter verstärkt wird. Diese Effekte ließen sich z.B. im besonders trockenen und heißen Sommer 2018 in vielen Städten, darunter auch in Kassel, beobachten.

1.4.2 Stadtbäume und ihre Probleme im Klimawandel

Eine besondere Rolle in der Stadtökologie spielen die zahlreichen Stadtbäume. Hierunter versteht man sowohl Pflanzungen von Bäumen an Straßen, in Parks oder Privatgärten als auch (mehr oder weniger) wild wachsende Bäume in Stadtwäldern oder auf Böschungen. Da Stadtbäume oft weder ausschließlich heimisch sind noch wirtschaftlichen Zwecken unterliegen (wie es bei Bäumen in forstwirtschaftlich genutzten Wäldern der Fall ist), ist die Artenzahl pro Fläche in der Stadt meist um ein Vielfaches höher als im Wald. Nach Reichholf (2007) ist die Stadt in Deutschland der baumartenreichste Lebensraum mit einer circa achtmal höheren Artenzahl als im Mischwald (Abb. 13).

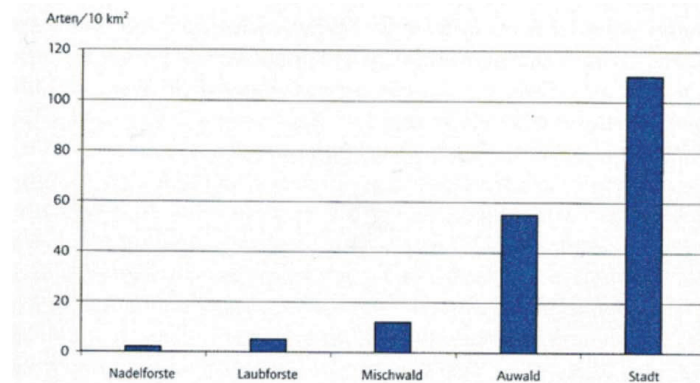


Abbildung 13: Durchschnittliche Artenzahl von Bäumen auf einer Fläche von zehn Quadratkilometern in verschiedenen Lebensräumen (Reichholf 2007).

Im Folgenden soll vorrangig auf Straßen- und Parkbäume eingegangen werden. Stadtbäume erfüllen zahlreiche Aufgaben: Sie dienen der Ästhetik und einem positiven Sinneseindruck, sie mindern die Feinstaubbelastung und senken Konzentrationen von Stickoxiden, SO₂ und Kohlenmonoxid (Roloff 2013). Bäume tragen außerdem zur Biodiversität des Lebensraums Stadt bei, sie bieten Nahrung und Unterschlupf für Vögel, Insekten, Säugetiere, Epiphyten (z.B. verschiedene *Viscum*-Arten), Pilze und Flechten. Besonders Straßenbäume können als Vernetzungselement zwischen verschiedenen größeren Grünanlagen in der Stadt dienen.

Auch im Hinblick auf den Klimawandel spielen Stadtbäume eine besondere Rolle. Wie später noch erläutert wird, haben sie hierunter stark zu leiden, doch sind sie auch ein zentrales Element bei der Abmilderung der Auswirkungen des Klimawandels in Städten. Bäume tragen, besonders an heißen Tagen, maßgeblich zur Kühlung und Beschattung bei, die Temperaturdifferenzen zwischen versiegelten Arealen und Parkanlagen können bis zu 5 °C betragen (Roloff 2013).

Neben steigenden Temperaturen und längeren Trockenperioden haben Stadtbäume zusätzlich mit Schädlingen zu kämpfen, das Ausmaß der entsprechenden Schadbilder fließt in die Bewertung der Eignung von Baumarten für die Pflanzung in der Stadt mit ein. Inwieweit jedoch der Klimawandel Auswirkungen auf das Auftreten von Schädlingen hat, ist von der jeweiligen Schädlingsart abhängig und teilweise noch unklar (Tiedemann & Ulber 2008). Es gibt verschiedene Forschungsprojekte zu diesem Thema, die sich vor allem mit (forst-)wirtschaftlich bedeutenden Schädlingen befassen. So konnte zum Beispiel für Borkenkäfer wie den Buchdrucker (*Ips typographus*) nachgewiesen werden, dass sie von den Folgen des Klimawandels profitieren (Petercord 2009). Viele an Stadtbäumen zu beobachtenden Schadbilder haben aber wahrscheinlich nichts mit den Auswirkungen des Klimawandels zu tun. Um diesen Sachverhalt im Unterricht offen zu legen, wurden entsprechende Hinweise auf Schädlinge bei Baumarten, deren Vertreter auf der Exkursionsroute Schadbilder aufweisen, die wahrscheinlich nicht auf den Klimawandel zurückzuführen sind, in den Arbeitsmaterialien der Schüler*innen vermerkt (siehe Anhang V, AB 3). Weitere Ausführungen zu diesem Thema finden sich im Anhang II.

Da die Auswirkungen des Klimawandels in Städten stärker ausgeprägt sind als im ländlichen Raum, haben Stadtbäume besonders unter diesen zu leiden, allen voran unter niedrigeren Niederschlägen und höheren Temperaturen. Dies liegt zum Beispiel daran, dass Straßenbäume häufig in räumlich recht begrenzten Baumscheiben angepflanzt sind, durch die nur wenig Wasser ins Erdreich versickern kann, ein weiteres Problem ist die häufig starke Verdichtung des Bodens um Baumstandorte, zum Beispiel durch Gebäude oder Parkplätze. Zu beachten ist jedoch auch, dass es im Winter sehr kalt werden kann, daher muss bei der Auswahl von Stadtbaumarten auch eine gewisse Frosttoleranz bedacht werden, die Arten sollten eine Tagesminimumtemperatur bis -23,3 °C ertragen können (Roloff 2013).

Um eine bessere Beurteilung der Eignung von Baumarten für die Stadt zu ermöglichen, die an Hand einfacher Kennziffern auch für praktische Projekte von Nutzen sein kann, wurde zum Beispiel von Roloff & Bärtels (2008) eine Skala für die Beurteilung der Winterhärte von 1-11 entwickelt: Stufe 1 bezieht sich

auf einen Temperaturbereich unter $-45,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (dies entspricht Nordost-Sibirien), Stufe 11 auf über $+4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (dies entspricht den Mittelmeerinseln). Neben der Winterhärte spielt auch die Trockentoleranz eine wichtige Rolle (da Niederschläge besonders im Sommer seltener fallen und auf Grund von häufigeren Starkregenereignissen längere Dürrephasen zu erwarten sind). Auf Basis dieser beiden zentralen Eigenschaften wurde eine „KlimaArtenMatrix“ (KLAM; Roloff 2013) für Stadtbäume aufgestellt, mit der ihre Eignung als Pflanzung in Hinblick auf Auswirkungen des Klimawandels beurteilt werden kann. Es erfolgt dabei eine Bewertung von Trockentoleranz und Winterhärte in den Abstufungen 1 (sehr geeignet), 2 (geeignet), 3 (problematisch) und 4 (sehr eingeschränkt geeignet), es ergibt sich also ein Notenpaar x.x (für Trockentoleranz und Winterhärte). Die Gesamteignung der Bäume kann nach diesem Notenpaar dann in der Matrix abgelesen werden (Abb. 14).

		Winterhärte			
		.1	.2	.3	.4
Trockentoleranz	1.	1.1	1.2	1.3	1.4
	2.	2.1	2.2	2.3	2.4
	3.	3.1	3.2	3.3	3.4
	4.	4.1	4.2	4.3	4.4

Abbildung 14: KlimaArtenMatrix (KLAM) der 16 Einstufungen nach Trockentoleranz und Winterhärte (Roloff 2013) (grün = sehr gut geeignet, gelbgrün = gut geeignet, gelb = geeignet aber z.T. problematisch, rot = nur sehr eingeschränkt geeignet, violett = ungeeignet).

Im Folgenden soll beispielhaft die Bewertung der Flaum-Eiche (*Quercus pubescens*) nach der KlimaArtenMatrix nach Roloff & Bärtels (2008) durchgeführt werden (Tab. 1). Der Lebensbereich (A) der Flaum-Eiche sind Trockenwälder, die Art ist also an sommertrockenes, warmes Klima angepasst (Skala-Stufe 6) und erhält daher die Bewertung 1 (die höchste Einstufung 6 auf der Skala führt dabei zur besten Bewertung 1 nach der KlimaArtenMatrix). Der Bodenfaktor (B) entspricht einem mäßig trockenen bis frischen Standort, auf dem Luft- und Bodentrockenheit aber vertragen werden (Skala-Stufe 3, Bewertung 2). Weitere Klimafaktoren deuten auf eine hohe Trockentoleranz hin (Skala-Stufe 2, Bewertung 1).

Der Mittelwert dieser drei Einzelnoten ergibt die Gesamtwertung für die Trockentoleranz (also 1,33), dies entspricht gerundet der Bewertung als sehr geeignet (1). Als zweiter Parameter wird nun die Winterhärte betrachtet. Die Flaum-Eiche ist ab der Winterhärtezone 6b zu finden (E, Bewertung 1), nicht frostempfindlich (Spalte F, Bewertung 1), mäßig bis meist frosthart (Spalte G,

Bewertung 2), Spätfröste können aber gelegentlich Schäden verursachen (Spalte H, Bewertung 3). Der Mittelwert dieser Bewertungen ist 1,75, dies entspricht gerundet einer Einstufung als geeignet (2). Die Flaum-Eiche besitzt also das Notenpaar 1.2 in der KlimaArtenMatrix. Die oben aufgeführten Skalenwerte beziehen sich auf die Skala von Roloff & Bärtels (2008).

Tabelle 1: Einordnung der Flaum-Eiche (*Quercus pubescens*) nach der KlimaArtenMatrix (Roloff 2013) (A: Lebensbereich, B: Bodenfaktoren, C: Klimafaktoren, E: Winterhärtezone, F: Frostempfindlichkeit, G: Frosthärte, H: Spätfröstgefährdung).

	Trockentoleranz			Winterhärte			
<i>Quercus pubescens</i>	A	B	C	E	F	G	H
Einordnung	6	3	2	6b		(x)	(x)
Einzelwertung	1	2	1	1	1	2	3
Gesamtwertung	1,33			1,75			

Sehr hohe Anforderungen werden dabei an Straßenbäume gestellt, da diese einerseits stark erhöhten Belastungen im Bereich der Luftverschmutzung ausgesetzt sind und andererseits in einem stark versiegelten Umfeld wachsen. Entsprechend der Bewertung mit der KlimaArtenMatrix nach Roloff & Bärtels (2008) ergeben sich einige besonders geeignete Straßenbaumarten wie der Feld-Ahorn (*Acer campestre*, Bewertung 1.1), der Ginkgo (*Ginkgo biloba*, Bewertung 1.2), die Robinie (*Robinia pseudoacacia*, Bewertung 1.1) und die Silber-Linde (*Tilia tomentosa*, Bewertung 1.2). In Tab. 7 (Anhang) ist die Einordnung verschiedener Stadtbaumarten nach der KlimaArtenMatrix aufgeführt.

Es kann also eindeutig eine besondere Bedeutung von Stadtbaumpflanzungen im Hinblick auf den Klimawandel festgestellt werden – einerseits wegen ihrer positiven, abmildernden Auswirkungen aber auch wegen der Anforderungen, die an sie gestellt werden. Um dieser Problematik gerecht zu werden, werden Stadtbaumpflanzungen angepasst. Auf konkrete Projekte, auch in Kassel, soll daher in Abschnitt 1.4.3 näher eingegangen werden.

1.4.3 Konkrete Projekte im Kontext Stadtbäume

Wie im vorherigen Abschnitt ausgeführt, kommt Stadtbaumpflanzungen in Hinblick auf den Klimawandel eine besondere Bedeutung zu, diese müssen daher an die neuen Anforderungen angepasst werden. In diesem Abschnitt soll auf konkrete Projekte, auch in Kassel, näher eingegangen werden.

Eines der umfassendsten Forschungsprojekte zur Anpassung von Stadtbaumpflanzungen an den Klimawandel ist das Projekt „Stadtgrün 2021“ (BLWG 2018). Gefördert durch die Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gar-

tenbau wurden an drei ausgewählten Standorten verschiedene Baumarten (zunächst 20, später 30 Arten) angepflanzt und auf Faktoren wie Trockenstress und Frosttoleranz hin untersucht. Es wurden kontinentale Arten aus Südosteuropa, Asien und Nordamerika ausgewählt, die auf Grund ihrer Herkunft sowohl an kalte Winter als auch an trockene Sommer angepasst sind, beispielsweise die Gleditschie (*Gleditsia triacanthos*) oder die Zerreiche (*Quercus cerris*). Auch auf spezielle Sorten wurde eingegangen. Dabei konnte zum Beispiel bestätigt werden, dass Stadtbäume den Auswirkungen des Klimawandels in Städten entgegenwirken können, da der von ihnen erzeugte Schatten zu einer Kühlung (bzw. einer schwächeren Erwärmung) der Umgebungsluft beiträgt. Obwohl die Versuchsbäume zum Messzeitpunkt noch jung waren, konnten im Schatten von *Tilia tomentosa* Temperaturminderungen um bis zu 9 °C im Vergleich zur Umgebungstemperatur in der Sonne festgestellt werden (BLWG 2018) (Abb. 15).

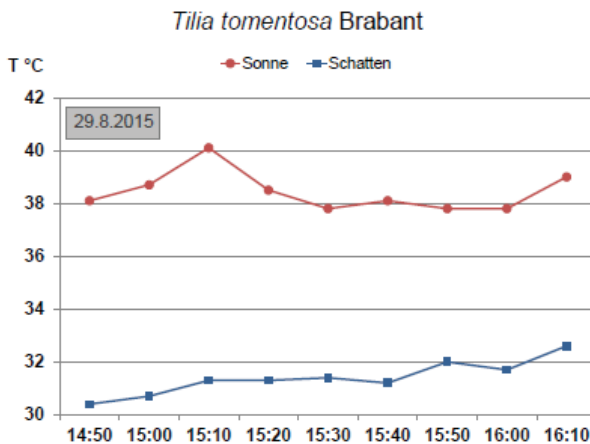


Abbildung 15: Lufttemperaturen 80cm über dem Boden einer besonnten und einer benachbarten, von *Tilia tomentosa* beschatteten Asphaltfläche (Abbildung aus BLWG 2018).

Obwohl im Untersuchungszeitraum auch „Extremsummer“ lagen (also Sommer mit erhöhten Temperaturen und verringerten Niederschlägen im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt, wie der Sommer 2015), zeigte der überwiegende Anteil der Versuchsbäume weder Hitzeschäden und Trockenstress noch starke Wachstumseinbußen. Hierfür wird neben der Auswahl der Arten, die an diese Verhältnisse angepasst sind, auch das spezielle Substrat verantwortlich gemacht, das die Wasserspeicherkapazität des Bodens erhöhte. Lediglich bei salzempfindlichen Baumarten wie dem Dreizahnhorn (*Acer buergerianum*) kam es zu Blattrandnekrosen durch trockenheitsbedingtes Aufsteigen alter Salzfrachten im Boden, die auch zu deutlichen Wachstumseinbußen führten (BLWG 2018) (Abb. 16).

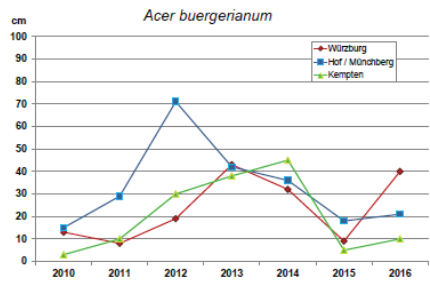
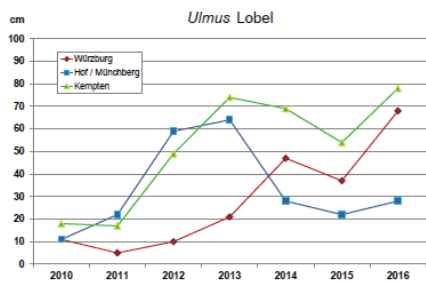


Abbildung 16: Mittlerer Seitentriebzuwachs bei *Ulmus* (links) und dem salzempfindlichen *Acer buergerianum* im Zeitraum 2010-2016 an den drei Versuchsstandorten des Projekts „Stadtgrün 2021“ (Abbildung aus BLWG 2018).

Nach neun laufenden Projektjahren (für die ersten 20 gepflanzten Baumarten) wurde eine vorläufige regionale Bewertung gezogen, die auch mit anderen Projekten, welche einige dieser Arten untersuchten, verglichen wurde (GALK 2016, siehe Dietrich & Doobe 2012; KLAM nach Roloff 2013). Dabei zeigten sich große Übereinstimmungen zwischen den Projekten, sodass mit weiteren Forschungen Empfehlungen für die Pflanzung von an den Klimawandel angepassten Baumarten gegeben werden können. Die (vorläufigen) Ergebnisse des Projekts „Stadtgrün 2021“ aus dem Jahr 2018 sowie die Ergebnisse anderer Projekte sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Vergleich der Bewertungen der Versuchsbaumarten hinsichtlich Angepasstheit an die Auswirkungen des Klimawandels von verschiedenen Arbeitsgruppen („Stadtgrün 2021“, Bayerisches Netzwerk „Klimabäume“, GALK (Dietrich & Doobe 2012), KlimaArtenMatrix KLAM (Roloff et al. 2008; Roloff 2013), siehe Abschnitt 1.4.2) (++: gut geeignet, +: geeignet, 0: geeignet mit Einschränkungen, -: nicht geeignet, %: zur Bewertung zu geringe Anzahl von Bäumen und Gemeinden, Test: noch in der Testphase, k.A.: keine Angabe) (Tabelle aus BLWG 2018).

Versuchsbaumarten	„Stadtgrün 2021“			Bayerisches Netzwerk „Klimabäume“	GALK*	KLAM**
	Hof / Münchberg	Kempten	Würzburg			
<i>Acer buergerianum</i>	-	-	0	-	Test	+
<i>Acer monspessulanum</i>	0	0	0	%	Test	+
<i>Alnus x spaethii</i>	++	++	++	++	++	++
<i>Carpinus betulus</i> 'Frans Fontaine'	-	0	++	+	0	k. A.
<i>Celtis australis</i>	-	0	+	%	0	0
<i>Fraxinus ornus</i>	++	++	+	++	+	-
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> 'Summit'	++	++	+	%	Test	k. A.
<i>Ginkgo biloba</i>	-	0	0	+	++	++
<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	+	++	+	0	++	k. A.
<i>Liquidambar styraciflua</i>	++	-	++	+	0	+
<i>Magnolia kobus</i>	++	+	+	%	Test	-
<i>Ostrya carpinifolia</i>	+	+	++	++	+	++
<i>Parrotia persica</i> 'Vanessa'	++	+	0	++	+	0
<i>Quercus cerris</i>	+	+	++	+	+	++
<i>Quercus frainetto</i> 'Trump'	0	+	++	+	0	k. A.
<i>Quercus x hispanica</i> 'Wageningen'	keine Bewertung möglich			%		k. A.
<i>Sophora japonica</i> 'Regent'	++	++	+	%	0	k. A.
<i>Tilia tomentosa</i> 'Brabant'	0	+	++	+	++	k. A.
<i>Ulmus</i> 'Lobel'	+	++	+	+	0	k. A.
<i>Zelkova serrata</i> 'Green Vase'	-	-	-	%	Test	k. A.

Auch in der Stadt Kassel werden die Ergebnisse unter anderem des Projekts „Stadtgrün 2012“ und der KlimaArtenMatrix bei der Stadtbaumpflanzung berücksichtigt. Da der Baumbestand im städtischen Gebiet in Kassel den schwierigen Standortbedingungen teils nicht mehr standhalten kann (so werden zum Beispiel immer stärkere Schäden an Hänge-Birken (*Betula pendula*) beobachtet) (Lange 2016), werden neue Arten gepflanzt, darunter Bienenbaum (*Tetradium daniellii*), Blauglockenbaum (*Paulownia tomentosa*), Lampionbaum (*Koelreuteria paniculata*), Zürgelbaum (*Celtis occidentalis*) und Hopfenbuche (*Ostrya carpinifolia*). Die Pflanzungen werden jedoch bewusst nicht in ganzen Straßenzügen, sondern an einzelnen Standorten durchgeführt, um die Entwicklung der neuen Baumarten gezielt beobachten zu können (Lange 2016). Einige mediterrane Arten wie die Steineiche (*Quercus ilex*), für die schon eine ausreichende Datengrundlage vorliegt, um ihre Eignung zu bestätigen, werden daher im Auftrag des Umwelt- und Gartenamts Kassel in einer lokalen Baumschule angezogen. Daneben bewähren sich auch einige heimische Baumarten in Kassels Stadtklima, wie der Feld-Ahorn (*Acer campestre*) oder die Schwarzkiefer (*Pinus nigra*) (Lange 2016).

Eine vom Zweckverband Raum Kassel in Auftrag gegebene Untersuchung untermauert die Notwendigkeit des Umdenkens in der Stadtbaumpflanzung. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden Klimafunktionskarten für das Stadtgebiet erstellt, dabei wurden Daten aus dem Jahr 2009 den für das Jahr 2030 erwarteten Daten gegenübergestellt (Abb. 17). Das auffälligste Ergebnis dabei ist, dass das Überwärmungspotential im gesamten (bebauten) Stadtgebiet zunehmen wird. Dies ist einerseits eine Folge des Klimawandels, andererseits aber auch der immer dichteren Bebauung und des Wegfalls von Frischluftschneisen (Schneider 2012)

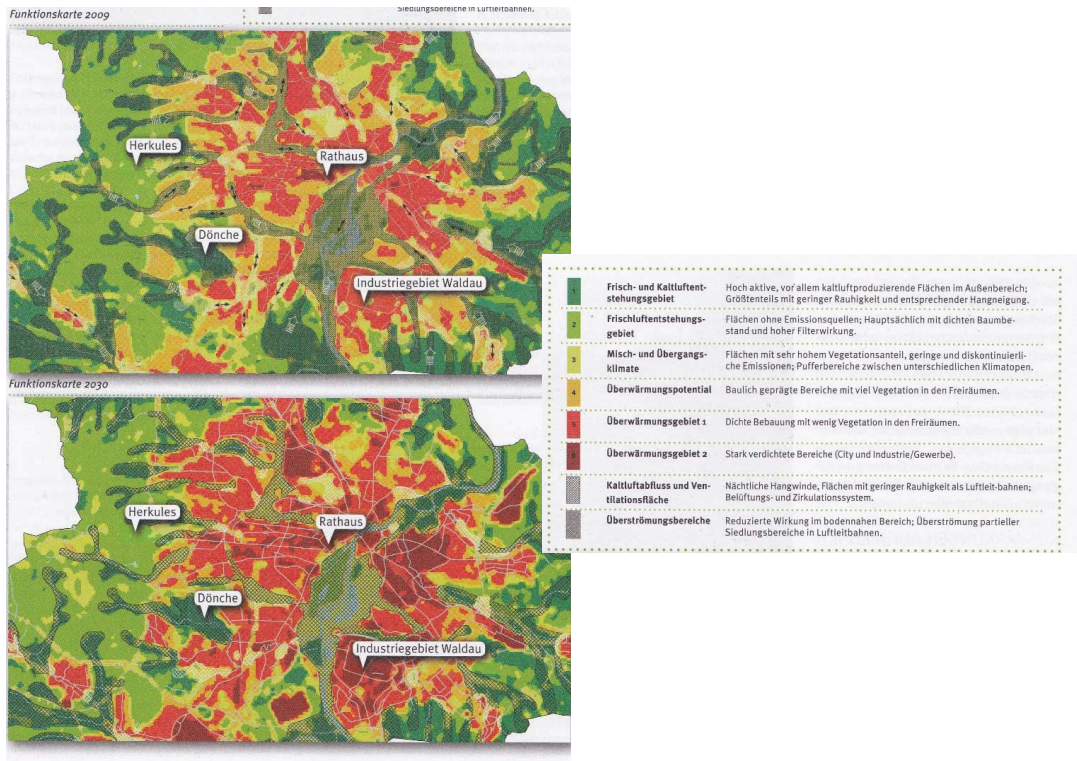


Abbildung 17: Klimafunktionskarten von Kassel im Vergleich 2009 und 2030 (basierend auf Hochrechnungen) (Schneider 2012).

2. Fachdidaktische Grundlagen

2.1 Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Schon seit dem Jahr 1996 wird, auf Grundlage der 1992 von 180 Staaten im Rahmen der Rio-Konferenz unterzeichneten „Agenda 21“ (Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992), eine neue Bildungsinitiative vorangetrieben: Die Bildung für Nachhaltige Entwicklung (kurz BNE), im englischsprachigen Raum auch als „Education for Sustainable Development“ bezeichnet. Dabei wird Nachhaltigkeit von der UN sehr weit gefasst: Neben nachhaltigem Lebensstil, Konsum- und Umweltproblematiken und dem Klimawandel gehört zu diesem Konzept beispielsweise auch die Armutsbekämpfung, die Bekämpfung von HIV/AIDS und die Gleichstellung der Geschlechter. De Haan (2008) sieht hierin eine Überfrachtung der Bildung für Nachhaltige Entwicklung und schlägt eine nationale Ausarbeitung des Themas vor, je nachdem, welche Themen in einem Land relevant sind. So wird in Deutsch-

land mit BNE vor allem der Umgang mit Umwelt- und Klimaproblemen (und damit verbundenen Themenfeldern wie Ernährung, Verkehrsverhalten und Konsum) verbunden.

Im Folgenden soll kurz der Weg zur heutigen Bildung für Nachhaltige Entwicklung seit den 70er-Jahren skizziert werden. Als eine der Grundlagen der Nachhaltigkeitsidee kann das 1972 vom Club of Rome herausgegebene Buch „The Limits to Growth“ gesehen werden (Meadows et al. 1972). Dessen Grundaussage war, dass das (Wirtschafts-)Wachstum nicht unverändert und unbegrenzt weitergehen könne, ohne dass langfristig katastrophale Auswirkungen für das Leben auf der Erde zu erwarten sind (zum Beispiel Umweltzerstörung oder Knappheit von Trinkwasser) (Lauströer 2005). Einen weiteren Meilenstein in der Geschichte der Nachhaltigkeit stellt der Brundtland-Report „Our common future“ dar (Keeble 1988), der 1987 von der UN-Weltkommission für Umwelt und Entwicklung veröffentlicht wurde und der als Auslöser für die Umweltkonferenz von Rio de Janeiro im Jahr 1992 gilt. In diesem Report wird erstmals „sustainable development“, also Nachhaltige Entwicklung, als Leitbild beschrieben, deren Grundlage es nach damaligem Verständnis war, den aktuellen Lebensstil so anzupassen, dass die Möglichkeiten künftiger Generationen nicht eingeschränkt werden (Lauströer 2005). Auf der Rio-Konferenz im Jahr 1992, an der zehntausend Delegierte aus 178 Staaten teilnahmen, wurde schließlich die Agenda 21 verabschiedet: Ein Dokument, in dem explizite Handlungsaufträge gegeben wurden, um einer Verschlechterung der Weltsituation entgegenzuwirken und eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen sicherzustellen. Das Konzept umfasste dabei auch die Problematik des Klimawandels und bezog sowohl Industrie- als auch Entwicklungsländer mit ein. Auf der Rio-Konferenz wurde neben der Agenda 21 auch die UN-Klimarahmenkonvention unterzeichnet (UNCED 1992). Aus dieser resultierte im Jahr 1997 das Kyoto-Protokoll (UNCED 1997), das erstmals Begrenzungsverpflichtungen bezüglich der CO₂-Emissionen enthielt (Lauströer 2005).

In Deutschland wurde der Bildungsauftrag der Agenda 21 im Rahmen eines Modellversuchsprogramms umgesetzt, das den Namen „21 – Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ trug und an dem 200 allgemeinbildende Schulen in 15 Bundesländern teilnahmen. Das Programm hat drei Prinzipien als Grundlage:

- Interdisziplinäres Wissen (zum Beispiel zu Globalem Wandel, Umwelt und Mobilität)
- Partizipatives Lernen (zum Beispiel gemeinsamer Einsatz für eine nachhaltige Stadt)
- Innovative Strukturen (zum Beispiel die Schaffung eines Schulprofils für Nachhaltige Entwicklung) (Lauströer 2005)

Seit 2004 werden die Ergebnisse dieses Programms durch das Programm „Transfer-21“ aufgegriffen (BLK 2007), an dem sogar 4500 Schulen teilnehmen (10 Prozent aller allgemeinbildenden Schulen in Deutschland).

Bildung für Nachhaltige Entwicklung ist in Deutschland auch bereits in zahlreichen Lehrplänen verankert, in den Bildungsstandards wird Nachhaltigkeit explizit als Thema für den Kompetenzerwerb genannt (KMK 2005). Im Rahmen des Lernbereichs Globale Entwicklung wurde die Leitidee einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung explizit in Form von Kompetenzformulierungen verankert (siehe Abschnitt 2.2).

Eines der zentralen Ziele einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung ist die Vermittlung von Gestaltungskompetenz, auf diesen wichtigen Begriff wird in Abschnitt 2.3.1 näher eingegangen. Daneben ist vor allem interdisziplinäres Arbeiten ein wichtiges Element von Bildung für Nachhaltige Entwicklung, auf diesen Aspekt wird in Abschnitt 2.4 näher eingegangen.

2.2 Der Lernbereich Globale Entwicklung

Die Umsetzung einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung in den Schulen bedarf einer Verankerung, auch über die Kerncurricula und Lehrpläne einzelner Fächer hinaus. Schließlich spielt bei der Bildung für Nachhaltige Entwicklung besonders die Interdisziplinarität, also die fächerübergreifende Betrachtung von Themen, eine große Rolle. Ein wichtiges Element dieser Verankerung ist der Lernbereich Globale Entwicklung, der durch den Orientierungsrahmen (KMK 2014) konkretisiert wird. Im Orientierungsrahmen heißt es zu den Bildungszielen des Lernbereichs, dieser solle den Schüler*innen „eine Orientierung in der zunehmend globalisierten Welt ermöglichen, die sie im Rahmen lebenslangen Lernens weiter ausbauen können“ (KMK 2014). Dies alles findet unter dem Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung statt, Ziele sind die Gestaltung des persönlichen und beruflichen Lebens, die gesellschaftliche Mitwirkung und vor allem auch die globale Mitverantwortung.

Die Bedeutsamkeit des Lernbereichs Globale Entwicklung wird täglich durch die zahlreichen globalen Katastrophen und politischen Veränderungen, die auch den Schüler*innen in den Medien begegnen, deutlich. Nicht nur der Klimawandel und damit einhergehende Umweltkatastrophen sowie der Verlust an Biodiversität und natürlichen Lebensräumen spielen hierbei eine Rolle, sondern auch die zunehmende Einschränkung politischer Freiheiten und der immer größere Einfluss von dem Klimaschutz entgegenwirkenden oder klimawandelleugnenden Kräften in politischen Führungsebenen. Auch die ökonomischen Missstände und Ungerechtigkeiten, wie z.B. Kinderarbeit und Ressourcenausbeutung (Öl, Gas, seltene Erden) sind hier zentrale Aspekte, die die Relevanz eines eigenen Lernbereichs Globale Entwicklung verdeutlichen.

Nicht nur die aufgezählten aktuellen politischen, wirtschaftlichen und Umweltkatastrophen fordern eine neue Qualität von Bildung oder vom Lernen generell. Die Menschheit muss sich durch den Klimawandel und seine Auswirkungen auch besonders schnell an immer neue Umstände anpassen und auf sich ändernde Klimabedingungen, politische Verhältnisse und zum Beispiel auch damit einhergehende Flüchtlingsströme reagieren. Eine Aufgabe von Bildung ist es, die junge Generation auf eine mündige Teilnahme an der Gesellschaft der Zukunft vorzubereiten, bei der sie dann mit diesen Problematiken, für die es teils noch keine Lösungen gibt, konfrontiert wird. Dirk Messner, der Direktor des Deutschen Instituts für Entwicklungspolitik, sieht hier vor allem vier Aspekte, die eine neue Realität des Internationalen Systems schaffen (KMK 2014): Erstens schafft die vernetzte Marktwirtschaft neue Probleme und Risiken, zweitens bringen diffuse Machtstrukturen politische Stabilitäten in Gefahr und erfordern Neuverhandlungen (Brasilien, USA). Als dritten Punkt führt Messner den Begriff des „Anthropozäns“, des Erdzeitalters der Menschen, an: Menschen sind zur „treibenden Kraft im Erdsystem geworden“ (KMK 2014) und lösen Wandel im Erdsystem aus, deren Folgen nur schwer abzusehen sind (hierzu gehört beispielsweise auch der Klimawandel durch die Emission von immer mehr Treibhausgasen). Der vierte Aspekt, der nach Messner eine neue Realität des Internationalen Systems schafft, ist das Vorhandensein von modernen Kommunikationswegen, die einen nie da gewesenen globalen Austausch ermöglichen. Hierdurch entsteht eine „Weltgesellschaft“ mit dichten kulturellen, ökonomischen und politischen Vernetzungen und damit einhergehenden neuen globalen Problemen und Risiken. Diese Aspekte spielen besonders in der (zukünftigen und heutigen) Realität der Schülerinnen und Schüler eine große Rolle. Sie werden den entstehenden Problemen (wie immer trockeneren Sommern und Überschwemmungen in Küstengebieten durch den steigenden Meeresspiegel) begegnen müssen und müssen daher in der Schule lernen, Probleme aus einer globalen Perspektive zu betrachten.

Die Bildungsziele des Lernbereichs Globale Entwicklung ermöglichen also eine multiperspektivische Auseinandersetzung mit (aktuellen) Themen aus gesellschaftlicher, wissenschaftlicher und politischer Sicht, was besonders unter dem Blickwinkel einer Bildung für nachhaltige Entwicklung eine erstrebenswerte Herangehensweise darstellt. In den folgenden Abschnitten sollen die zentralen Kompetenzen des Lernbereichs vorgestellt und erläutert werden.

2.3 Kompetenzen in der Bildung für nachhaltige Entwicklung und im Lernbereich Globale Entwicklung

2.3.1 Gestaltungskompetenz als zentraler Kompetenzbegriff von Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Eine zentrale Idee der Bildung für Nachhaltige Entwicklung (und somit auch des Lernbereichs Globale Entwicklung, der deren Verankerung in der Schule dient) ist die Kompetenzorientierung. Es erfolgt eine Orientierung am Output (Was sollen die Schülerinnen und Schüler nach der Lerneinheit können?) statt am Input (Womit sollen sie sich beschäftigen?) wie bei konventionellen Lehrplänen (De Haan 2008). Dies alles fußt also auf dem Begriff der Kompetenz, der nach Weinert (2001) folgendermaßen definiert werden kann: Kompetenzen sind „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“. Die Kompetenzorientierung hat als zentrale Elemente also Problemlösungsstrategien, Handlungsfähigkeiten und auch die Bereitschaft, diese zu nutzen. Besonders letzterer Aspekt spielt beim Thema Umwelt und Klima eine Rolle. Inwieweit in Deutschland ein „Umweltbewusstsein“ vorhanden ist und aus diesem auch eine Bereitschaft für verantwortungsvolles Handeln abgeleitet wird, wird in Abschnitt 2.7 ausgeführt.

Im Rahmen des Programms „Transfer-21“, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und 14 beteiligten Bundesländern unterstützt wurde, wurde die Förderung von Bildung für nachhaltige Entwicklung als Qualitätskriterium für Schulen festgelegt. Hierbei wurden auch zu erwerbende Kompetenzen ausgeführt. Dabei ist zentrales Ziel die Vermittlung von Gestaltungskompetenz (BLK 2007). Gestaltungskompetenz bezieht sich auf die Fähigkeit, Wissen über nachhaltige Entwicklung anzuwenden und Probleme in diesem Rahmen zu erkennen. Dabei sollen ökologische, ökonomische und soziale Entwicklungen und ihre Wechselwirkungen und Abhängigkeiten voneinander erkannt und auf dieser Basis Entscheidungen getroffen werden. Gestaltungskompetenz umfasst weiterhin die Fähigkeit, diese Entscheidungen zu verstehen und sie umzusetzen (ob individuell, gemeinschaftlich oder politisch) (De Haan 2008). Zur Gestaltungskompetenz gehören nach De Haan (2008) 10 Teilkompetenzen, die in Tabelle 3 aufgeführt sind. Im Fokus steht hier interdisziplinärer Erwerb von (global relevantem) Wissen, das Zusammenwirken mit anderen bei Planung und Ausführung von Lösungsideen für Probleme, aber auch das eigenständige Handeln und die eigene Positionierung. Die Teilkompetenzen wurden dabei in die Kompetenzkategorien der OECD (2005)

eingeorndet. Die OECD ist unter anderem als Initiator der PISA-Tests bekannt und gilt als Referenzrahmen für Kompetenzkonzepte.

Tabelle 3: Teilkompetenzen und ihre Einordnung in die Kompetenzkategorien der OECD (2005) (vgl. De Haan 2008).

Kompetenzkategorien der OECD	Teilkompetenzen der Gestaltungskompetenz
Interaktive Verwendung von Medien und Tools	T.1 Weltoffen und neue Perspektiven integrierend Wissen aufbauen
	T.2 Vorausschauend denken und handeln
	T.3 Interdisziplinär Erkenntnisse gewinnen und handeln
Interagieren in heterogenen Gruppen	G.1 Gemeinsam mit anderen planen und handeln können
	G.2 An Entscheidungsprozessen partizipieren können
	G.3 Andere motivieren können, aktiv zu werden
Eigenständiges Handeln	E.1 Die eigenen Leitbilder und die anderer reflektieren können
	E.2 Selbstständig planen und handeln können
	E.3 Empathie und Solidarität für Benachteiligte zeigen können
	E.4 Sich motivieren können, aktiv zu werden

Dabei können auch Parallelen zu den vier im Hessischen Kerncurriculum festgelegten Kompetenzbereichen für das Fach Biologie gezogen werden. Diese Kompetenzbereiche sind: Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung und Nutzung fachlicher Konzepte (Hessisches Kultusministerium 2011). Vor allem Aspekte der Kompetenzbereiche Bewertung und Kommunikation finden sich verstärkt wieder, beispielsweise in G.1-G.3, die Bewertung besonders in E.1. Die Perspektivübernahme spielt eine besondere Rolle und ist unter dem Blickwinkel von Werten und Einstellungen (und ihren Auswirkungen auf Handlungen) Teil der Bewertungskompetenz.

Gestaltungskompetenz ist also ein zentrales Lernziel einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. Im folgenden Abschnitt werden nun die Kompetenzbereiche des Lernbereichs Globale Entwicklung näher ausgeführt, die ähnliche Ziele im Blick haben.

2.3.2 Erkennen-Bewerten-Handeln als Kompetenzen des Lernbereichs Globale Entwicklung

Der Lernbereich Globale Entwicklung stellt besondere Anforderungen an die Formulierung von Kompetenzen. Es handelt sich dabei um kein einzelnes

Fach, auch nicht um einen Zusammenschluss von Fächern, sondern um eine „Domäne“ (KMK 2014), also ein ganzes Wissensgebiet. Dies wird im Orientierungsrahmen für den Lernbereich vor allem mit der „jahrzehntelangen Entwicklung als Eine-Welt- bzw. entwicklungspolitische Bildung oder Globales Lernen“ (KMK 2014) begründet. Die formulierten Kompetenzen sollen sich einerseits an gesellschaftlichen Zielen, andererseits an individuellen Zielen des Einzelnen ausrichten. Relevante gesellschaftliche Ziele sind: Wirtschaftliche Produktivität, demokratische Prozesse, soziale Kohäsion, Gleichheit und Menschenrechte sowie ökologische Nachhaltigkeit (DESECO 2005). Diese entsprechen den Zieldimensionen des Leitbilds Nachhaltige Entwicklung, das mit dem Lernbereich eng verknüpft ist, wie in Abschnitt 2.2 näher ausgeführt wurde.

Die Orientierung am Leitbild Nachhaltige Entwicklung ist auch eine der fünf Leitideen des Lernbereichs Globale Entwicklung. Dazu zählt weiterhin die Analyse von Entwicklungsprozessen auf unterschiedlichen Handlungsebenen, der Umgang mit Vielfalt, die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel und die Kontext- bzw. Lebensweltorientierung. Basierend auf diesen Leitideen und den gesellschaftlichen Zielen wurden nun drei Kompetenzbereiche als zentral für den Lernbereich Globale Entwicklung herausgestellt: Erkennen, Bewerten und Handeln (KMK 2014).

Der Kompetenzbereich Erkennen basiert vor allem auf dem Wissenserwerb. Eine besondere Herausforderung stellt hierbei das immer stärker zunehmende Wissen dar, dem man in der Schule durch Aufbereitung begegnen muss. Besonders die Themen der Globalen Entwicklung sind sehr komplex und verbinden viele Akteur*innen, Ökosysteme und Länder, sodass hier ein systematischer, zielgerichteter Wissenserwerb umso zentraler ist. Rost (2005) nennt daher „die Kompetenz, mit globalen Systemzusammenhängen umgehen zu können und diese zu verstehen“ als zentrales Element des Kompetenzbereichs Erkennen. Dabei muss insbesondere fachübergreifendes Wissen erworben werden. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, sind vor allem Kenntnisse und Fertigkeiten im Umgang mit Medien und Kommunikationswerkzeugen wichtig (mit Anschluss an die Medienerziehung), um das benötigte Wissen in den jeweiligen Situationen erwerben zu können. Daneben sind auch analytische Fähigkeiten notwendig, um globale Prozesse und ihre Bedeutungen für sich selbst und andere wahrzunehmen, die Notwendigkeit zur Gestaltung globaler Prozesse zu erkennen und an möglichen Zukunftsszenarien und Lösungsansätzen mitzuwirken (KMK 2014).

Der Kompetenzbereich Bewerten umfasst neben der kritischen Reflexion und der Identitätsentwicklung vor allem den Umgang mit Werten, das Erkennen und Abwägen dieser und soll generell auf eine wertorientierte Betrachtung zielen. Dies wird als Voraussetzung für „Solidarität und Mitverantwortung für

Mensch und Umwelt“ angesehen (KMK 2014). Im Lernbereich Globale Entwicklung werden vor allem Themen behandelt, die mehrere Kulturen betreffen oder zumindest vielfältige politische und gesellschaftliche Akteur*innen. Um Handlungsweisen zu verstehen und Lösungskonzepte auszuarbeiten, ist es daher wichtig, eigene und fremde Werte zu erkennen, zu hinterfragen und sie schließlich einem Dialog zugänglich zu machen. Empathie und Perspektivwechsel sind zentrale Fähigkeiten für diese Kompetenz. Ein Perspektivwechsel kann dabei zwischen Handelnden und Beobachtern, zwischen Akteur*innen und Betroffenen, zwischen unterschiedlichen Kulturen, Staaten und Institutionen, Altersgruppen und Geschlechtern durchgeführt werden – generell also unter sehr unterschiedlichen Positionen. Bei der Kompetenz Bewerten geht es daneben auch um die grundlegende Beurteilung konkreter Entwicklungsmaßnahmen mit Bezug auf Normen, Werte, politische Vereinbarungen und Leitbilder. Dabei soll auch das generelle Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung hinterfragt, interpretiert und weiterentwickelt werden, es soll deutlich werden, wie dieses Leitbild zu Stande gekommen ist, nämlich als international vereinbarter Orientierungsrahmen, der z.B. an die Menschenrechte und zahlreiche andere Konventionen anschließt, die einen „hohen Grad an Verbindlichkeit haben“ (KMK 2014).

Auch an Werte gebunden ist der Kompetenzbereich Handeln. Zentral ist hier die Kompetenz zur Konfliktlösung und Verständigung, Ambiguitätstoleranz, Kreativität und Innovationsbereitschaft, außerdem die Fähigkeit zur Partizipation und Mitgestaltung von Entwicklungsprozessen. Vor allem geht es aber um die Bereitschaft, das eigene Verhalten basierend auf eigenen Einstellungen und den persönlichen Grundsätzen einer zukunftsfähigen Lebensgestaltung zu reflektieren und anzupassen (KMK 2014). Dabei muss häufig zwischen verschiedenen Handlungsalternativen gewählt werden, wobei Normen- und Interessenkonflikte vorliegen. Zentral ist die Gestaltung von eigenen und gemeinsamen Projekten, der sparsame Einsatz von Ressourcen und, aus Fehlern zu lernen und Korrekturen vornehmen zu können. Besonders der Umgang mit Ungewissheit, die bei solch zentralen Problemstellungen wie denen der Globalen Entwicklung immer eine Rolle spielt, ist dabei zu erlernen. Daneben gehört auch Kommunikationsfähigkeit zum Kompetenzbereich Handeln, da es wichtig ist, sich im Dialog mitteilen zu können und Lösungen auszuhandeln. Wesentlich ist dabei auch die Einbeziehung von motivationalen und volitionalen Komponenten von Handlungsbereitschaft (vgl. Abschnitt 2.6).

Für die drei Kompetenzbereiche wurden insgesamt 11 Kernkompetenzen für den Lernbereich Globale Entwicklung formuliert (Tab. 4).

Tabelle 4: Kernkompetenzen des Lernbereichs Globale Entwicklung, zugeordnet zu den drei Kompetenzbereichen Erkennen, Bewerten, Handeln (KMK 2014).

Kompetenzbereich	Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler können...
Erkennen	1. Informationsbeschaffung und Verarbeitung ...Informationen zu Fragen der Globalisierung und Entwicklung beschaffen und themenbezogen verarbeiten.
	2. Erkennen von Vielfalt ...die soziokulturelle und natürliche Vielfalt in der Einen Welt erkennen.
	3. Analyse des globalen Wandels ... Globalisierungs- und Entwicklungsprozesse mithilfe des Leitbildes der Nachhaltigen Entwicklung fachlich analysieren.
	4. Unterscheidung von Handlungsebenen ... Handlungsebenen vom Individuum bis zur Weltebene in ihrer jeweiligen Funktion für Entwicklungsprozesse erkennen.
Bewerten	5. Perspektivenwechsel und Empathie ... sich eigene und fremde Wertorientierungen in ihrer Bedeutung für die Lebensgestaltung bewusst machen, würdigen und reflektieren.
	6. Kritische Reflexion und Stellungnahme ... durch kritische Reflexion zu Globalisierungs- und Entwicklungsfragen Stellung beziehen und sich dabei an der internationalen Konsensbildung, am Leitbild Nachhaltiger Entwicklung und an den Menschenrechten orientieren.
	7. Beurteilen von Entwicklungsmaßnahmen ... Ansätze zur Beurteilung von Entwicklungsmaßnahmen (bei uns und in anderen Teilen der Welt) unter Berücksichtigung unterschiedlicher Interessen und Rahmenbedingungen erarbeiten und zu eigenständigen Bewertungen kommen.
Handeln	8. Solidarität und Mitverantwortung ... Bereiche persönlicher Mitverantwortung für Mensch und Umwelt erkennen und als Herausforderung annehmen.
	9. Verständigung und Konfliktlösung ... zur Überwindung soziokultureller und interessenbestimmter Barrieren in Kommunikation und Zusammenarbeit sowie zu Konfliktlösungen beitragen.
	10. Handlungsfähigkeit im globalen Wandel ... die gesellschaftliche Handlungsfähigkeit im globalen Wandel vor allem im persönlichen und beruflichen Bereich durch Offenheit und Innovationsbereitschaft sowie durch eine angemessene Reduktion von Komplexität sichern und die Ungewissheit offener Situationen ertragen.

	<p>11. Partizipation und Mitgestaltung</p> <p>Die Schüler*innen sind aufgrund ihrer mündigen Entscheidung bereit, Ziele der nachhaltigen Entwicklung im privaten, schulischen und beruflichen Bereich zu verfolgen und sich an ihrer Umsetzung auf gesellschaftlicher und politischer Ebene zu beteiligen.</p>
--	--

Da die Kompetenzen für die fächerübergreifende Behandlung formuliert wurden, ist es sinnvoll, noch einmal einen spezifischen Blick auf das Fach Biologie (bzw. generell auf die naturwissenschaftlichen Fächer) und die konkrete Anwendung der Kompetenzen zu werfen. Im Kompetenzbereich Erkennen zählt zur zielgerichteten Informationsverarbeitung und -beschaffung neben dem Umgang mit Medien und dem Internet zum Beispiel auch die Verwendung von Prognose- und Beschreibungsmodellen, wie den Klimamodellen des IPCC. Die Themenbereiche Globaler Entwicklung knüpfen dabei zum Beispiel an globale Klimaveränderungen und Umweltprobleme an, die sehr vielschichtig und komplex sind und sich über verschiedene Akteursebenen erstrecken. Der Kompetenzbereich Bewerten hat sein Äquivalent im gleichnamigen Kompetenzbereich im Fach Biologie (siehe Abschnitt 2.5). Im Kompetenzbereich Handeln geht es um die aktive Rolle des Lernenden, besonders im Hinblick auf Kreativität und Innovationsbereitschaft. Dies kann zum Beispiel bei der Initiierung und Umsetzung von Projekten angewendet werden.

Bei der im Rahmen dieser Arbeit konzipierten Unterrichtseinheit sollen vorrangig die Kompetenzbereiche Bewerten und Handeln gefördert werden (siehe auch Abschnitt 4.2). Bevor in den Abschnitten 2.5 und 2.6 daher auf diese Kompetenzbereiche eingegangen wird, soll in Abschnitt 2.4 zunächst die Interdisziplinarität als zentrales Element der Bildung für Nachhaltige Entwicklung näher erläutert werden. Da der Lernbereich Globale Entwicklung so eng mit der Bildung für Nachhaltige Entwicklung verknüpft ist, wird im Folgenden von Bildung für Nachhaltige Entwicklung gesprochen, dabei werden aber die Ideen, Ziele und Kompetenzen des Lernbereichs Globale Entwicklung mit einbezogen.

2.4 Interdisziplinarität in der Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Bildung für Nachhaltige Entwicklung erfordert ein interdisziplinäres Vorgehen in der Betrachtung von wichtigen Problemen und Fragestellungen, in der Schule also fächerübergreifende Settings. Die Themen der Bildung für Nachhaltige Entwicklung sind so komplex, Akteursnetze so weltumspannend und eng miteinander verzahnt und Interessenlagen so vielschichtig, dass die Betrachtung in nur einem Fach (zum Beispiel der Biologie) diesen kaum gerecht werden könnte. Wichtig ist hier, dass ökonomische, soziokulturelle und ökologische Faktoren und Anliegen zu einer Gesamtansicht verbunden werden (Di

Giulio et al. 2008). Daher bedeutet Bildung für Nachhaltige Entwicklung auch, dass Lernende Kompetenzen erlangen, die es möglich machen, mit Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen umgehen zu können und dieses auch miteinander zu verknüpfen.

Interdisziplinarität, also in der Schule fächerübergreifender Unterricht, stellt eigene Herausforderungen an Lehrpersonen, Lernende und die Schule als Ganzes. Lehrpersonen sind meist nur für zwei (selten drei) Fächer ausgebildet, benötigen nun aber Wissen aus viel mehr Fächern. Dieses müssen sie sich selbstständig aneignen, um den Anforderungen an interdisziplinäres Arbeiten gerecht zu werden. Des Weiteren ist fächerübergreifender Unterricht am besten möglich, wenn er auch in einem fächerübergreifenden Setting stattfindet (Di Giulio et al. 2008). Dieses kann zum Beispiel eine Projektwoche (oder ein Projekttag) sein, aber auch AGs oder Wahlpflichtangebote. Daneben kann fächerübergreifendes Setting aber auch im Fachunterricht umgesetzt werden. Im Folgenden soll kurz ausgeführt werden, wie dies im Biologie-Unterricht beim Themenbereich Klimawandel/-schutz umgesetzt werden könnte und welche Fächer hier eine Rolle spielen.

Das Thema Klimawandel/-schutz betrifft nicht nur die Biologie (vor allem, wenn Auswirkungen auf Ökosysteme oder Organismen betrachtet werden), sondern ist zunächst einmal eher geographisch, also dem Fach Erdkunde zuzuordnen. Daneben hat es aber auch Auswirkungen auf Gesellschaften und wird durch politische und wirtschaftliche Prozesse gesteuert, dies sind Bezüge zum Fach Politik und Wirtschaft/Sozialkunde. Möchte man den Klimawandel wirksam bekämpfen und den Ausstoß von CO₂-Emissionen senken, erfordert es technische Maßnahmen, hier gibt es Anknüpfungspunkte an Chemie und Physik (Beispiele: Arten der Energiegewinnung, CO₂-Fixierung). Und schließlich hat der Themenkomplex auch ethische Hintergründe, Werte wie die Bewahrung der natürlichen Umwelt spielen eine Rolle im Wechselspiel mit wirtschaftlichen und persönlichen Interessen (Fach: Ethik/Philosophie). Neben all dem kann das Thema auch Anknüpfungspunkte in der Religion finden, wenn die Erde als Gottes Schöpfung betrachtet wird, die durch den Klimawandel gefährdet ist.

Das Thema Klimawandel/-schutz erfordert also ganz besonders stark die fächerübergreifende Betrachtungsweise (dargestellt in Abb. 18), die für die Bildung für Nachhaltige Entwicklung so zentral ist. Die im Abschnitt 2.3 aufgeführten Kompetenzen können als Orientierung beim fächerübergreifenden Arbeiten dienen. Daher soll nun auf diese Kompetenzen näher eingegangen werden.

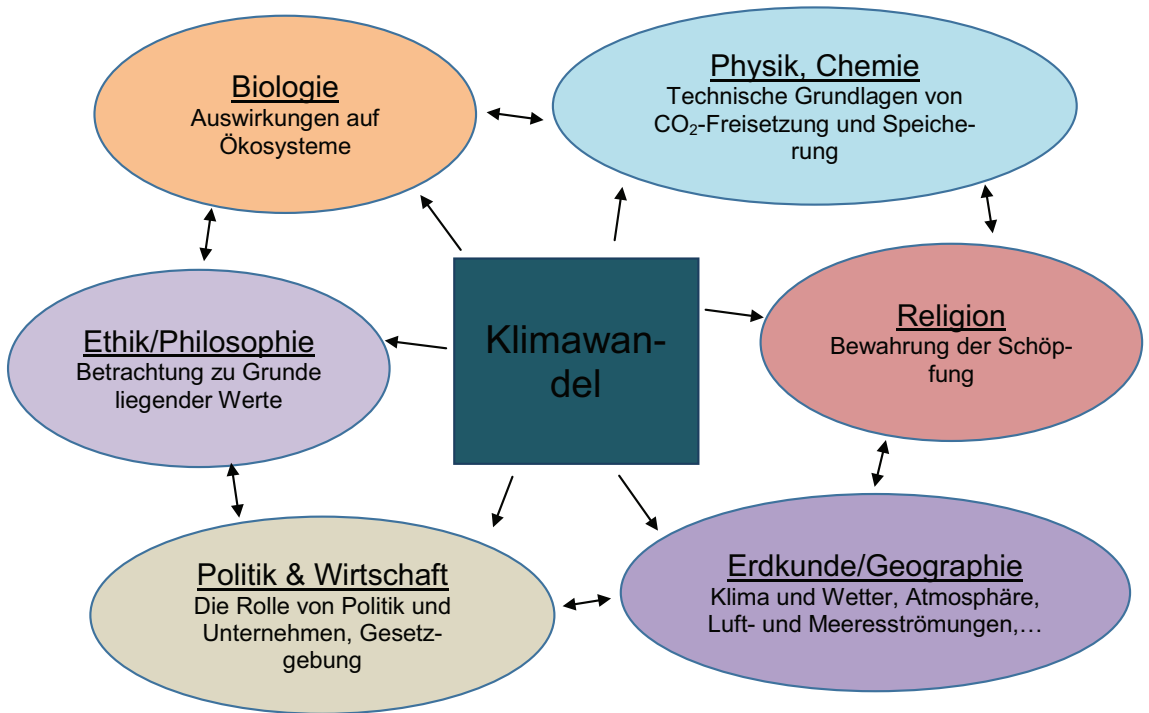


Abbildung 18: Fächerübergreifende Betrachtung des Themas Klimawandel, Anknüpfungspunkte in den verschiedenen Schulfächern.

2.5 Erkennen-Bewerten-Handeln: Theorien und Modelle zur Förderung von Bewertungskompetenz

Im Lernbereich Globale Entwicklung (also insbesondere auch im Rahmen der Bildung für Nachhaltige Entwicklung) ist die Kompetenz-Triade Erkennen-Bewerten-Handeln zentral, wie in Abschnitt 2.3.2 schon genauer ausgeführt wurde. Insbesondere die Kompetenzen Bewerten und Handeln stellen Lehrpersonen (und Lernende) vor besondere Herausforderungen, daher sollen diese beiden im Folgenden näher betrachtet werden (in 2.5 die Kompetenz Bewerten, in 2.6 Handeln). Für die Betrachtung der Bewertungskompetenz soll zunächst ein allgemeiner Blick in die Bildungsstandards geworfen werden, denn auch hier taucht diese auf. Danach wird Bewertungskompetenz speziell auf Bildung für Nachhaltige Entwicklung bezogen, schließlich soll das Göttinger Modell der Bewertungskompetenz nach Susanne Bögeholz (2007) und spezifische Methoden zur Förderung von Bewertungskompetenz näher betrachtet werden.

2.5.1 Bewerten als Kompetenzbereich im Fach Biologie und die Bedeutung im Rahmen einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Bewertungskompetenz taucht nicht nur in der Bildung für Nachhaltige Entwicklung auf, sondern ist eine der vier Kompetenzbereiche des Fachs Biologie. Bewerten umfasst nach den Formulierungen der Bildungsstandards für das Fach Biologie:

- das Entwickeln von Wertschätzung für die Natur und die gesunde Lebensführung.
- Diskursfähigkeit, die befähigt, an kontroversen Diskussionen teilzunehmen.
- ethische Urteilsbildung in Bezug auf Konflikte, die die eigene Person, andere Personen sowie die Umwelt betreffen.
- das Reflektieren der Grundsätze nachhaltiger Entwicklung und ethischer Denktraditionen.
- die Fähigkeit zum Perspektivwechsel im Prozess der Urteilsbildung (KMK 2005; Hößle 2007).

Dabei spielen insbesondere die eigenen Einstellungen eine Rolle, aber auch das Reflektieren verschiedener Rollenbilder und schließlich auch die Teilnahme am gesellschaftlichen Diskurs. Die Perspektivübernahme wird in den Bildungsstandards als besonders wichtig genannt, die zu übernehmenden Perspektiven reichen dabei von Freunden über Bevölkerungsgruppen, fremde Kulturen bis hin zu Dimensionen wie Gesetzgebung und Natur. Schließlich spielt auch die Bewertung von Handlungsmöglichkeiten nach ethischen Werten eine Rolle.

Hier zeigen sich bereits zahlreiche Verknüpfungen zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung. In diesem Rahmen bezeichnet Bewertungskompetenz die Fähigkeit, „sich in komplexen Problemsituationen begründet und systematisch bei unterschiedlichen Handlungsoptionen zu entscheiden, um kompetent am gesellschaftlichen Diskurs um die Gestaltung von Nachhaltiger Entwicklung teilhaben zu können“ (Bögeholz 2007). Diese Kompetenz kann als Grundlage für das zentrale Ziel Nachhaltiger Bildung, an Entscheidungsprozessen kompetent mitwirken zu können, betrachtet werden (vgl. Gestaltungskompetenz nach De Haan, Abschnitt 2.3.1). International wird daher statt von Bewertungskompetenz häufig auch von „*decision-making competence*“ gesprochen (Bögeholz 2007).

Bewertungskompetenz hat dabei (das verbirgt sich auch bereits im Wort selbst) immer auch etwas mit Werten zu tun. Rost et al. (2003) entwickelten einen Ansatz, der hauptsächlich darauf zielt, eigene Werte zu erkennen und auch zu reflektieren. Dabei wird insbesondere die Spannung zwischen univer-

sellen Werten (wie Gerechtigkeit oder Solidarität) und der Erfüllung persönlicher Bedürfnisse (wie denen nach Bequemlichkeit oder Luxus) betrachtet. Bögeholz (2007) betont hier auch die besondere Anforderung an einen Umgang mit dieser doppelten Komplexität.

Bewertungskompetenz bedeutet also auch, Werte und Positionen aus vielen verschiedenen Disziplinen einzubeziehen, vom Individuum über Unternehmen bis hin zur gesamten Gesellschaft. Auch hier muss in der Schule fächerübergreifendes Arbeiten (siehe auch Abschnitt 2.4) stattfinden, damit viele Perspektiven berücksichtigt werden können, die für die Beantwortung der komplexen Probleme und Fragestellungen eine Rolle spielen.

2.5.2 Moralische Urteilsfähigkeit – Sechs-Schritt-Methode

Man findet im Rahmen der Bewertungskompetenz viele verschiedene Begriffe: Bewerten, Urteilen, Entscheiden und weitere, die teils äquivalent verwendet werden, teils jedoch auch andere Schwerpunkte setzen. In diesem Abschnitt soll insbesondere auf die Moralische Urteilsfähigkeit und ein spezifisches Modell für ihre Förderung (nach Corinna Hößle 2007) eingegangen werden.

Die in Abschnitt 2.5.1 aufgeführten zentralen Elemente von Bewertungskompetenz nach den Bildungsstandards sind nach Hößle (2007) Kennzeichen eines „reflektierten moralischen Urteils“. Hößle stellt daher auch zur Diskussion, Bewerten und moralisches Urteilen synonym zu verwenden.

Zur Moralischen Urteilsfähigkeit gibt es in der Entwicklungspsychologie verschiedene Modelle. Das klassische Modell stammt von Piaget (1983). Piaget postulierte einen stufenweisen Wandel von heteronomer Moral des Kindes (also die Vorgabe von Moral und Normen von außen, zum Beispiel durch Autoritätspersonen) hin zu autonomer Moral des Jugendlichen und Erwachsenen (also die eigene Bestimmung von Moral und Normen). Auch Kohlberg (1974) postulierte ein Stufenmodell, er führt sechs Stufen in den folgenden drei Ebenen auf (nach Hößle 2007):

- Präkonventionelle Ebene (Lohn-und-Straf-Moral, Auge-um-Auge-Moral)
- Konventionelle Ebene („Was du nicht willst, das man dir tu“, das füg auch keinem anderen zu“/Good boy-nice girl-Moral, Rechte-und-Pflichten-Moral)
- Postkonventionelle Ebene (Prinzipien-und-Sozialvertrags-Moral, Moral im Sinne des kategorischen Imperativs nach Kant, also Orientierung an universellen und kommunikationsethisch fundierten Prinzipien).

Zentral bei Kohlberg ist sein konstruktivistischer Ansatz, also dass die Person nicht als passives Wesen, sondern als aktives Subjekt betrachtet wird, das sich seine eigene Moral konstruiert. Dazu benötigt es Konfrontation und Inter-

aktion mit der Umwelt (Hößle 2007), besonders ist dabei auch der kognitive Konflikt.

Hößle (2007) hat als Grundlage und Orientierungsraster für die Förderung von Urteilskompetenz im Unterricht ein Sechs-Schritt-Modell aufgestellt. Die Schritte dienen dabei als Kriterium zur Messung von moralischer Urteilsfähigkeit, aber auch als Lernziele für deren Förderung (Tab. 5).

Tabelle 5: Sechs-Schritt-Modell moralischer Urteilsfindung nach Hößle (2007).

Schritt	Inhalt
1	Definieren des präsentierten Dilemmas
2	Nennen von Handlungsoptionen
3	Nennen von ethischen Werten
4	Systematisieren von Werten
5	Reflektierte Urteilsfällung unter Berücksichtigung andersartiger Urteile
6	Nennen von Folgen

Auffallend ist bei diesem Modell die explizite Betrachtung von ethischen Werten. Wie dies im Rahmen von Schulunterricht erfolgen kann und was Werte überhaupt sind, wird daher im Folgenden betrachtet.

2.5.3 Bewerten, Urteilen, Entscheiden

2.5.3.1 Begriffsklärungen

Bewerten, Urteilen, Entscheiden – diese und weitere Begriffe werden für die Kompetenzerwartung im Rahmen von Bildung für Nachhaltige Entwicklung verwendet. Egal, welcher Begriff gerade im Mittelpunkt steht, zentral sind dabei immer Werte und Normen, Moral und Ethik. In diesem Abschnitt soll daher geklärt werden, was diese Begriffe explizit beschreiben.

Unter Moral versteht man individuelle und kollektive Vorstellungen und Überzeugungen, auf deren Grundlage Handlungen als gut oder schlecht bewertet werden (Bögeholz et al. 2004). Dies betrifft jeden einzelnen Menschen, jeder hat eine eigene Moral, handelt moralisch und trifft moralische Entscheidungen. Dabei wird Moral häufig bedeutungsgleich mit Ethik verwendet. Ethik jedoch ist der Moral übergeordnet, eine „Theorie der Moral“ (Bögeholz et al. 2004). Sie versucht, moralische Aussagen kritisch zu analysieren und auf rationaler Basis zu begründen. Ziel ist es auch, allgemeine Kriterien für die Verbindlichkeit von moralischen Werten und Normen aufzustellen. Pieper (1994) betont in diesem Zusammenhang, dass Ethik und Moral aus fachdidaktischer Sicht verschiedene Reflexionsniveaus ausdrücken: Eigene und fremde moralische Entscheidungen (Moral) sollen kritisch reflektiert werden, um reflektierte Urteile und Entscheidungen zu treffen (Ethik).

Zentral in Ethik und Moral sind Werte und Normen. Auch diese Begriffe werden häufig verwechselt, haben aber unterschiedliche Bedeutungen. Werte sind bewusste oder unbewusste Zielorientierungen, die Handlungen auslösen (z.B. Solidarität) (Bögeholz et al. 2004). Normen dagegen sind Handlungsorientierungen, die explizit Handlungen verbieten oder zu diesen auffordern (z.B. „Du sollst nicht stehlen“, „Du sollst für eine alte Dame in der Straßenbahn aufstehen“), Normen werden situationsspezifisch verwirklicht. Generell ist dabei zu beachten, dass es subjektive und allgemeingültige Werte und Normen gibt – nicht jede Norm muss also auch für jeden Menschen gelten bzw. von jeder Person angenommen werden.

In (biologie)-didaktischen Modellen tauchen noch zwei weitere Begriffe auf, die sich auf unterschiedliche Argumentationsweisen für Handlungsbegründungen beziehen: deontologisch und konsequenzialistisch-teleologisch. Deontologische Ansätze beziehen sich auf die Phase vor der Handlung, sie stützen sich auf Gesinnungen und Werte (Bögeholz et al. 2004). Im Mittelpunkt der Bewertung steht die Absicht und die mit ihr verbundenen Werte und nicht das Handlungsergebnis und die Folgen der Handlung. Selbst, wenn eine Handlung also negative Konsequenzen hat, kann sie moralisch richtig sein, wenn sie „richtigen“ Werten folgt (z.B. „Du sollst nicht lügen“, die Konsequenz der Ehrlichkeit ist ein Streit). Andersherum sieht es die konsequenzialistisch-teleologische Argumentationsweise. Hier steht nur die Phase nach der Handlung im Mittelpunkt, es werden die Konsequenzen betrachtet und auf deren Basis wird die Handlung moralisch beurteilt. Dabei gibt es auch Mischformen zwischen beiden Ansätzen. Diese beiden Begriffe tauchen zum Beispiel im Sechs-Schritt-Modell von Hößle (2007) auf, das in Abschnitt 2.5.2 (Tab. 5) aufgeführt ist. Schritt 4 des Modells, das Systematisieren von Werten, bezieht sich vor allem auf das Unterscheiden zwischen konsequenzialistischer und deontologischer Argumentationsweise (Bögeholz et al. 2004).

2.5.3.2 Ökologische Bewertungs- und Urteilskompetenz – 12 Bausteine nach Susanne Bögeholz (2006)

Für Bewertungskompetenz im Rahmen von Bildung für Nachhaltige Entwicklung wurde von Bögeholz & Barkmann (2003) ein Modell entwickelt: Die ökologische Bewertungs- und Urteilskompetenz. Es basiert auf der Ansicht, dass verantwortungsvolles Handeln im Rahmen von Nachhaltiger Entwicklung bedeutet, „jene Handlungs- und Gestaltungsoptionen auszuwählen, deren Folgen den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung entsprechen“ (Bögeholz et al. 2004). Ökologische Bewertungskompetenz hat dabei zwei zentrale Ziele: Erstens, zu einem rationalen und systematischen Umgang mit Komplexität und zweitens zur Lösung von Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung zu

befähigen (Bögeholz et al. 2004). Ökologische Bewertungskompetenz erfordert nach Bögeholz (2004):

1. Ökologisches Sachwissen
 1. Wissen um relevante Normen und Werte
 2. Unterscheidungsfähigkeit zwischen Fakten und Normen/Werten
 3. Bewertungsstrukturwissen

Um ökologische Bewertungskompetenz im Rahmen des Schulunterrichts zu fördern, wurde von Bögeholz (2006) eine Methode aus 12 Bausteinen entwickelt. Diese betreffen die Schritte des (ökologischen) Bewertungsprozesses und beziehen sich auf die oben genannten Ziele und Anforderungen. In Tabelle 6 sind die 12 Bausteine aufgeführt. Dabei können die Bausteine im Unterricht flexibel angewendet und kombiniert werden, je nach Thema und Klassenstufe sowie der gewünschten Intensität der explizit ethischen Betrachtungsweise. In Spalte 4 von Tabelle 6 ist dabei jeweils aufgeführt, wie dieser Baustein im Zusammenhang der Betrachtung von persönlicher Verkehrsnutzung (also Nutzung von Auto, ÖPNV, Fahrrad) im Rahmen der in dieser Arbeit ausgearbeiteten Unterrichtseinheit zum Thema Stadtbäume konkret aussehen könnte (vgl. Abschnitt 4.4.1).

Tabelle 6: Bausteine zur Förderung von ökologischer Bewertungs- und Urteilskompetenz (nach Bögeholz 2006).

	Bausteine	Beispielfragen	Am Beispiel Persönliche Verkehrsnutzung
1	Gestaltungsaufgaben	Worin besteht die zu lösende Gestaltungsaufgabe?	Wie können Mobilität und Klimaschutz in Einklang gebracht werden?
2	Erarbeiten relevanter Normen und Werte	Welche Normen und Werte werden berührt?	Finanzielle Interessen, Bequemlichkeit, Klimaschutz, Lebenswerte Stadt usw.
3	Vorüberlegungen zum Sachmodell und Datenerhebung	Welche ökologischen, ökonomischen und sozialen Daten sollen erhoben werden?	Evtl. Erhebung von Nutzungsdaten, Schadstoffausstoß
4	Klärung individueller Werte, Normen und Gestaltungsziele	Welches sind meine subjektiven Werte, Normen und Gestaltungsziele?	Worauf möchte ich persönlich hinaus? (z.B. schnelle Fortbewegung)
5	Definition eines gemeinschaftlich getragenen Gestaltungsziels	Auf welches Gestaltungsziel können wir uns einigen?	Gemeinsames Ziel: Welche Verkehrsmittel sollte der Einzelne möglichst nutzen? (Wie kann das gefördert werden?)

6	Bestimmen/Entwerfen möglicher Gestaltungsoptionen	Welche Gestaltungsmöglichkeiten bzw. Lösungsalternativen gibt es?	Persönlichen Plan aufstellen für eigene Nutzung, Vorschläge für die Stadt: Ausbau von Linien, Preissenkungen
7	Kriterien aus Ziel ableiten, Messvorschrift bestimmen	Welche Kriterien sind für das Ziel zu berücksichtigen? Wie wollen wir sie messen?	-
8	Erstellen einer Sachmodell-Tabelle	Welche Daten der Kartierung brauchen wir?	-
9	Einigung auf Wertmodell: Gewichtungsfaktor, Berechnungs- und Verknüpfungsvorschrift	Wie sollen Kriterien ausgewählt, gewichtet und verknüpft werden?	Wie sind verschiedene Handlungsmöglichkeiten zu beurteilen? Was ist dabei wichtiger (Bequemlichkeit, Preis, Klimaschutz)? Auf dieser Basis kann eine Gewichtung stattfinden.
10	Erstellen einer Bewertungstabelle	Welche Berechnungsergebnisse ergeben sich für jede Zeile?	Evtl. Berechnung der Gewichtungsergebnisse
11	Ermittlung einer Rangfolge unter den Gestaltungsoptionen	Welche Gestaltungsmöglichkeiten sind welchen Alternativen vorzuziehen?	Handlungsmöglichkeiten in Reihenfolge bringen (z.B. 1 „Häufiger Straßenbahn nutzen“, 2 „Eine E-Mail an die Stadtverordneten schreiben“, ..., 10 „Aus Bequemlichkeit weiter häufig das Auto nutzen“)
12	Kritische Diskussion des Bewertungsergebnisses und –prozesses, ggf. erneuter Wiedereinstieg in das Bewertungsverfahren	Sind die Bewertung und deren Ergebnis tragfähig? Wo müssen wir es vielleicht anders machen?	Rückblickende Betrachtung der Handlungsmöglichkeiten und ihrer Umsetzung

2.5.3.3 Das Göttinger Modell der Bewertungskompetenz

Susanne Bögeholz (2007) entwickelte ein eigenes Modell zur Bewertungskompetenz (im Kontext Nachhaltiger Entwicklung), das sogenannte Göttinger Modell. Bewertungskompetenz besteht nach diesem Modell aus vier Teilkompetenzen. In diesem Abschnitt soll zunächst das dafür grundlegende entschei-

dungstheoretische Modell betrachtet werden, danach werden die Teilkompetenzen näher aufgeführt.

Dem Göttinger Modell der Bewertungskompetenz nach Bögeholz (2007) liegt ein Metamodell der Entscheidungsfindung zu Grunde, das von Betsch und Haberstroh (2005) entwickelt wurde. Nach diesem Modell besteht der Prozess der Entscheidungsfindung aus drei Phasen: In der präselektionalen Phase steht die Identifikation eines Entscheidungsproblems, die Generierung von Optionen und die Informationssuche und -verarbeitung im Mittelpunkt. In der selektionalen Phase finden Bewertung und Entscheidung statt. In der postselektionalen Phase schließlich erfolgt die Implementation der Handlungsintention. Für das Göttinger Modell der Bewertungskompetenz sind die präselektionale und selektionale Phase relevant. Die präselektionale Phase endet in einer anhand von relevanten Optionen und Kriterien aufgearbeiteten Entscheidungssituation (Bögeholz 2007), die selektionale Phase umfasst dann den Weg zur Entscheidung.

Bei der Entscheidungsfindung gibt es mehrere Strategien, die angewendet werden (Bögeholz 2007). Bei einer kompensatorischen Vorgehensweise werden verschiedene Optionen abgewogen, wobei eine negative Ausprägung einer Option durch eine positive Ausprägung wieder aufgehoben werden kann (Beispiel: Elektroautos benötigen Batterien, deren Produktion umweltschädlich ist. Elektroautos stoßen aber gleichzeitig keine schädlichen Gase aus, ihr Strom kann umweltfreundlich produziert werden.). Bei einer non-kompensatorischen Vorgehensweise gibt es dagegen einen gewissen Schwellenwert an negativen Ausprägungen, ab dem Optionen ausgeschlossen werden (auch wenn sie positive Ausprägungen besitzen) (Beispiel: Die Produktion der Batterien für Elektroautos ist so schädlich für Mensch und Umwelt, dass sie trotz ihrer positiven Aspekte abzulehnen sind.). Neben diesen beiden Strategien kommt es jedoch in der Praxis häufig auch zu intuitiven oder rechtfertigenden Entscheidungen (Haidt 2001). Diese basieren nicht auf einem systematischen Entscheidungsprozess. Im Bildungskontext wird die Befähigung zur Verwendung von Entscheidungsstrategien (jenseits intuitiven und rechtfertigenden Entscheidens) angestrebt (Bögeholz 2007).

Basierend auf diesem Bildungsziel und dem Modell der Entscheidungsfindung nach Betsch und Haberstroh (2006) wurden von Bögeholz (2007) vier Teilkompetenzen für die Bewertungskompetenz aufgestellt, die das Göttinger Modell bilden. Diese Teilkompetenzen sind:

- Kennen und Verstehen von Nachhaltiger Entwicklung
- Kennen und Verstehen von Werten und Normen: Reflektierter Einbezug von ethischem Basiswissen in die Lösung von Gestaltungssituationen Nachhaltiger Entwicklung

- Generieren und Reflektieren von Sachinformationen (präselektionale Phase im Modell der Entscheidungsfindung): angemessene Zusammenstellung entscheidungsrelevanter ökologischer, ökonomischer und sozialer Sachinformationen und deren Hinterfragung
- Bewerten, Entscheiden und Reflektieren (selektionale Phase im Modell der Entscheidungsfindung): Durchführen von systematischen Entscheidungsstrategien

Den Teilkompetenzen werden im Modell noch spezifische Kompetenzerwartungen auf vier Niveaus zugeordnet (Niveaustufen basieren zum Beispiel darauf, wie viele Kriterien bei der Bewertung mit einbezogen werden und inwieweit normative Entscheidungen reflektiert werden). Auf die expliziten Formulierungen dieser Kompetenzerwartungen soll hier jedoch nicht genauer eingegangen werden.

2.5.3.4 Schülervorstellungen und Argumentationsstrukturen bei der Betrachtung von ökologisch-sozialen Dilemmata

Eine besondere Rolle bei der Bewertung von Problemen und Handlungsalternativen in der Umweltbildung spielen ökologisch-soziale Dilemmata. Dieser Begriff bezieht sich darauf, dass bei vielen Problemen nicht nur ökologische Aspekte eine Rolle spielen, sondern auch ökonomische und besonders soziale Aspekte mit in eine Bewertung einbezogen werden müssen. Menzel und Bögeholz (2006) haben dazu Schülervorstellungen und Argumentationsstrukturen bei ökologisch-sozialen Dilemmata untersucht. Die Ergebnisse dieser Interviewstudie in der 11. Klassenstufe weisen auf verschiedene prominente Argumentationsstrukturen der Schüler*innen hin. Diese liegen auf der Ebene der subjektiven Theorie, einer komplexen und schwer zu verändernden Ebene der Schülervorstellungen, die für Schüler*innen handlungsleitend ist. Die Befragten sollten das Dilemma der Gefährdung des Boldo (*Peumus boldus*) betrachten. Die Bestände dieser chilenischen Medizinalpflanze sind in ihrer Heimat gefährdet, der Grund dafür liegt unter anderem in vermehrtem Export auf den europäischen Markt (Menzel & Bögeholz 2006). Die Befragten sollten dabei besondere Probleme und Handlungsalternativen formulieren. Sie ließen sich meist einem von zwei Typen zuordnen: Entweder sie bezogen sich bei der Betrachtung des ökologisch-sozialen Dilemmas nur auf ökologische Aspekte oder sie bezogen auch soziale Aspekte mit ein. Auffällig war dabei, dass nur solche Schüler*innen, die bei ihrer Bewertung soziale Aspekte mit einbezogen, zur Perspektivübernahme fähig waren. Nur sie erkannten beispielsweise an, dass die Ernter*innen aus Armut und Hunger dazu gezwungen sind, die Pflanze zu ernten, obwohl sie sich der ökologischen Folgen durchaus bewusst sein könnten. Diese Argumentationsebene fehlte bei Schüler*innen, die sich dem rein ökologisch argumentierenden Typus zuordnen ließen. Häufig fehlte

auch das Bewusstsein für die eigene Rolle als Konsument*in und mögliche eigene Handlungsalternativen. Die Ergebnisse weisen besonders auf die Relevanz eines interdisziplinären Vorgehens bei der Bildung für Nachhaltige Entwicklung hin (vgl. Abschnitt 2.4), dabei sollten ökologische, soziale und ökonomische Aspekte bei der Betrachtung eine Rolle spielen und realistische eigene Handlungsperspektiven aufgezeigt werden (Menzel & Bögeholz 2006).

2.6 Erkennen-Bewerten-Handeln: Theorien und Modelle zur Förderung von Handlungskompetenz

Das Feld der Kompetenz Handeln ist nicht klar definiert, es gibt viele verschiedene Ansätze zur Frage, wie aus einer fundierten Bewertung eine Handlung wird (und warum die Handlungen in vielen Alltagssituationen den Bewertungen widersprechen). In diesem Abschnitt soll daher auf verschiedene Modelle zum Handeln (und zu seinem Entstehen) eingegangen werden. Dafür werden in Abschnitt 2.6.1 zunächst Einstellungen thematisiert, die Auswirkungen auf Handlungen, aber auch auf den Biologieunterricht als Ganzes haben. Danach (2.6.2) werden das kognitive Handlungsmodell nach Andreas Ernst (1997) und die Schwierigkeiten bei der zur Bewertung passenden Umsetzung von Handlungen im Umweltbereich thematisiert. Schließlich wird in Abschnitt 2.6.3 auf das integrierte Handlungsmodell nach Rost et al. (2001) eingegangen.

2.6.1 Einstellungen

Handlungen (und Bewertungen) liegt häufig neben ausgearbeiteten Kriterien noch etwas anderes zu Grunde: Einstellungen. Der Begriff der Einstellung wird dabei in vielen Variationen und Bedeutungen verwendet, dabei entspricht die Alltagsbedeutung nicht immer der sozialpsychologischen Bedeutung. Daher soll zunächst klargestellt werden, was man unter Einstellungen versteht und welche Komponenten sie aufweisen.

Der Begriff Einstellung bezeichnet die Bereitschaft eines Individuums (basierend auf Erfahrungen), in bestimmter Weise auf eine Person, ein Objekt oder eine Situation wertend zu reagieren (Gerrig & Zimbardo 2008). Dabei bestehen Einstellungen aus drei Komponenten: Kognition, Affektion und Verhalten (Eagly & Chaiken 1993). Man kann also feststellen, dass Einstellungen zwar auch auf Wissen und Erfahrungen basieren, aber auch emotionale (affektive) Aspekte aufweisen. Dabei stellt Seel (2003) die These auf, dass die affektiven Komponenten umso stärker sind, je weniger Erfahrungen eine Person mit dem Einstellungsgegenstand hat.

Einstellungen können als Mediator zwischen vorangehenden Reizen und nachfolgendem Verhalten betrachtet werden, was jedoch durch eine in empirischen Studien schwach ausgeprägte Einstellungs-Verhaltens-Korrelation in

Frage gestellt wird (Upmeyer zu Belzen 2007). Die Theorie des geplanten Verhaltens nach Graf (2007) sieht als vermittelndes Konstrukt zwischen Einstellung und Verhalten die Verhaltensintention (die von Einstellungen und sozialen Normen abhängt). Einstellungen können jedoch auch stark mit dem Verhalten korrelieren, dies wird umso stärker, je wichtiger die Einstellung für eine Person ist, vor allem auch, wenn die Einstellung auf direkten Vorerfahrungen basiert (Regan & Fazio 1977).

Auch in der Schule spielen Einstellungen eine große Rolle. Schülereinstellungen lassen sich aus beobachtbaren Handlungen und verbalen Äußerungen abschätzen (Bachmair 1969). Diese Einstellungen (und die der Lehrpersonen) beeinflussen den Unterricht, aber der Unterricht ist auch Entwicklungsraum für kognitive und affektive Komponenten von Einstellungen. Die Entwicklung von Einstellungen wird allgemein als Erziehungsauftrag der Schule betrachtet. In der Sekundarstufe I konnten von Upmeyer zu Belzen (2007) vier Einstellungsausprägungen bei Schüler*innen identifiziert werden:

1. Der „Lernfreude-Typ“: Schulische Aspekte stehen in einem positiven Kontext, viel Freude am Lernen und am Biologieunterricht.
2. Der „Zielorientierte Leistungs-Typ“: Grundsätzlich positive Lernbereitschaft, Bejahung von Lerninhalten, erwarten gut strukturierten Biologieunterricht, in dem viel gelernt werden kann.
3. Der „Gelangweilte-Typ“: Schule und Lernen machen nicht viel Freude, Langeweile entsteht durch Unterforderung oder uninteressante Aufbereitung von Lerninhalten.
4. Der „Frustrierte-Typ“: Allgemein negative Einstellung zur Schule, kein Spaß am Biologieunterricht.

Auch die Einstellungen von Lehrpersonen haben große Auswirkungen auf den Unterricht. Neuhaus und Vogt (2005) konnten Biologielehrer*innen drei Gruppen zuordnen:

1. Der „Pädagogisch-Innovative Typ“: Starke Betonung der sozialen Funktion von Unterricht, weniger als fachlicher Ansprechpartner, lehnt bewährte Methoden stärker ab, hält Alltagsbezug für nötig.
2. Der „Fachlich-Innovative Typ“: Experimenteller Biologieunterricht, starker fachlicher Ansprechpartner, soziale Funktion von Unterricht ist weniger wichtig.
3. Der „Fachlich-Konventionelle Typ“: Probiert weniger neue Dinge im Unterricht aus, starker fachlicher Ansprechpartner, lehnt bewährte Methoden am wenigsten ab.

Analysierte Unterrichtsvideos zeigen, dass die Einstellungstypen von Biologielehrpersonen Auswirkungen auf ihr Unterrichtsverhalten haben, im Unterricht des Pädagogisch-Innovativen Typs finden beispielsweise mehr Phasenwech-

sel statt und es gibt immer mindestens eine Phase mit eigenständiger Schüleraktivität.

2.6.2 Schwierigkeiten und Möglichkeiten von kompetentem Handeln bei Umweltproblemen

Besonders bei Umweltfragen ist der Widerspruch zwischen Bewertung und Handlung groß. In diesem Abschnitt soll der Frage nachgegangen werden, warum das so ist und wie man diesem Widerspruch entgegensteuern könnte.

Ein Charakteristikum von Umweltproblemen ist, dass sie verhältnismäßig komplex sind, das heißt, dass viele Variablen (Akteur*innen, Länder, Ökosysteme) miteinander in Beziehung stehen und das System eine Eigendynamik besitzt und dadurch intransparent erscheint (Ernst 2008). Problematisch ist hier, dass die Problemlösefähigkeit des Menschen darauf zielt, Kontrolle zu bewahren und daher aus Selbstschutz an solch vernetzte Probleme zu monokausal und lokal herangeht. Hinzu kommen Schwierigkeiten beim Erfassen von nicht-linearen Zeitabläufen (wie exponentiellem Wachstum) (Ernst 2008). Eine Rolle spielt daneben auch die menschliche Risikowahrnehmung. Umwelthandlungen sind häufig zukunftsbezogen und haben sowohl Risiken als auch Chancen, gerade Katastrophenmeldungen führen zum Umdenken. Der Mensch schätzt jedoch ein Risiko kurz nach der Katastrophe als besonders hoch ein, eine gewisse Zeit danach sinkt diese Einschätzung und fällt sogar unter einen objektiv angemessenen Wert. Dies führt dazu, dass (Umwelt-)Probleme kurzzeitig als besonders wichtig wahrgenommen werden, dann aber fast völlig aus der öffentlichen Debatte verschwinden (Beispiel: Atomkatastrophe in Fukushima) (Ernst 2008). Bei Umweltproblemen gibt es außerdem nach Ernst (2008) mehrere Dilemmata bei der Entscheidungssteuerung:

- Die soziale Falle: Kosten und Nutzen sind ungleich über Personengruppen verteilt, die eine Ressource gemeinsam nutzen (Beispiele: Klimahaushalt, Seltene Erden, Regenwaldabholzung).
- Die Zeitfalle: Nutzen aus der Ausbeutung einer Ressource fällt sofort an, Kosten aber erst später (Beispiel: Regenwaldabholzung).
- Die räumliche Falle: Nutzen entsteht vor Ort, Kosten dagegen woanders (Beispiel: Müllverbrennungsanlagen).
- Die Sicherheits- oder Vulnerabilitätsfalle: Hauptverursacher der Klimaprobleme finanzieren mit den dadurch erwirtschafteten Mitteln ihren Schutz, arme Länder haben eine erhöhte Verletzbarkeit (Vulnerabilität).

Daneben spielen auch unsere Konsumgewohnheiten eine große Rolle, die häufig nur schwierig langfristig zu ändern sind. Man kann generell drei Typen von „Fallen“ feststellen, die den Entscheidungsprozess behindern: Kognitive Fallen (Komplexität, Risikobereitschaft), Motivationale Fallen (Dilemmata) und

Volitionale Fallen (Gewohnheiten). Abbildung 19 zeigt das kognitive Handlungsmodell nach Ernst (1997) und die Punkte, an denen diese Fallen wirken.

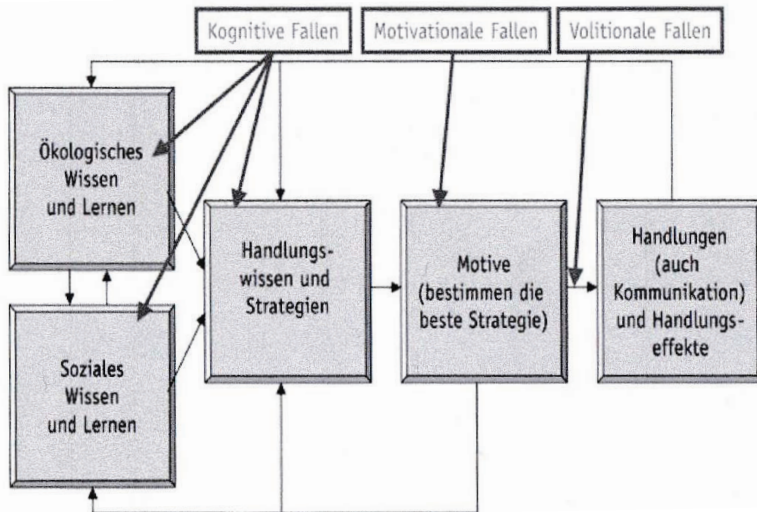


Abbildung 19: Kognitives Handlungsmodell nach Andreas Ernst (1997)

Auf dieser Basis stellt sich nun die Frage, wie man kompetentes Handeln möglich machen kann, wie man die Wirksamkeit dieser Fallen also verringern kann. Die kognitiven Fallen sind dabei Ziel der klassischen Wissensvermittlung, aber auch der Kompetenz zum Wissenserwerb und angemessener Wahrnehmung (Ernst 2008). Um Zeitfallen entgegenzuwirken, ist eine relativ unmittelbare zeitliche Nähe der Rückmeldung über Handlungskonsequenzen dienlich. Daneben sollten schleichende und zeitlich und räumlich entfernte Konsequenzen möglichst transparent und sichtbar gemacht werden. Risiken können auf bildliche Weise oder metaphorisch besser sichtbar gemacht und ins Bewusstsein gerufen werden. Besonders im Rahmen motivationaler Fallen ist eine Steuerung durch Anreize (also Gebote, marktwirtschaftliche Instrumente und soziale Anreize) sinnvoll, zum Beispiel eine preisliche Beeinflussung (Ernst 2008). Und Gewohnheiten kann man schließlich zum Beispiel dadurch aufweichen, dass neue Umwelten unterstützt und erleichtert werden, das heißt, dass positives Verhalten so nahe liegt, dass es zur neuen Gewohnheit wird (Beispiel: Die Energiesparoption eines Haushaltsgeräts ist die bequemste Einstellung, da sie ab Werk voreingestellt ist).

Diese Punkte sollten auch für einen Biologieunterricht von Relevanz sein, der auf Bewerten und Handeln zielt. Wenn Schüler*innen Umwelthandlungen tätigen (zum Beispiel Müll einsammeln, Energie sparen, Ernährung ändern), dann sollte eine zeitnahe (positive) Rückmeldung erfolgen, bei negativem Verhalten

kann zum Beispiel sichtbar gemacht werden, worin es resultiert. Langfristige Risiken können immer wieder ins Bewusstsein geholt werden, damit die Risiko einschätzung nicht abflacht. Und nicht zuletzt spielt die Wissensvermittlung eine zentrale Rolle, damit die Schüler*innen mit den vernetzten Problemen umgehen können.

2.6.3 Das integrierte Handlungsmodell

Andreas Ernst (2008) sieht drei Typen von Fallen als besonders zentral bei der Beeinflussung einer Handlung: Kognitive, motivationale und volitionale Fallen. Die letzteren beiden spielen auch im integrierten Handlungsmodell nach Rost et al. (2001) eine große Rolle, das Elemente aus verschiedensten Theorien zu integrieren versucht. Das Modell gliedert sich in drei handlungsvorbereitende Phasen: Die Motivationsphase, die zur Ausbildung eines Handlungsmotivs führt, die Intentions- oder Handlungsauswahlphase, die in der Handlungsabsicht resultiert und die Volitionsphase, die zur Konkretisierung und Auslösung der Handlung führt (Schlüter 2007) (Abb. 20).

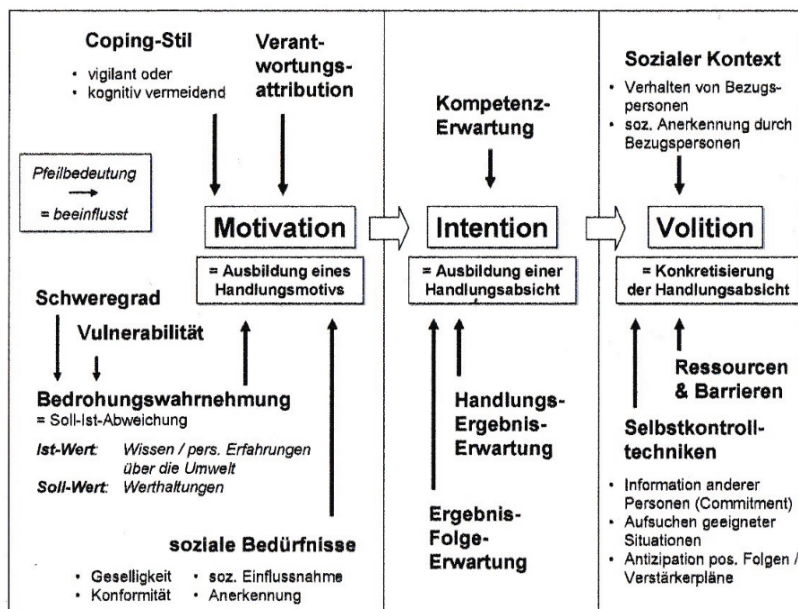


Abbildung 20: Integriertes Handlungsmodell nach Rost et al. (2001)

Wie im Modell dargestellt, nehmen auf die drei Phasen jeweils verschiedene Aspekte Einfluss. Auf die Motivationsphase nehmen vier Faktoren Einfluss: Bedrohungswahrnehmung, der Coping-Stil, Verantwortungsattributionen (also die Übernahme von Verantwortung für die Lösung eines Problems) und soziale Bedürfnisse (Schlüter 2007). Coping bezeichnet dabei strategisches Bewäl-

tigungsverhalten und umfasst Strategien zur Verarbeitung wahrgenommener Bedrohungen. Dabei kann man zwei Typen feststellen: Vigilanz und kognitive Vermeidung (Krohne 1991). Beim vigilanten Coping-Typ werden als bedrohlich wahrgenommene Informationen noch stärker aufgenommen und verarbeitet, es kommt also leichter zur Ausbildung eines Handlungsmotivs. Beim kognitiv vermeidenden Typ wird die Aufmerksamkeit dagegen von der Bedrohung abgelenkt, die Ausbildung eines Handlungsmotivs wird verhindert (Schlüter 2007).

Auf die Intensionsphase haben vor allem die Erwartungskognitionen einen Einfluss, dies sind subjektive Erwartungen, die sich auf der Basis von Erfahrungen herausgebildet haben (Schlüter 2007). Man unterscheidet dabei drei Typen: Die Handlungs-Ergebnis-Erwartung beschreibt die Erwartung einer Person, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Handlung zum Ergebnis führt. Die Ergebnis-Folge-Erwartung beschreibt die Erwartungen, die eine Person an die (langfristigen) Folgen eines Handlungsergebnisses stellt. Schließlich beschreibt die Kompetenzerwartung, ob eine Person sich die Fähigkeit zutraut, eine beabsichtigte Handlung durchzuführen.

Auf die dritte Phase des Handlungsmodells, die Volitionsphase, haben ebenfalls drei Faktoren wesentlichen Einfluss: Sozialer Kontext (also das vermutete Verhalten von Bezugspersonen und Aspekte von sozialen Normen), situative Ressourcen oder Barrieren (Anreize und Kosten) und Selbstkontrolltechniken (also die Techniken, die eine Person anwendet, um eine gewünschte Handlung herbeizuführen, zum Beispiel, sich selbst Belohnungen für erwünschtes Verhalten zu geben) (Schlüter 2007).

Dieses Modell und das kognitive Handlungsmodell nach Ernst (Abschnitt 2.6.2) helfen, zu verstehen, warum sich Handlungen und Bewertungen oft so deutlich widersprechen und welche Faktoren genau Einfluss nehmen auf den Handlungsprozess. Dies kann Auskunft darüber geben, wo Ansatzpunkte liegen können, um Schüler*innen darin zu fördern, ihr Handeln an ihre Bewertungen anzupassen. Dabei ist zu beachten, dass viele der Faktoren nicht oder kaum von der Lehrperson beeinflussbar sind, jedoch kann neben der Wissensvermittlung vor allem auch über den sozialen Kontext Einfluss genommen werden, indem man für soziale Anerkennung für Umwelthandlungen sorgt (dafür reicht es oft schon, Schüler*innen zu verdeutlichen, warum diese Handlungen gut sind) und auch selbst als Bezugs- und Autoritätsperson mit positivem Beispiel vorangeht und entsprechende Handlungen der Schüler*innen lobt.

2.7 Umweltbewusstsein in der Bevölkerung

Nachdem mehrere Handlungsmodelle und einflussnehmende Faktoren näher beleuchtet wurden, soll nun ein Blick darauf geworfen werden, wie es mit dem Umweltbewusstsein der Jugendlichen in Deutschland wirklich steht und welche aktuellen sozialen Bewegungen es gibt, die Umweltbewusstsein ausdrücken und schaffen.

2.7.1 Aussagen des Jugendreports 2010

Die Organisation Natursoziologie untersucht regelmäßig an Hand von Befragungen von Schüler*innen in der sechsten und neunten Klasse aller Schulformen, welche Bezüge die Jugendlichen zur Natur haben. Im Rahmen des Jugendreports 2010 (Brämer 2010) wurden über 3000 Schüler*innen zu Themen wie Astronomie, Biologie, Ernährung und der eigenen Einstellung und Verhaltensweise im Bezug zur Natur gefragt. Dabei wurde auch das Wissen im Bereich Nachhaltiger Entwicklung abgefragt, dies fand beim aktuelleren Jugendreport 2016 (Brämer et al. 2016) nicht mehr so ausführlich statt.

Nur 4 % der Befragten haben die Frage, ob sie schon einmal an Bildung für Nachhaltige Entwicklung teilgenommen haben, klar mit „Ja“ beantworten, 25 % waren sich unsicher. Auf die Frage „Was fällt dir spontan zu Nachhaltigkeit ein?“ wussten 49 % der Befragten keine Antwort. Daneben herrscht aber durchaus ein gewisses Bewusstsein für die Folgen von eigenen Handlungen auf die Natur. Auf die Frage, ob es schädlich für die Natur ist, jeweils das neueste Handy-Modell zu erwerben, antworteten 48 %, dass es schädlich ist und 86 % der Befragten finden es wichtig, die Umwelt nicht mit Müll zu verschmutzen. 84 % der Befragten ist es wichtig, die Artenvielfalt zu schützen. Aufschlussreich sind auch die Antworten der Jugendlichen zu ihrer Freizeitgestaltung: 47 % verbringen ihre Freizeit regelmäßig draußen im Grünen, 74 % würden gerne „unbekannte Landschaften erkunden“. Dies spricht dafür, dass ein Interesse an der Natur durchaus vorhanden ist, dieses jedoch häufig nicht ausgelebt wird.

Generell kann man aus den Befragungen des Jugendreports schließen, dass die meisten Schüler*innen eine gewisse Fremde zur Natur aufweisen, gleichwohl aber interessiert sind. Gerade landwirtschaftliche Themen werden unrealistisch eingeschätzt (nur 32 % der Befragten wussten, dass ein Huhn nur ein Ei am Tag legt), wahrscheinlich wegen der großen Distanz der Jugendlichen zu diesen Feldern. Auch das Thema Nachhaltigkeit ist bei weitem nicht allen Befragten bekannt bzw. wird von ihnen richtig eingeschätzt. Dies bietet einen Anknüpfungspunkt für Bildung für Nachhaltige Entwicklung, die einerseits über die Natur, aber auch über Themen der Nachhaltigkeit und Handlungsmöglichkeiten in diesem Feld aufklären soll.

2.7.2 Aktuelle Entwicklungen

Umweltbewusstsein und Handlungen in diesem Kontext lassen sich momentan in einer Vielzahl von gesellschaftlichen Bewegungen beobachten, auch direkt in Kassel. Allen voran sei hier die „Fridays for future“-Bewegung, ausgelöst durch die Aktionen und Äußerungen von Greta Thunberg, zu nennen (www.fridaysforfuture.de). Hunderttausende Schüler*innen gehen in diesem Rahmen jede Woche weltweit auf die Straße, um für einen effektiveren Klimaschutz und mehr Bewusstsein für die Klimaproblematik zu kämpfen, auch in Kassel zieht diese Bewegung tausende Schüler*innen auf die Straße. Angegeschlossen haben sich auch bereits Eltern und Forscher*innen, die die Aktivist*innen unterstützen. Nennenswert ist auch der „Radentscheid“ (www.radentscheid-kassel.de), der in mehreren Städten wie Darmstadt, Frankfurt am Main und Kassel durchgeführt wurde. Im Rahmen des Radentscheids wurden (zehntausende) Unterschriften dafür gesammelt, die Radinfrastruktur auszubauen und Radfahren zu einer sichereren und schnelleren Alternative zum Auto zu machen. Allein in Kassel wurden über 21000 Unterschriften gesammelt, was für ein vorhandenes Umweltbewusstsein in der Bevölkerung spricht. Ganz aktuell gibt es in Kassel daneben auch die Bewegung „Verkehrswende Jetzt!“ (verkehrswende-jetzt.de), die ebenfalls für eine autofreiere Stadt (also für einen Ausbau von Radinfrastruktur und öffentlichem Nahverkehr) kämpft. Diese Initiativen deuten darauf hin, dass für solche Themen ein gewisses Bewusstsein herrscht. Auch in der entwickelten Unterrichtseinheit wird das persönliche Verkehrsverhalten thematisiert werden.

Doch neben Demonstrationen und Volksentscheiden gibt es auch noch weitere soziale Bewegungen, die für ein Umweltbewusstsein in Kassel sprechen. Dazu gehört das Projekt „Essbare Stadt“, die sich für die Pflanzung von Obst- und Gemüsesorten einsetzt und diese auch mit zahlreichen ehrenamtlichen Akteur*innen durchführt, allein in Kassel an über 10 Standorten (<https://essbare-stadt.de/wp/>). Regelmäßig finden im Rahmen dieser und anderer Bewegungen Aktionen statt, in denen Samenmischungen ausgestreut werden, um die Stadt grüner und insektenfreundlicher zu machen, aber vor allem auch, um auf das Thema aufmerksam zu machen. Auch von offizieller Seite werden entsprechende Aktionen durchgeführt, so verteilt das Kasseler Umwelt- und Gartenamt regelmäßig bei öffentlichen Veranstaltungen wie dem Tag der Erde Samenmischungen für insektenfreundliche Blühwiesen. Schließlich ist auch noch der „Stadthonig“ zu nennen, der mittlerweile in vielen Städten von Imker*innen produziert wird (<https://www.kassel-stadthonig.de/>). Wie im fachlichen Teil dieser Arbeit bereits ausgeführt, ist die Biodiversität in der Stadt häufig höher als auf dem Land, sodass Bienen hier eine vielfältigere Nahrung finden und die Honigproduktion problemlos möglich ist.

3. Zielsetzung der Arbeit

Ein Blick auf aktuelle gesellschaftliche und politische Bewegungen und auf immer neue Hiobsbotschaften der Vereinten Nationen zu den Auswirkungen des Klimawandels (beispielsweise in einem im März 2019 veröffentlichten Bericht, der bis 2100 die Leben von Milliarden Menschen durch Auswirkungen des Klimawandels als gefährdet ansieht) (tagesschau.de 2019) verdeutlicht die Relevanz des Themas „Klimawandel“ für die heutige Gesellschaft. Da die Schule die Schüler*innen zu mündigen Bürger*innen erziehen soll, die am gesellschaftlichen Diskurs teilnehmen und sich (kritisch) Informationen beschaffen können, ist eine Behandlung des Themenfelds Klimawandel daher auch von großer Relevanz für die Schule. Aktuelle Bewegungen wie Fridays for Future (siehe Abschnitt 2.7.2) und konkrete Projekte in den Städten verstärken die persönliche Relevanz für die Schüler*innen noch zusätzlich.

Daneben ist Bewertungskompetenz ein wichtiger Kompetenzbereich des Biologieunterrichts, dessen Förderung gut durchdacht sein muss (siehe Abschnitt 2.5). Bewertungskompetenz spielt bei der Bildung für Nachhaltige Entwicklung eine besonders wichtige Rolle (siehe Abschnitte 2.1 und 2.2), sie ist dabei Teil der Kompetenztriade Erkennen-Bewerten-Handeln. Dies führt auf die große Relevanz der Handlungskompetenz, die insbesondere im Bereich Umweltschutz eine wesentliche Rolle spielt. Dennoch besteht häufig eine große Diskrepanz zwischen den Einstellungen und Bewertungsergebnissen von Individuen und ihren tatsächlichen Handlungen (siehe Abschnitt 2.6).

Ziel dieser Arbeit ist es also, eine Herangehensweise zu entwickeln, die eine zeitgemäße und der Relevanz des Themas „Klimawandel“ angemessene Auseinandersetzung in der Schule ermöglicht. Dabei steht die Förderung von Bewertungskompetenz im Mittelpunkt (siehe Abschnitt 2,5). Zusätzlich soll bei den Schüler*innen ein Bewusstsein für die durch den Klimawandel verursachten Probleme vor der eigenen Haustür geschaffen werden. Einen geeigneten Ansatzpunkt hierfür bietet das Thema Stadtbäume, da dieses Themengebiet in Zeiten des Klimawandels sehr wichtig ist, wie aktuelle Projekte von Städten (darunter auch Kassel) zeigen (siehe Abschnitte 1.3 und 1.4). Dieses Thema zeigt den Schüler*innen besonders gut die lokalen Auswirkungen des Klimawandels, da sie die Schadbilder an den Bäumen im Alltag häufig sehen. Andere, häufig betrachtete Themen wie das Schmelzen des Meereises und damit einhergehende Probleme für dort lebende Tiere wie Eisbären oder die Abholzung des Regenwalds sind zwar auch sehr relevant, eignen sich aber doch nicht so gut für das Aufzeigen der ganz nahen Auswirkungen und somit für das Schaffen einer durchgehenden Präsenz des Themas „Klimawandel“ im Alltag der Schüler*innen.

Dieses Thema eignet sich auch gut, um bei den Schüler*innen kompetente Umwelthandlungen zu fördern, da es Ansatzpunkte bietet, um die von Andreas Ernst identifizierten Probleme wie z.B. die Zeitfalle oder die räumliche Falle, aber auch die teils verzerrte menschliche Risikowahrnehmung zu überwinden (siehe Abschnitt 2.6). Daher soll insbesondere eine Herangehensweise entwickelt werden, die die Förderung kompetenter Umwelthandlungen ermöglicht. Die Betrachtung des Themas Stadtbäume dient hier unter anderem zum Entgegenwirken bei der räumlichen Falle, da Auswirkungen des Klimawandels in der nahen Umgebung vor Augen geführt werden.

Da eines der zentralen Ziele der Unterrichtseinheit das Schaffen eines Bewusstseins für die Auswirkungen des Klimawandels bei den Schüler*innen ist, müssen hierfür entsprechende Herangehensweisen und Methoden ausgewählt werden. Dazu eignet sich das außerschulische Lernen (in dieser Arbeit durchgeführt durch eine Exkursion) besonders gut, wie noch begründet werden wird (siehe Abschnitt 4.4.2).

Bei der Bildung für Nachhaltige Entwicklung spielt weiterhin die Interdisziplinarität eine wichtige Rolle. In den Bewertungsprozessen spiegelt sich diese beispielsweise in sozial-ökologischen Dilemmata wieder, die verschiedene Schwierigkeiten bei ihrer Betrachtung mit sich bringen (siehe Abschnitte 2.4, 2.5.3.4). Daher soll eine Herangehensweise entwickelt werden, die es ermöglicht, im Biologieunterricht der Oberstufe auch überfachliche Aspekte zu thematisieren, möglichst verzahnt mit einem Bewertungsprozess.

Zentrales Ziel dieser Arbeit ist also die Entwicklung einer Unterrichtseinheit für die Oberstufe, bei der die oben genannten Teilziele gefördert werden. Dabei soll vor allem ein Bewusstsein für die Relevanz des Klimawandels geschaffen und Bewertungskompetenz und kompetentes Umwelthandeln gefördert werden. Insgesamt soll die Unterrichtseinheit im Rahmen einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung stattfinden.

Die konkrete Planung der Unterrichtseinheit ist in Abschnitt 4 zu finden, die ausgearbeiteten Materialien sowie der Verlaufsplan befinden sich im Anhang dieser Arbeit.

4. Planung einer Unterrichtseinheit

4.1 Lerngruppe und Lernvoraussetzungen

4.1.1 Lerngruppe

Die Unterrichtseinheit ist für eine Q2 (Leistungskurs) geplant. Da für eine fiktive Lerngruppe geplant wird, werden hier nur kurz mögliche Charakteristika der Lerngruppe aufgeführt. Da es sich um einen Leistungskurs handelt, ist davon auszugehen, dass zumindest einige Schüler*innen über großes Interesse und ein erweitertes Wissen im Fach Biologie verfügen. Dies kann besonders in den Gruppenarbeiten nützlich sein, da diese Schüler*innen den schwächeren Schüler*innen helfen können. Außerdem ist bei einem Leistungskurs von einer verhältnismäßig kleinen Lerngruppe auszugehen, dies vereinfacht auch die Durchführbarkeit der Exkursion.

4.1.2 Lernvoraussetzungen

Für die Unterrichtseinheit wird vor allem ökologisches Vorwissen benötigt, besonders Wissen über abiotische Faktoren. Da die Einheit nicht am Anfang des Halbjahres Q2 angesetzt ist, wird dieses Wissen in den vorher stattgefundenen Unterrichtsstunden bereits erworben. Außerdem benötigen die Schüler*innen auch grundlegendes Wissen aus anderen Fächern, da teils interdisziplinäre Betrachtungen stattfinden (vor allem bezüglich Politik und Geographie). Da sie sich in der Oberstufe befinden, kann aber davon ausgegangen werden, dass der Großteil der Schüler*innen über dieses Wissen verfügt. Für die Exkursion ist vor allem eigenständiges Arbeiten (in Kleingruppen) eine Voraussetzung, von dieser Kompetenz kann in der Q2 ausgegangen werden. Weiterhin ist es wichtig, dass die Schüler*innen mit Grafiken und Texten gut umgehen können, weil sie diese Kompetenzen vor allem für die Bewertungen, aber auch für die Erarbeitung einiger Themen im Laufe der Einheit zwingend benötigen. Auch von diesen Kompetenzen wird wegen der hohen Klassenstufe ausgegangen. Bei Lerngruppen, bei denen einige dieser Kompetenzen nicht ausreichend vorliegen, kann im Rahmen der Einheit darauf eingegangen werden. Für die Recherche im Internet müssen die Schüler*innen außerdem über grundlegende Kompetenzen im Umgang mit (modernen) Medien verfügen. Ein besonderer Schwerpunkt der Einheit liegt auf der Bewertung. Dieses Thema wird zwar explizit eingeführt und mit einer Schrittfolge angeleitet, dennoch ist es sicherlich hilfreich, wenn die Schüler*innen in ihrer Schullaufbahn schon häufiger Bewertungen an verschiedenen Themen vorgenommen haben, dies muss nicht zwingend im Fach Biologie erfolgt sein. Sollten einige Schü-

ler*innen noch keine großen Erfahrungen mit dem Kompetenzbereich Bewertung gemacht haben, kann dies in der Einheit aber aufgefangen werden.

4.2 Ablauf der Einheit, Kompetenzen und Lernziele

In diesem Abschnitt werden die in der geplanten Unterrichtseinheit zu erlangenden Kompetenzen und die angestrebten Lernziele ausgeführt. Dabei soll zunächst auf die Kompetenzen (im Hinblick auf das hessische Kerncurriculum und den Orientierungsrahmen für Globale Entwicklung) eingegangen werden, danach werden die einzelnen Stunden und ihre Lernziele vorgestellt und schließlich Lernziele für die gesamte Einheit formuliert.

4.2.1 Kompetenzerwartung

Im Hinblick auf die vier Kompetenzbereiche des Fachs Biologie nach dem hessischen Kerncurriculum (Hessisches Kultusministerium 2011) sollen folgende Kompetenzen in der Unterrichtseinheit explizit gefördert werden:

- Kompetenzbereich F: Erarbeitung und Anwendung fachlicher Kenntnisse
 - F1: fachliche Kenntnisse konzeptbezogen darstellen, strukturieren und vernetzen
Die Förderung dieser Kompetenz erfolgt durch die Arbeit mit Grafiken und Texten, zum Beispiel zum Thema anthropogener Treibhauseffekt. Die Schüler*innen lernen in der Einheit die wichtigsten fachlichen Grundlagen des Themas Klimawandel (und menschliche Einflüsse) kennen.
 - F2: naturwissenschaftliche Definitionen, Regeln, Gesetzmäßigkeiten und Theorien erarbeiten und anwenden
Diese Kompetenz wird vor allem beim Erarbeiten der Begriffe „Klimawandel“ und „anthropogener Treibhauseffekt“ gefördert, aber zum Beispiel auch beim Kennenlernen der Kippunkte.
- Kompetenzbereich E: Erkenntnisgewinnung und Fachmethoden
 - E1: naturwissenschaftliche Untersuchungen planen, durchführen, auswerten und Ergebnisse interpretieren
Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung spielt in dieser Einheit zu Gunsten der Bereiche Kommunikation und Bewertung eine eher untergeordnete Rolle. Dennoch wird bei der Exkursion von den Schüler*innen eine Untersuchung durchgeführt, deren Ergebnisse (die dokumentierten Schäden an den Stadtbäumen) ausgewertet und interpretiert werden. Eine eigenständige Planung der Untersuchung findet jedoch nicht statt.

- Kompetenzbereich K: Kommunikation in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen
 - K1: Informationen zu naturwissenschaftlichen Zusammenhängen erschließen
Diese Kompetenz wird vor allem durch die Arbeit der Schüler*innen mit den Texten, Grafiken, aber auch mit Büchern/dem Internet zur Bestimmung der Stadtbaumarten gefördert.
 - K3: fachlich kommunizieren und argumentieren
Beim Bewerten der Themenfelder in der Einheit wird diese Kompetenz besonders gefördert. Für diese Bewertung werden fachliche Kenntnisse zum Klimawandel und auch erarbeitete Daten aus den gegebenen Grafiken und Texten benötigt, die in Form entsprechender Argumente in die Bewertung einfließen. Die eigene Einordnung soll mit anderen Schüler*innen ausgetauscht und diskutiert werden, hierfür soll Fachsprache verwendet werden.
- Kompetenzbereich B: Bewertung und Reflexion
 - B1: fachbezogene Sachverhalte in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen sachgerecht beurteilen und bewerten
 - B2: naturwissenschaftsbezogene Sachverhalte unter Berücksichtigung persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Aspekte reflektieren
Der Kompetenzbereich Bewertung ist, besonders in den letzten Doppelstunden der Einheit, einer der Schwerpunkte. Dabei werden die Themenfelder persönliche Verkehrsnutzung, Ernährung und Regenwaldabholzung zunächst allgemein betrachtet und der Bewertungsprozess durchlaufen. Hierbei hilft eine vorgegebene Schrittfolge. Handlungsalternativen werden benannt, aber auch dahinterliegende Werte und Interessen. Schließlich erfolgt auch ein Bezug auf die eigene Rolle und die Benennung von eigenen Handlungsalternativen, dazu gehört auch das Bewusstwerden über eigene Werte und Interessen.

Da die Unterrichtseinheit im Rahmen von Bildung für Nachhaltige Entwicklung geplant wurde, werden explizit auch die im Leitfaden für den Lernbereich Globale Entwicklung (KMK 2014) formulierten Kernkompetenzen Erkennen, Bewerten und Handeln (siehe Abschnitt 2.3.2) gefördert:

- Kompetenzbereich Erkennen
 - N1: Informationen zu Fragen der Globalisierung und Entwicklung beschaffen und themenbezogen verarbeiten
Diese Kompetenz wird bei der Arbeit mit Grafiken und Texten zum Treibhauseffekt und den einzelnen bearbeiteten Themenfeldern gefördert.

- N4: Handlungsebenen vom Individuum bis zur Weltebene in ihrer jeweiligen Funktion für Entwicklungsprozesse erkennen
Bei der Einordnung der eigenen Rolle und auch beim Kennenlernen politischer und gesellschaftlicher Forderungen wird diese Kompetenz gefördert.
- Kompetenzbereich Bewerten
 - N5: sich eigene und fremde Wertorientierungen in ihrer Bedeutung für die Lebensgestaltung bewusst machen, würdigen und reflektieren
Bei der Bewertung der Themenfelder wird diese Kompetenz gefördert, da Werte explizit genannt werden und auch auf eigene Werte Bezug genommen wird. Die allgemeine Einführung zum Thema Werte und Bewerten sorgt für Grundwissen in diesem Bereich.
 - N7: Ansätze zur Beurteilung von Entwicklungsmaßnahmen (bei uns und in anderen Teilen der Welt) unter Berücksichtigung unterschiedlicher Interessen und Rahmenbedingungen erarbeiten und zu eigenständigen Bewertungen kommen
Der Schwerpunkt der Einheit liegt zwar nicht auf der Beurteilung von konkreten Entwicklungsmaßnahmen (eher persönlichen Plänen), aber diese Kompetenz wird bei der Betrachtung der zu bewertenden Themenfelder und besonders auch bei der Behandlung von aktuellen politischen und gesellschaftlichen Forderungen am Ende der Einheit gefördert.
- Kompetenzbereich Handeln
 - N8: Bereiche persönlicher Mitverantwortung für Mensch und Umwelt erkennen und als Herausforderung annehmen
Beim Bewertungsprozess soll insbesondere auch die eigene Rolle betrachtet werden und es sollen Handlungsmöglichkeiten und Ziele formuliert werden, dabei wird diese Kompetenz gefördert.
 - N11: Die Schüler*innen sind aufgrund ihrer mündigen Entscheidung bereit, Ziele der Nachhaltigen Entwicklung im privaten, schulischen und beruflichen Bereich zu verfolgen und sich an ihrer Umsetzung auf gesellschaftlicher und politischer Ebene zu beteiligen
Auch diese Kompetenz wird bei der Formulierung von eigenen Handlungsmöglichkeiten und Zielen gefördert, aber auch bei der Betrachtung von aktuellen politischen und gesellschaftlichen Forderungen, wobei Teilhabemöglichkeiten bekannt werden sollten.

Auch die von De Haan (2008) formulierten Teilkompetenzen für die Gestaltungskompetenz (siehe Abschnitt 2.3.1) werden gefördert:

- GT3: Interdisziplinär Erkenntnisse gewinnen und handeln
- GE1: Die eigenen Leitbilder und die anderer reflektieren können
- GE2: Selbstständig planen und handeln können
- GE4: Sich motivieren können, aktiv zu werden

Alle Teilkompetenzen werden bei der Bewertung der verschiedenen Themengebiete gefördert, da dort interdisziplinär gearbeitet wird und die eigene Rolle und Handlungsbereitschaft besonders im Mittelpunkt steht.

Die zu fördernden (Teil-)Kompetenzen sind im Verlaufsplan durch ihre Kürzel vermerkt (siehe Anhang III).

4.2.2 Ablauf der Einheit und Lernziele

Vorbemerkung: Zur Durchführung der Exkursion müssen von den Erziehungsberechtigten der Schüler*innen Einverständniserklärungen unterschrieben werden (besonders da die Schüler*innen selbstständig in Vierergruppen arbeiten). Diese müssen schon im Vorfeld der Einheit an die Schüler*innen ausgeteilt werden.

1./2. Unterrichtsstunde

Zu Beginn der Unterrichtseinheit steht vor allem die Erarbeitung von fachlichen Grundlagen im Mittelpunkt. Es erfolgt eine Einführung zum Treibhauseffekt mit Hilfe von Grafiken und einem Tafelbild, außerdem eine vertiefte selbstständige Bearbeitung des Themas mit Hilfe von Texten. Des Weiteren wird auch auf die besondere Rolle des anthropogenen Treibhauseffekts und der Freisetzung von Treibhausgasen durch den Menschen eingegangen. Schließlich erarbeiten die Schüler*innen Klimaänderungen in Kassel und Hessen an Hand von Grafiken. Die Ergebnisse werden an der Tafel festgehalten.

Lernziele:

- Die Schüler*innen erarbeiten auf Grundlage von Texten die Rolle des anthropogenen Treibhauseffekts für den Klimawandel.
- Die Schüler*innen erfassen die zentralen Daten aus Grafiken zu Klimaänderungen in der Region.

3./4. Unterrichtsstunde

Im Mittelpunkt dieser Doppelstunde steht das Thema Stadtbäume. Der Einstieg erfolgt mit einem Video vom Hessischen Rundfunk, in dem auf Probleme von Stadtbäumen durch Klimaveränderungen eingegangen wird. Im Anschluss wird die Exkursion vorbereitet. Dazu lernen die Schüler*innen mit Hilfe des Arbeitsblatts „Häufige Stadtbaumarten“ die wichtigsten Stadtbaumarten auf der Exkursionsroute kennen, darunter befinden sich neben wichtigen heimischen Baumarten auch zahlreiche exotische Arten. Zur Bestimmung der Arten

verwenden die Schüler*innen das Internet (auf bereit gestellten Tablets) oder auch entsprechende Literatur, sofern in dieser die exotischen Arten vermerkt sind. Am Ende der Doppelstunde erfolgt die organisatorische Vorbereitung der Exkursion: Die Einverständniserklärungen müssen nun vorliegen. Die Schüler*innen erhalten Informationen zu Treffpunkt und –zeit und teilen sich in Vierergruppen ein. Die Lehrperson tauscht mit je einer Person aus jeder Gruppe Kontaktmöglichkeiten aus (z.B. Handynummer).

Lernziele:

- Die Schüler*innen bestimmen mit Hilfe von Recherche in Internet oder in Büchern die vorgegebenen Stadtbaumarten.
- Die Schüler*innen entwickeln erste Vermutungen zur Relevanz von Neupflanzungen von Stadtbaumarten in Hinsicht auf den Klimawandel.

5.-7. Unterrichtsstunde (Exkursion)

Die Exkursionsroute (siehe Anhang II) kann an die Rahmenbedingungen angepasst werden. In der vorliegenden Form ist die Exkursion auf 120 Minuten ausgelegt, also inklusive Hin- und Rückweg von und zu einer in Kassel zentral liegenden Schule innerhalb von drei Unterrichtsstunden durchführbar. Sollte weniger Zeit vorliegen (oder sollte die Anfahrt länger sein), so kann die Exkursion zum Beispiel auf 90 Minuten verkürzt werden, indem einzelne Routenabschnitte oder Arten ausgelassen werden oder eine Aufteilung der betrachteten Arten auf die verschiedenen Gruppen erfolgt.

Der Einstieg zur Exkursion erfolgt am Weinberg, hier erfolgt eine kurze Führung durch die Lehrperson, während der die Schüler*innen die am Weinberg gepflanzten Baumarten kennenlernen. Danach arbeiten die Schüler*innen selbstständig und dokumentieren die Schäden an den auf der Route eingetragenen Stadtbaumarten. Sie erhalten dazu eine Karte (siehe Anhang II) und eine Tabelle (siehe Anhang V, AB 7), in der sie die Schäden eintragen sollen. Die Schüler*innen können ihre Beobachtungen auch fotografisch festhalten, sofern sie die technischen Möglichkeiten dazu haben, dies erleichtert die Dokumentation der Schäden. Treffpunkt zum Ende der Exkursion ist am Lutherplatz.

Lernziele:

- Die Schüler*innen notieren (und fotografieren) die an den Stadtbäumen zu beobachtenden Schäden.
- Die Schüler*innen verwenden das Kartenmaterial und die Artenliste (in der vorherigen Doppelstunde erarbeitet), um die Stadtbaumarten zu finden.

8./9. Unterrichtsstunde

Der Einstieg in diese Doppelstunde erfolgt durch eine Erinnerung an die Exkursion, die Schüler*innen werden dazu aufgefordert, ihre zentralen Beobachtungen kurz zu schildern. Danach sollen sie die Tabelle ausfüllen (dazu tragen sie Hitze- und Frosttoleranz ein und notieren, ob die Art heimisch ist) und die dokumentierten Schäden untereinander vergleichen, hierzu kommen immer zwei Vierergruppen zusammen. Schließlich sollen die Schüler*innen in neu gemischten Vierergruppen Zusammenhänge erkennen: Welche Arten weisen besonders große Schäden auf? Lassen sich Zusammenhänge zu Hitze- und Frosttoleranz feststellen? Sind nur heimische Arten betroffen? Diese Zusammenhänge werden auf einem Placemat festgehalten. Dazu notiert jede*r Schüler*in zunächst ihre/seine eigenen Gedanken auf einer Seite eines großen Blatts. Danach wird das Blatt rotiert und jede*r liest die Gedanken der anderen durch. Schließlich wird in der Mitte von allen gemeinsam ein Fazit notiert. Dieses Fazit wird von den Gruppen im Plenum vorgestellt. Den Abschluss der Doppelstunde bildet ein Zeitungsartikel aus der HNA (siehe Anhang V, AB 2), in dem auf die Pflanzung von exotischen Baumarten in Kassel eingegangen wird.

Lernziele:

- Die Schüler*innen notieren Eigenschaften der Stadtbaumarten in der Tabelle.
- Die Schüler*innen erkennen und erläutern die Zusammenhänge zwischen Stadtbaumarten, Schäden und dem Klimawandel.

10./11. Unterrichtsstunde

Der Einstieg zu dieser Doppelstunde erfolgt zunächst durch eine Erinnerung an die Erkenntnisse der letzten Doppelstunde (und der Exkursion) und schließlich durch eine Weiterführung zum zentralen Thema der Doppelstunde: Persönliche Verkehrsnutzung. Der Einstieg in das Thema erfolgt durch ein Video vom Umweltbundesamt¹, in dem auf Themen wie verschiedene Verkehrsmittel, Luftverschmutzung und Treibhausgas-Emissionen durch Verkehr eingegangen wird. Schließlich erfolgt eine kurze Einführung in das Thema Bildung für Nachhaltige Entwicklung durch die Lehrperson (Was ist BNE? Was sind ihre Ziele?). Danach erfolgt eine Einführung zum Thema Werte und Bewerten mit Hilfe eines Tafelbilds (Was sind Werte (mit Beispielen)? Wie kann man einen Bewertungsprozess strukturieren?). Die Einführung zu diesen Themen erfolgt bewusst zentral und kompakt, da die eigenständige Bewertung durch die Schüler*innen in dieser Stunde im Mittelpunkt stehen soll und nicht die Erarbeitung des Themas Bewertung. Schließlich erfolgt die eigenständige

¹ Abzurufen unter <https://www.youtube.com/watch?v=Auky8CGiU34>

Bewertung, unterstützt durch Grafiken zum Thema Persönliche Verkehrsnutzung und das Arbeitsblatt „Ein Bewertungsmodell (am Beispiel der persönlichen Verkehrsnutzung)“ (siehe Anhang V, AB 1). Auf diesem Arbeitsblatt ist eine Schrittfolge zur Bewertung vorgegeben, die auf der Grundlage der Erkenntnisse von Corinna Hößle und Susanne Bögeholz (vgl. Abschnitte 2.5.2 und 2.5.3) aufgestellt wurde (zur konkreten Begründung der Schrittfolge siehe Abschnitt 4.4.1). Nachdem dieses Schema in Einzelarbeit durchlaufen wurde, tauschen sich die Schüler*innen in Zweiergruppen über ihre Bewertungen aus. Zum Abschluss der Stunde werden an der Tafel gemeinsam konkrete Handlungsmöglichkeiten beim Thema persönliche Verkehrsnutzung gesammelt.

Lernziele:

- Die Schüler*innen führen eine Bewertung zum Thema persönliche Verkehrsnutzung durch (mit Hilfe der vorgegebenen Schritte).
- Die Schüler*innen reflektieren ihr eigenes Handeln.
- Die Schüler*innen verwenden die Grafiken zur Bewertung des Themas Persönliche Verkehrsnutzung.

12./13. Unterrichtsstunde

In dieser Doppelstunde sollen weitere Themenfelder betrachtet werden, bei denen das persönliche Verhalten eine große Rolle spielt. Der Einstieg erfolgt durch ein Bild oder Video zu aktuellen Problemen durch den Klimawandel (zum Beispiel aktuelle Dürren, Überschwemmungen, Artensterben usw.). Dann wird die Relevanz von Kipppunkten für den Klimawandel erarbeitet (mit Hilfe von Texten). Danach wird kurz auf aktuelle Probleme im Themenfeld Klimawandel eingegangen (je nach aktuellen Geschehnissen), diese werden an der Tafel festgehalten. Schließlich erfolgt eine bewertende Betrachtung der Themenfelder Ernährung und Regenwaldabholzung mit Hilfe der Übersichtstabelle und der Arbeitsblätter „Was hat unsere Ernährung mit dem Klimawandel zu tun?“ und „Was hat Regenwaldabholzung mit dem Klimawandel zu tun?“ (siehe Anhang V, AB 4 und AB 5). Die Schüler*innen bearbeiten die Themen nacheinander, dazu werden Stationen aufgebaut (je Thema zwei-drei Stationen, je nach Klassengröße). An der Station finden die Schüler*innen die Materialien und Tablets, auf denen sie die Videos (siehe Arbeitsblätter) zu den Themen ansehen können. Dabei sollen die Schüler*innen die Arbeitsaufträge, die auf den Arbeitsblättern formuliert sind, bearbeiten. Währenddessen füllen sie nach und nach die Übersichtstabelle aus. Schließlich sollen die Schüler*innen im rechten unteren Feld der Tabelle ihre eigenen Handlungsmöglichkeiten und Ziele formulieren. Über diese erfolgt zum Abschluss der Stunde ein mündlicher Austausch im Plenum.

Lernziele:

- Die Schüler*innen erläutern die Relevanz von Kippunkten für den Klimawandel.
- Die Schüler*innen notieren Problematik, Handlungsmöglichkeiten, dahinterliegende Interessen und Werte und ihre persönlichen Handlungsmöglichkeiten in der Tabelle und führen so eine Bewertung zu den Themen Ernährung und Regenwaldabholzung durch.
- Die Schüler*innen reflektieren ihre eigene Rolle und formulieren eigene Handlungsalternativen und Ziele.

14. Unterrichtsstunde

Diese Unterrichtsstunde (je nach Zeitplanung ist auch eine Doppelstunde möglich) bildet den Abschluss der Unterrichtseinheit. Daher erfolgt ein Rückblick und Überblick über die behandelten Themen, die Exkursion, die Erkenntnisse zu den Schäden der Stadtbäume und auch zu den Bewertungen der Themenfelder Persönliche Verkehrsnutzung, Ernährung und Regenwaldabholzung in den vorigen Stunden. Schließlich werden noch aktuelle politische Forderungen wie das 1,5-Grad-Ziel betrachtet und es kann auf aktuelle Themen wie gesellschaftliche Bewegungen (Fridays for Future, Radentscheid usw.) eingegangen werden. Dies kann mit verschiedenen Methoden, Materialien und Arbeitsformen geschehen, je nach Thema und vorliegenden Materialien.

Lernziele:

- Die Schüler*innen erläutern den Zusammenhang zwischen Treibhauseffekt, Stadtbäumen, Ernährung, Verkehr und ihrem persönlichen Verhalten.
- Die Schüler*innen ordnen aktuelle Themen und politische Forderungen in diesen Zusammenhang ein.

Gesamtlernziele der Einheit

1. Die Schüler*innen erläutern die Bedeutung des anthropogenen Treibhauseffekts für das Klima der Erde und dokumentieren Auswirkungen des Klimawandels an Stadtbäumen in Kassel.
2. Die Schüler*innen lernen wichtige Stadtbaumarten kennen (heimische und neugepflanzte).
3. Die Schüler*innen erkennen ihre eigene Rolle im Themenfeld Klimawandel (zu den Themen Verkehrsnutzung, Ernährung und Regenwaldabholzung) und formulieren eigene Handlungsalternativen und Ziele.

4.3 Didaktische Überlegungen zur Unterrichtseinheit

4.3.1 Einordnung in das hessische Kerncurriculum und den Orientierungsrahmen zum Lernbereich Globale Entwicklung

Die Unterrichtseinheit ist für die gymnasiale Oberstufe geplant und wird im Halbjahr Q2 durchgeführt. Die Unterrichtseinheit in der vorliegenden Form ist für einen Leistungskurs ausgelegt, kann aber an einen Grundkurs angepasst werden (zum Beispiel durch Reduzierung der Gesamtstundenzahl, Streichen einzelner Themen und Verkleinern der Menge an Grafiken). Das Halbjahr Q2 steht nach dem hessischen Kerncurriculum (Hessisches Kultusministerium 2011) unter der Überschrift „Ökologische und stoffwechselphysiologische Zusammenhänge“. Die Einheit kann zum Beispiel in das Themenfeld „Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Umwelt“ eingeordnet werden, hier sind der Klimawandel und der Treibhauseffekt wörtlich im Kerncurriculum aufgeführt. Alternativ kann die Einheit auch dem Themenfeld „Biodiversität“ zugeordnet werden, da die Biodiversität der Stadtbäume exemplarisch betrachtet wird. Im Kerncurriculum ist für dieses Themenfeld „Anthropogene Einflüsse auf die Artenvielfalt“ als zu behandelndes Thema genannt, hier können Stadtbäume und ihre Probleme eingebracht werden.

Im Lehrplan für die gymnasiale Oberstufe (Hessisches Kultusministerium 2010) lässt sich die Einheit ebenfalls in das Halbjahr Q2 einordnen. Hier kann man die Einheit dem Themenfeld „Ökosystem“ zuordnen, in dessen Rahmen zum Beispiel auch abiotische Faktoren behandelt werden und bei dem auch eine Exkursion vorgesehen ist. Alternativ kann die Einheit auch dem Themenfeld „Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Umwelt“ zugeordnet werden, zu dessen verbindlichen Unterrichtsinhalten der Treibhauseffekt und auch Nachhaltige Entwicklung gehören. Zu diesem Themenfeld heißt es auch: „Die Schülerinnen und Schüler sollen gleichermaßen bestehende Probleme wie auch (erste) Lösungsansätze kennen lernen. Das soll zu Problembewusstsein und Eigeninitiative führen und Fatalismus vorbeugen.“ (Hessisches Kultusministerium 2010).

Im Lernbereich Globale Entwicklung (KMK 2014) kann die Unterrichtseinheit in mehrere Themenfelder eingeordnet werden: „Landwirtschaft und Ernährung“, „Schutz und Nutzung natürlicher Ressourcen und Energiegewinnung“, „Mobilität, Stadtentwicklung und Verkehr“, vor allem aber in das Themenfeld „Globale Umweltveränderungen“.

4.3.2 Relevanz des Themas

Das Thema Klimawandel hat für die menschliche Gesellschaft auf der ganzen Welt eine hohe Relevanz. Wenn politisch und gesamtgesellschaftlich eine Än-

derung im Handeln erfolgen würde, könnten zahlreiche Katastrophen verhindert werden und viele Menschenleben überall auf der Welt gerettet werden. Auch für die Natur besitzt der Klimawandel eine große Relevanz, denn er bedroht viele Ökosysteme wie die Korallenriffe oder die Eisschilde in Arktis und Antarktis, die bei einer zu starken Erderwärmung verschwinden würden.

Doch neben dieser deutlich sichtbaren gesamtgesellschaftlichen Relevanz besitzt das Thema Klimawandel auch für die einzelnen Schüler*innen eine große Relevanz. Umweltthemen spielen im Alltag eine immer größere Rolle. Sie kommen zum Einen in der politischen Diskussion über Maßnahmen wie die CO₂-Steuer oder den Umgang mit dem Artensterben und dem Ausbau von erneuerbaren Energien zum Ausdruck. Daneben finden sie im Rahmen von gesellschaftlichen Bewegungen wie dem Radentscheid oder Fridays for Future auch Einzug in den Alltag der Schüler*innen. Wenn sie nicht bereits an einer Demonstration teilgenommen haben, so werden sie dennoch bereits über das Thema mit Gleichaltrigen oder ihren Eltern diskutiert haben. Die Behandlung des Themas Klimawandel in der Schule fördert die Schüler*innen im kompetenten Umgang mit Problemstellungen in diesem Bereich, denen sie in ihrem Alltag immer wieder begegnen. Auch in (sozialen) Medien kommt das Thema immer wieder zum Ausdruck, die Behandlung im Unterricht fördert dabei die Wahrnehmung und Einordnung von Beiträgen in der Medienwelt. In der heutigen Zeit sollten auch sogenannte „Fake News“, also wissenschaftlich falsche Aussagen, nicht unerwähnt bleiben, die den Schüler*innen vor allem im Internet immer wieder begegnen. Nur eine fundierte fachliche sowie kritische Betrachtung der Themenbereiche in der Schule erlaubt einen kompetenten Umgang mit der Informationsflut durch das Internet und eine Selektion in vertrauenswürdige und nicht-vertrauenswürdige Quellen. Einige Falschaussagen können, nachdem die Schüler*innen in der Einheit vieles über den Klimawandel gelernt haben, wahrscheinlich schnell entlarvt werden. So fördert die Behandlung des Themas auch das gesellschaftliche Ideal des mündigen Bürgers, der kritisch mit Medien und Berichterstattung umgeht.

Ein besonderer Schwerpunkt der Einheit liegt auf der Bewertungskompetenz und der Motivation von Handlungen bei den Schüler*innen. Verschiedene Problemfelder werden vertieft betrachtet. So besteht die Relevanz des Themas im Alltag der Schüler*innen beispielsweise auch in Konsumententscheidungen oder der Wahl des Verkehrsmittels. Durch die Einheit wird ihnen beigebracht, wie sie zu einer kompetenten Entscheidungsfindung kommen, wobei die Antworten auf die Probleme keineswegs eindeutig feststehen, sondern von der jeweiligen Situation der Schüler*innen abhängen. Durch die fundierte Betrachtung der Probleme sollte ihnen hier ein umweltbewusstes Handeln ermöglicht werden.

4.3.3 Interdisziplinarität

Wie in Abschnitt 2.4 ausgeführt wurde, spielt Interdisziplinarität in der Bildung für Nachhaltige Entwicklung eine wichtige Rolle, vor allem da die betrachteten Problemfelder häufig einen starken interdisziplinären Charakter besitzen. Die geplante Unterrichtseinheit wird nur in einem Fach durchgeführt (Biologie), daher findet kein starkes fächerübergreifendes Arbeiten statt. Dies wäre im Rahmen einer Projektwoche o.Ä. durchführbar, ist im laufenden Unterricht, besonders in der Oberstufe, aber nur schwer möglich. Dennoch wurde in der Unterrichtseinheit darauf geachtet, überfachliche Aspekte einzubeziehen, die für die Behandlung von Umweltthemen im Kontext Bewertung unverzichtbar sind. Bereits zu Beginn der Einheit finden sich viele Bezüge zum Fach Erdkunde/Geographie, da hier die Themen Klima und Treibhauseffekt behandelt werden, die wichtige Grundlagen für die Unterrichtseinheit bilden, aber eigentlich keine biologischen Themen sind. Auch bei der Betrachtung von konkreten Klimadaten findet ein Arbeiten statt, das man eher dem Fach Erdkunde zuordnen würde. Während die Betrachtung der Stadtbäume dann ein biologischer Inhalt ist, erfolgen in den späteren Stunden der Unterrichtseinheit zahlreiche Bezüge zu den Fächern Ethik und Politik & Wirtschaft. Dabei werden Aspekte von Stadtplanung und Konsumverhalten mit einbezogen, die Betrachtung von Werten spielt eine Rolle und es sollen fundierte Urteile getroffen werden. Der Abschluss der Unterrichtseinheit erfolgt neben einem Rückblick auch durch einen Ausblick auf aktuelle Themenfelder und Bewegungen in Gesellschaft und Politik, die sich mit Auswirkungen des Klimawandels befassen. Je nach Auswahl der Themen durch die Lehrperson erfolgt hier ein überfachliches Arbeiten, das nur durch das Thema Klimawandel einen groben Bezug zum Fach Biologie behält.

Wie in Abschnitt 2.4 ausgeführt, betonen unter anderem Di Giulio et al. (2008), dass interdisziplinäres Vorgehen zahlreiche Herausforderungen mit sich bringt. Dazu gehören organisatorische Probleme, die auch bei dieser Unterrichtseinheit eine Rolle spielen: Die Gesamtzeit ist begrenzt und ein überfachliches Arbeiten in dem Sinne, dass ein Thema in mehreren Fächern gleichzeitig behandelt wird, ist im Schulalltag nur schwer durchzuführen (besonders im Kurssystem der Oberstufe). Daneben ist eine mögliche Schwierigkeit der fächerübergreifenden Inhalte aber auch, dass die Lernvoraussetzungen der Schüler*innen der Lehrperson hier nicht immer offenliegen, während das im eigenen Fach eher sichergestellt werden kann. Daher wurden die Aufgabenstellungen zu überfachlichen Themen in dieser Einheit nicht auf so hohem Niveau formuliert wie es bei rein biologischen Themen der Fall ist, die Betrachtung der Themen erfolgt vor allem durch Videos und (eher einfache) Grafiken statt durch wissenschaftliche Texte. Dies ermöglicht für die Schüler*innen ei-

nen erleichterten Zugang und den Fokus auf die eigentliche Bewertung der Probleme.

4.3.4 Wie wird kompetentes Handeln gefördert?

Wie in Abschnitt 2.6.2 ausgeführt wurde, besteht häufig eine große Diskrepanz zwischen Einstellungen und Bewertungen und den tatsächlich ausgeführten Handlungen (Ernst 2008). Dabei greifen diverse „Fallen“, die bereits ausgeführt wurden. In diesem Abschnitt wird erläutert, wie diesen „Fallen“ in der Unterrichtseinheit begegnet wird, um ein kompetentes Handeln bei den Schüler*innen zu ermöglichen.

Eine der von Ernst (2008) genannten „Fallen“, die eine kompetente Handlung erschweren, ist die räumliche Falle. Diese besagt, dass die Kosten einer Umwelthandlung oft an einem anderen Ort stattfinden als der eigentliche Nutzen. Damit hängt auch die zeitliche Falle zusammen, die besagt, dass Kosten und Nutzen zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen. Diesen Problemen wird in der Unterrichtseinheit dadurch begegnet, dass den Schüler*innen die Auswirkungen des Klimawandels in der Gegenwart und direkt vor Ort vor Augen geführt werden, nämlich die Schäden an den Stadtbäumen und die Notwendigkeit zur Pflanzung von resistenten Arten. Hierdurch werden die Probleme, die der Klimawandel verursacht, direkt sichtbar und es wird deutlich, warum umweltbewusstes Handeln notwendig ist. Dies ist effektiver als die Betrachtung von Problemen in weit entfernten Ländern (die aber auch eine große Rolle spielen und daher in der Unterrichtseinheit später ebenfalls betrachtet werden!). Auch der sozialen Falle wird so entgegengewirkt. Diese besagt, dass Kosten und Nutzen ungleich über die Personengruppen verteilt sind. Bei der Betrachtung der Stadtbäume wird aber klar, dass der Nutzen umweltbewussten Handelns allen Bewohnern der Stadt dient und nicht nur den Bewohnern der Dritten Welt, deren Leben „weit weg“ vom Alltag der Schüler*innen ist.

Ernst (2008) betonte auch die menschliche Risikowahrnehmung als großes Problem. So werden Risiken häufig nur für kurze Zeit stark wahrgenommen (zum Beispiel in Folge von Katastrophen), diese Wahrnehmung flacht bald darauf stark ab und sinkt sogar unter einen „Normalwert“, die Risiken werden also unterschätzt. In der Unterrichtseinheit werden den Schüler*innen daher die Risiken durch den Klimawandel an vielen Orten und Beispielen immer wieder vor Augen geführt: Von Überschwemmungen über Dürren in aller Welt bis hin zu den Schäden an den Stadtbäumen vor der Tür. Hierdurch wird versucht, die Risikowahrnehmung generell auf einem angemessenen Niveau zu halten. Durch die genaue Betrachtung der Stadtbäume wird gewährleistet, dass die Schüler*innen die Auswirkungen des Klimawandels auch dann sehen, wenn sie sich nicht explizit mit entsprechenden Themen befassen. Die

Schäden an den Stadtbäumen werden sie z.B. bei Gelegenheiten in der Stadt wiederentdecken, bei denen das Thema Klimawandel ansonsten keine Rolle gespielt hätte.

Ernst (2008) empfiehlt zur Minderung der Probleme bei der Handlungsfindung unter anderem, eine Rückmeldung über Auswirkungen von Handlungen in einer zeitlichen Nähe zu geben. Dies gestaltet sich beim Thema Klimawandel eher schwierig. Einerseits sehen die Schüler*innen bei der Betrachtung der Stadtbäume die Auswirkungen von Umwelthandlungen daran, dass bei optimal ausgesuchten Stadtbaumarten weniger Schäden vorliegen. Außerdem sollen sie im Laufe des Bewertungsprozesses darüber nachdenken, welche Folgen verschiedene Handlungsmöglichkeiten haben. Eine Rückmeldung durch die Lehrkraft kann aber hier nicht erfolgen, da dies beim Thema Klimawandel wegen der langen zeitlichen Abstände zwischen Handlung und Folgen kaum möglich ist. Dies wäre zum Beispiel bei der Vermeidung von Müll oder beim Sauberhalten des Schulhofes eher möglich.

Generell wird also versucht, bei den Schüler*innen umweltbewusstes Handeln zu fördern, dabei bleiben aber einige Probleme und Hürden bestehen, die im Rahmen von Schulunterricht kaum überwunden werden können.

4.4 Methodische Überlegungen zur Unterrichtseinheit

4.4.1 Wie wird Bewertungskompetenz gefördert?

Bewertungskompetenz ist zentral in der Kompetenztriade Erkennen-Bewerten-Handeln, die im Mittelpunkt der Bildung für Nachhaltige Entwicklung steht. Dementsprechend ist die Förderung von Bewertungskompetenz auch in der Unterrichtseinheit ein wichtiges Ziel. An welchen Stellen in der Einheit Bewertungskompetenz gefördert wird (bzw. welche Teilkompetenzen gefördert werden), wurde in Abschnitt 4.2.1 ausgeführt. In dieser methodischen Analyse soll vor allem erläutert werden, wie die Erkenntnisse aus der biologiedidaktischen Theorie von Corinna Hößle (vgl. Abschnitt 2.5.2) und Susanne Bögeholz (vgl. Abschnitt 2.5.3.2) umgesetzt wurden.

Der Bewertungsprozess wird in der geplanten Einheit (nach einer Einführung zum Thema Werte und Bewerten) zunächst an Hand eines Bewertungsmodells durchgeführt (10./11. Unterrichtsstunde), dessen sechs Schritte den Schüler*innen vorgegeben werden (siehe Arbeitsblatt „Ein Bewertungsmodell (am Beispiel der persönlichen Verkehrsnutzung)“, Anhang V AB 1). Das Arbeitsblatt orientiert sich dabei eng an der Sechs-Schritt-Methode von Corinna Hößle (2007). Hier wurde als erster Schritt das Definieren des präsentierten Dilemmas genannt. Dies erfolgt in der Einheit nicht so konkret, das Dilemma wird aber durch den Videobeitrag für die Schüler*innen klar. Die Schüler*innen

sollen die Problemsituation auf dem Arbeitsblatt notieren, hierzu lautet der erste Auftrag: „Was ist die Problemsituation? (hier: Im Hinblick auf den Klimawandel?)“. Schritt 2 in der Methode von Hößle ist das Nennen von Handlungsoptionen. Dies wurde in der Einheit mit dem folgenden Arbeitsauftrag umgesetzt: „Welche Handlungsmöglichkeiten gibt es und was wären ihre Folgen?“ Der zweite in dieser Fragestellung angesprochene Aspekt, die Frage nach den Folgen der Handlungsmöglichkeiten, greift bereits Schritt 6 der Methode von Hößle auf. Diese Entscheidung wurde bewusst getroffen, da das Nennen von Folgen der Handlungsmöglichkeiten bereits vor der Urteilsfällung sinnvoll ist, damit die Schüler*innen diese Folgen mit in ihr Urteil einbeziehen können. Schritt 3 und 4 in der Methode von Hößle sind das Nennen und Systematisieren von ethischen Werten. Auch die 3. und 4. Frage auf dem Arbeitsblatt geht auf Werte ein, hier wird jedoch auf die Systematisierung verzichtet: „Welche Interessen und Werte stehen hinter den Handlungsmöglichkeiten? Was sind meine persönlichen Interessen und Werte bei dem Thema?“ Statt einer Systematisierung erfolgt hier ein persönlicher Bezug, der den Schüler*innen ihre eigene Rolle besonders sichtbar machen soll. Schritt 5 der Methode von Hößle ist schließlich die reflektierte Urteilsfällung unter Berücksichtigung andersartiger Urteile. Dies wurde auf dem Arbeitsblatt übertragen in eine Beurteilung der einzelnen Handlungsmöglichkeiten (die zunächst nicht nur die persönlich favorisierten umfassen) und schließlich auch eine Entscheidung für 1-2 Handlungsoptionen, die begründet werden soll. Es erfolgt hier keine direkte Einbeziehung andersartiger Urteile, da die Schüler*innen eine selbstständige Urteilsfindung durchführen sollen. Im Anschluss an das Durchlaufen des Urteilsprozesses in Einzelarbeit erfolgt jedoch ein Austausch in Zweiergruppen, bei dem dann auch andere Urteile kennengelernt werden. Schließlich werden am Ende der Stunde die favorisierten Handlungsmöglichkeiten aller Schüler*innen an der Tafel gesammelt, sodass hier die volle Bandbreite an möglichen Urteilen, Ansichten und dahinterstehenden unterschiedlichen persönlichen Interessen und Werten zum Ausdruck kommt.

Die Schritte auf dem Arbeitsblatt orientieren sich zwar hauptsächlich an Hößle, jedoch wurden auch Ideen von Susanne Bögeholz (2006) umgesetzt, die 12 Bausteine zur Förderung von ökologischer Bewertungs- und Urteilskompetenz formulierte. Verzichtet wurde in der Einheit bewusst auf das gewichtete Bewerten der Handlungsoptionen mit Hilfe von in Zahlen ausgedrückten Kriterienwerten und auch auf eine mathematische Berechnung der „besten“ Handlungsoption. Dieser Prozess eignet sich zwar gut zum Systematisieren von Werten und Interessen, insbesondere zum Bewusstwerden über die wirkliche Relevanz von verschiedenen Interessen, aber gleichzeitig ist dieser eher technische Bewertungsprozess auch sehr aufwendig und lenkt die Schüler*innen vom eigentlichen Thema ab, über das sie sich Gedanken machen sollen (also

hier von der persönlichen Verkehrsnutzung). Da in dem konkret durchgeführten Bewertungsprozess besonders die persönliche Rolle bewusst werden soll, wurde daher auf diesen Prozess verzichtet. Übernommen wurde jedoch das Erstellen einer Rangfolge (Frage 5 auf dem Arbeitsblatt), dies entspricht Baustein 11 von Susanne Bögeholz und taucht in der Methode von Corinna Hößle nicht auf. Auch ohne mathematisch systematisierte Gewichtung der Handlungsoptionen ist eine Erstellung einer Rangfolge sinnvoll, um fundiert zu persönlich favorisierten Handlungsoptionen zu gelangen. Dabei können jedoch persönlich wichtige Werte durchaus eine größere Rolle spielen, als dies rein rational betrachtet der Fall ist, da es sich auch um *persönlich* favorisierte Handlungsmöglichkeiten handelt.

In der folgenden Doppelstunde (12./13. Stunde) erfolgt dann noch zweimal die Durchführung einer Bewertung, allerdings in verkürzter Form und ohne konkrete Aufforderung zum Durchlaufen der sechs Schritte. Dennoch sollen auch hier das Problem, Handlungsmöglichkeiten mit dahinterstehenden Werten und persönlich favorisierte Handlungsmöglichkeiten explizit genannt werden, da diese essentielle Bestandteile der fundierten Urteilsfindung sind. Daher durchlaufen die Schüler*innen auch hierbei indirekt die sechs Schritte (oder zumindest Teile davon), werden nun aber nicht mehr so stark angeleitet. Dabei wird nach wie vor die Benennung von Werten konkret gefordert, da dies für viele Schüler*innen ein neuer Aspekt sein dürfte, den sie einüben müssen und der im fundierten Bewertungsprozess eine wichtige Rolle spielt.

4.4.2 Methodische Entscheidungen bei der Planung der Exkursion

Ein zentrales Element der Unterrichtseinheit ist die Durchführung der Exkursion, bei der die Schüler*innen die Stadtbäume in der Kasseler Innenstadt und ihre Probleme direkt kennenlernen sollen. Eine Exkursion ist eine Form außerschulischen Lernens und weist damit spezifische Vor- und Nachteile und auch besondere Anforderungen auf, auf die in diesem Abschnitt genauer eingegangen werden soll.

Bei der geplanten Exkursion handelt es sich um einen „Unterrichtsgang“, da sie in ihren Zielen und in der bestehenden Zeit begrenzt ist (hier auf maximal drei Unterrichtsstunden). Sie ist außerdem auf einen bestimmten Themenschwerpunkt beschränkt und Bestandteil des laufenden Biologieunterrichts (Killermann et al. 2016). Die Begriffe Exkursion und Unterrichtsgang werden im Folgenden synonym benutzt und beziehen sich auf die in der Einheit durchgeführte Form außerschulischen Lernens. Ein Unterrichtsgang (beziehungsweise generell außerschulisches Lernen) weist nach Killermann et al. (2016) folgende Vorteile/Chancen auf: Das begrifflich-symbolische Lernen aus Büchern und Medien wird überwunden und es wird lebensnahes Wissen er-

lernt, den Schüler*innen wird zu Primärerfahrungen (also Erfahrungen direkt am betrachteten Gegenstand) verholfen. Das auf Primärerfahrungen basierende Wissen prägt sich stärker ein als solches aus Sekundärerfahrungen (verbal und medial vermittelt). Außerdem erfolgt mehrkanaliges Lernen mit mehreren Sinnen, das neben der kognitiven Ebene auch die affektive (also gefühlsbetonte) mit einbezieht. So können Wertvorstellungen positiv beeinflusst werden und es kann verantwortungsbewusstes Handeln gefördert werden (Killermann et al. 2016). Das Lernen im Freiland erhöht außerdem die Motivation und das Interesse für Biologie im Allgemeinen und führt vor allem bei ökologischen Themen auch zu besseren Lernerfolgen als Unterricht zum selben Thema im Klassenraum (Starosta 1991). Das Kennenlernen heimischer Pflanzen und Tiere hilft, die bekannten Arten bewusster wahrzunehmen und sie mehr wertzuschätzen. Außerdem stellt das Ausführen der praktischen Tätigkeiten (bei der durchgeführten Exkursion also das Identifizieren der Bäume und das Dokumentieren der Schäden) situiertes Lernen in einem authentischen Lernumfeld dar und begünstigt somit den Erwerb von anwendbarem und bedeutungshaltigem Wissen (Killermann et al. 2016). Verstärkt werden dürfte dieser Effekt bei der geplanten Exkursion noch durch den Umstand, dass die Schüler*innen den untersuchten Bäumen auch in ihrem Alltag in der Kasseler Innenstadt wahrscheinlich immer wieder begegnen werden. Killermann et al. (2016) betonen weiterhin, dass durch eine Exkursion die Einwirkungen des Menschen auf seine Umwelt deutlich sichtbar werden und die Schüler*innen so mit Problemen des Umweltschutzes konfrontiert werden. Dies ist in der Unterrichtseinheit eines der zentralen Ziele der Exkursion, sie soll die konkreten Auswirkungen des (anthropogenen) Klimawandels auf die ganz nahe Umwelt der Schüler*innen sichtbar machen.

Wichtig beim außerschulischen Lernen ist nach Killermann et al (2016) außerdem das selbstgesteuerte Lernen. Dies bedeutet, dass möglichst viele Steuerungskompetenzen des Lernens bei den Schüler*innen liegen (zum Beispiel der Inhalt, die Methode, der zeitliche Rahmen oder sogar die Beurteilung der erbrachten Leistungen). Wie weit selbstgesteuertes Lernen gehen kann, hängt aber auch von den Zielsetzungen des Unterrichtsgangs und der ganzen Einheit ab. In der hier geplanten Einheit hat der Unterrichtsgang konkret gesetzte Ziele und ist sehr eng in die Einheit eingebettet, er ist zudem zeitlich sehr beschränkt. Daher wird selbstgesteuertes Lernen hier nur bedingt umgesetzt. Die Selbstständigkeit der Schüler*innen wird aber dadurch gewährleistet, dass sie sich in Kleingruppen selbstständig auf die Exkursionsroute begeben und ihnen auch die Art der Dokumentation der Schäden freigestellt ist: Sie können sie rein schriftlich dokumentieren oder Fotos machen, auch Zeichnungen sind möglich, um das konkrete Ausmaß der Schäden deutlich zu machen. Doch neben dem selbstgesteuerten Lernen bietet außerschulisches Lernen nach

Killermann et al. (2016) noch eine weitere Möglichkeit: Die Verschiebung von der lehrerzentrierten Sozialform (die im Schulunterricht meist vorherrscht) zur schülerzentrierten Sozialform. Diese Verschiebung wurde auch in der geplanten Exkursion umgesetzt, denn die Exkursion findet fast ausschließlich in selbstständiger Tätigkeit der Schüler*innen statt, die Lehrperson übernimmt nur grob steuernde Aufgaben und steht bei Problemen und Fragestellungen bereit. Killermann et al (2016) empfehlen hierfür Kleingruppen von drei bis vier Schüler*innen, diese Empfehlung wurde bei der Planung der Exkursion umgesetzt. Neben selbstgesteuertem Lernen und der Verschiebung zu schülerzentrierten Sozialformen betonen Killermann et al. (2016) die Wichtigkeit des Lernens am originalen Objekt. Dies wurde beim geplanten Unterrichtsgang umgesetzt, bei dem sich die Schüler*innen ausschließlich mit den Stadtbäumen beschäftigen, sie müssen hier keine weitere Textlektüre oder Ähnliches durchführen. Sie benötigen lediglich die Karte mit den Standorten der Arten und eventuell auch ihre Liste der Baumarten, um die Bäume eindeutig identifizieren zu können. Diese Hilfsmittel dienen nur dem Auffinden der Bäume, das eigentliche Lernen während des Unterrichtsgangs erfolgt direkt an den Stadtbäumen.

Außerschulisches Lernen generell und so auch der hier geplante Unterrichtsgang erfordert eine umfassende Vorbereitung. Zunächst muss die Exkursionsroute sorgsam geplant und an die Lernziele angepasst werden, dabei müssen aber auch lokale Bedingungen einbezogen werden (Wo findet man die untersuchten Lebewesen? Wie kann eine günstige Route verlaufen? Welche Hindernisse und Gefahren liegen auf der Route, vor allem für jüngere Altersstufen?). Die Exkursion muss außerdem sorgsam in den Unterrichtsverlauf eingepasst werden, sodass der Lernfortschritt optimal gefördert werden kann. Am besten funktioniert dies, wenn die gesamte Einheit durchgeplant und die Exkursion mit eingeplant wird, eine spontane Planung wird hier eine geringere Effektivität zur Folge haben, da die Exkursion nicht so gut in die langfristigen Lernziele der Einheit eingepasst werden kann. Wichtig ist nach Killermann et al. (2016) die Vorbereitung der benötigten Materialien vor der Exkursion. In der geplanten Einheit erfolgt dies durch die Vorbereitung der Exkursion in der vorherigen Doppelstunde, bei der auch eine Artenliste erarbeitet wird. Die Schüler*innen erhalten zu Anfang der Exkursion dann noch eine Karte mit den zu betrachtenden Arten, sodass alle benötigten Materialien vorliegen. Die Materialien wurden bereits mit der gesamten Unterrichtseinheit konzipiert, sodass sie an die Gesamtlernziele angepasst sind. Zur Vorbereitung der Exkursion gehört auch die Information der Erziehungsberechtigten, die durch einen Brief erfolgt, der bereits vor Beginn der gesamten Einheit an die Schüler*innen zur Weitergabe ausgeteilt wird. Dieser Brief ist im Anhang zu finden.

Besonders wichtig für die Wirksamkeit von außerschulischem Lernen ist auch eine gründliche Nachbereitung der Exkursion im Schulunterricht. Hierfür sind in der geplanten Unterrichtseinheit zwei Unterrichtsstunden vorgesehen (die 8. und 9. Stunde). Es erfolgt eine Erinnerung an die Exkursion und die Auswertung der dokumentierten Schäden, daneben auch die Synthese mit den Informationen zu Hitze- und Frosttoleranz und der geografischen Herkunft der Stadtbaumarten. Den Ergebnissen der Exkursion wird dadurch hohe Relevanz eingeräumt und sie werden in einen übergeordneten fachlichen Kontext eingefügt.

4.4.3 Alternative Herangehensweisen

Die vorliegende Einheit wurde für einen Leistungskurs in der Q2 geplant. Die Auswahl der Methoden, Themen und Herangehensweisen ist an diesen Leistungsstand angepasst, bei den Schüler*innen eines Leistungskurses kann darüber hinaus auch ein gewisses Kompetenzniveau im Bereich Bewertung vorausgesetzt werden. Dennoch ist eine Abwandlung der Unterrichtseinheit an verschiedene andere Umstände möglich: Sie kann auch mit einem Biologie Grundkurs in der Q2 durchgeführt werden. Dazu muss die Stundenzahl verringert werden, da hier weniger Stunden in der Woche zur Verfügung stehen. Außerdem kann (je nach Leistungsstand und Kompetenzniveau des Kurses – es ist sinnvoll, dies vorher kurz zu erfassen) auch die Anforderung der Aufgaben korrigiert werden. Der Bewertungsprozess kann stärker angeleitet werden und sollte hier außerdem auf ein bis zwei Themenbereiche (statt der drei für den Leistungskurs) reduziert werden. Es ist auch denkbar, nur ein Thema (z.B. persönliche Verkehrsnutzung) ausführlicher zu betrachten. Die eingesetzten Videos bieten einen erleichterten Zugang, da es sich um überfachliche Themen handelt, hier muss also keine weitere Anpassung erfolgen. Weitere Reduktionen können in der thematischen Einführung zum Klimawandel und insbesondere beim Abschluss der Einheit erfolgen, hier sollte im Grundkurs (vor allem aus Zeitgründen) kein politischer Ausblick erfolgen. Eine stärkere Konzentration auf das Thema Stadtbäume ist im Grundkurs sinnvoll, der Umfang der betreffenden Teile sollte daher nicht oder nur geringfügig reduziert werden.

Neben einer Durchführung im Grundkurs ist es auch möglich, die Unterrichtseinheit ohne die Exkursion durchzuführen. Dies sollte zwar nur im Notfall so erfolgen, dieser kann aber im Schulalltag durchaus eintreten, beispielsweise wenn nur wenig Zeit bereit steht oder es nicht möglich ist, die entsprechende Stundenzahl für die Exkursion zu blocken. Die Exkursion ist wichtiger Teil der Einheit, daher ist es auch möglich, sie in nur zwei Unterrichtsstunden durchzuführen, hierzu kann die Anzahl der betrachteten Stadtbaumarten reduziert werden (z.B. kann der Teil der Exkursionsroute am Lutherplatz gestrichen werden). Sollte es dennoch überhaupt nicht möglich sein, die Exkursion

durchzuführen (beispielsweise, weil die Schule sehr weit weg von der Kasseler Innenstadt oder einer vergleichbaren städtischen Umgebung liegt), so kann die Betrachtung des Themas Stadtbäume auf ein Mindestmaß reduziert werden. Eine ausführliche Einführung zu den Stadtbaumarten ist dann nicht sinnvoll, das Problemfeld generell sollte aber dennoch angesprochen werden, um die Schüler*innen für die Auswirkungen des Klimawandels vor ihrer Haustür zu sensibilisieren.

Ein weiteres Hindernis bei der Umsetzung der Unterrichtseinheit könnte das fehlende Vorliegen der technischen Geräte sein, allen voran der Tablets, aber beispielsweise auch eines Beamers zum Zeigen der Videos. Ein frontales Vorführgerät (das kann auch ein alter Röhrenbildschirm sein!) sollte für die Einheit jedoch unbedingt besorgt werden. Dann können die Videos, die die Schüler*innen sich beim Bewertungsprozess der Themen Ernährung und Regenwaldabholzung eigentlich individuell ansehen sollen, allen zusammen gezeigt werden. Das verringert die Individualität des Lernprozesses, ermöglicht jedoch dennoch eine Durchführung. Stehen keine Tablets bereit (und hat die Schule auch kein WLAN-Netz, sodass die Schüler*innen ihre eigenen technischen Geräte benutzen könnten), so wird es auch Probleme beim Identifizieren der Stadtbaumarten bei der Vorbereitung der Exkursion geben. Möchte man die Exkursion durchführen, ist diese Vorbereitung aber unabdinglich. Daher muss hier zum Beispiel mit Büchern ausgeholfen werden. Sollten jedoch auch keine Bücher vorliegen, in denen die betrachteten Baumarten aufgeführt sind, so muss ein alternativer Weg gefunden werden. Beispielsweise wäre es möglich, die Schüler*innen in Zweiergruppen einzuteilen und einem der beiden Partner eine Seite mit den Blättern der Stadtbaumarten und ihrem Artnamen auszuteilen. Der andere Partner erhält nur die Blätter und die Info-Stichpunkte. Sie sollen sich nun austauschen, ohne sich die Blätter zu zeigen, also durch eine mündliche Beschreibung der Blätter. Möglich ist auch das Festlegen eines „Schiedsrichters“ für jede Gruppe, sodass auch wirklich nur eine mündliche Beschreibung erfolgt. Wie schon aufgeführt, ist die vorgesehene Durchführung der Vorbereitung mit den Tablets (oder mit Büchern) dieser Vorgehensweise vorzuziehen, im Notfall kann die Vorbereitung aber auch so durchgeführt werden, sodass ein Gelingen der Exkursion gewährleistet ist.

5. Diskussion

Da die geplante Unterrichtseinheit (noch) nicht konkret mit einer Lerngruppe durchgeführt wurde, soll im Folgenden diskutiert werden, welche Schwierigkeiten auftreten könnten und wo mögliche Verbesserungspunkte liegen.

Die Einheit setzt ein recht hohes Niveau bei den Schüler*innen voraus. Dies kann zwar durchaus so vorausgesetzt werden, da es sich bei der betrachteten Lerngruppe um einen Leistungskurs handelt, jedoch ist es trotzdem denkbar, dass dieses Niveau nicht gegeben ist. Dies würde dazu führen, dass die Schüler*innen bei vielen der Aufgabenstellungen verstärkt Hilfe benötigen. Diese muss dann von der Lehrperson bereitgestellt werden (entweder in Form von Beratung oder der Bereitstellung von Hilfekarten, durch deutlicher formulierte Bewertungsraster oder auch eine geschickte Zusammenstellung der Gruppen). Auch die überfachliche Betrachtungsweise bringt diverse möglicherweise auftretende Probleme mit sich, die auch bei einer konkreten Lerngruppe nur schwer vorauszusagen sind, da es sich nicht um Themen des Fachs Biologie handelt, bei denen man den Leistungsstand der Schüler*innen nach einer gewissen Zeit ungefähr einschätzen kann. Da jedoch von einer (in dieser Dimension) heterogenen Lerngruppe ausgegangen werden kann, bei der einige Schüler*innen beispielsweise auch einen Politik & Wirtschaft-Leistungskurs belegen, kann hier auf eine gegenseitige Unterstützung der Schüler*innen untereinander gebaut werden. Diese kann, wenn Probleme auftreten, durch die Lehrperson forciert werden (beispielsweise durch die schon angesprochene geschickte Zusammenstellung der Gruppen, bei der dann immer ein*e Schüler*in in jeder Gruppe ist, die/der im Bereich Politik leistungsstark ist).

Einen weiteren Problempunkt stellt die Exkursion dar. Als Form außerschulischen Lernens bringt sie besondere Schwierigkeiten mit sich (weiter unten wird diskutiert, ob die Durchführung einer Exkursion überhaupt sinnvoll ist). Sie muss gründlich geplant werden und es muss eine Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten eingeholt werden. Dabei ist auch die Situation denkbar, dass diese Einverständniserklärung bis zum Exkursionstermin nicht vorliegt. Dann muss ein Ersatzunterricht für die betroffenen Schüler*innen organisiert werden (zum Beispiel in einem hoffentlich parallel stattfindenden weiteren Biologiekurs). Auch bei der Exkursion selbst können Probleme auftreten. Die Schüler*innen bewegen sich selbstständig durch die Kasseler Innenstadt und werden sich auf der (begrenzten) Exkursionsroute verteilen. Die Lehrperson kann also nicht überall Hilfestellungen geben. Daher muss das Material so konzipiert sein, dass die Schüler*innen die Bäume alleine finden und Schäden selbstständig dokumentieren können. Hierfür muss am Anfang der Exkursion eine Einführung erfolgen, bei der unter anderem besprochen wird, wie Schäden überhaupt zu definieren und zu protokollieren sind. Auch den schlimmsten Fall, dass es auf der Exkursionsroute zu Unfällen kommt oder Schüler*innen sich unerlaubt von dieser entfernen, muss man bedenken. Hierfür ist es sinnvoll, mit mindestens einer Person aus jeder Gruppe Kontaktmöglichkeiten auszutauschen (möglichst die Handynummer). Da die Schüler*innen jedoch ein fortgeschrittenes Alter erreicht haben (einige dürften bereits volljährig

sein), ist davon auszugehen, dass eine reibungslose Durchführung der Exkursion möglich ist.

Wie schon angesprochen, soll nun diskutiert werden, ob die Durchführung einer Exkursion überhaupt sinnvoll ist, da sie die schon angesprochenen Schwierigkeiten mit sich bringt. Eine Exkursion ist außerdem verhältnismäßig zeitaufwändig, sie muss vor- und nachbereitet werden und bringt einen organisatorischen Aufwand mit sich, der mitunter die Unterrichtsplanung einschränken kann. Außerdem ist bei einer Exkursion, die so selbstständig durchgeführt wird wie die hier geplante, nicht gesichert, dass die Schüler*innen die Arbeitsaufträge tatsächlich erledigen (und nicht am nächsten Tag einfach die Ergebnisse einer anderen Gruppe übernehmen oder sich Schadbilder ausdenken). Beim schulischen Unterricht im Klassenraum kann dies durch eine Beaufsichtigung durch die Lehrperson viel leichter gewährleistet werden als bei einer freien Arbeitsform. Dennoch bietet die Exkursion hier eine geeignete Herangehensweise. Wie in Abschnitt 3 schon aufgeführt wurde, ist zentrales Ziel der Arbeit (also auch der Unterrichtseinheit), bei den Schüler*innen ein Bewusstsein für die Auswirkungen des Klimawandels, auch in ihrer direkten Umgebung, zu schaffen. Didaktische Untersuchungen zeigen dabei die große Wirksamkeit außerschulischen Lernens (siehe Abschnitt 4.4.2). Daher bietet die Exkursion einen höchstwahrscheinlich viel effektiveren Zugang als eine Betrachtung durch Sekundärmedien wie Bücher, Filme oder Zeitungsartikel. Außerdem bietet sie die Möglichkeit zur Förderung von Artenkenntnis, die in der Oberstufe meist nicht im Mittelpunkt steht, aber eine wichtige Kompetenz darstellt. Wenn Schüler*innen die Stadtbaumarten in ihrer Umgebung kennen, so werden sie sie viel bewusster wahrnehmen und Schadbilder und Veränderungen in Zukunft eventuell auch selbstständig wahrnehmen. Im Rahmen der Exkursion werden außerdem bei weitem nicht nur exotische, selten gepflanzte Baumarten betrachtet, sondern auch zahlreiche heimische Waldbaumarten (wie die Rotbuche (*Fagus sylvatica*)). Es wird also indirekt auch heimische (botanische) Artenkenntnis gefördert.

Doch ist es überhaupt sinnvoll, ein botanisches Thema zu wählen? Schließlich wäre auch die Betrachtung des Themas Stadttiere denkbar, das ebenfalls viele spannende Anknüpfungspunkte bietet (für einige davon siehe Abschnitt 1.4.1). Verschiedene Studien zeigen, dass das Interesse von Schüler*innen an Tieren höher ist als an Pflanzen. Dennoch bietet die botanische Betrachtungsweise hier zahlreiche Vorteile: Bei den Stadtbäumen ist allen voran gesichert, dass sie auch wirklich in dem zeitlich sehr begrenzten Rahmen beobachtet werden können. Ihre Standorte können genau auf der Exkursionskarte abgelesen werden, die Bestimmung ist darüber hinaus mit der Karte und der Baumliste vergleichsweise einfach, sodass die Schüler*innen sich auf die Schadbilder konzentrieren können. Eine Exkursion zu Tieren in der Stadt wäre

zwar spannend (und kann genauso zu einem Bewusstsein für die Auswirkungen des Klimawandels führen), jedoch kann hier keinesfalls garantiert werden, dass die gewünschten Beobachtungen auch möglich sind. Hierfür müssten zum Beispiel exotische Tierarten gesichtet und bestimmt werden, was eine große Herausforderung darstellt. Daher ist das botanische Thema Stadtbäume hier die geeignetere Wahl.

Zur Exkursion und dem gewählten Thema Stadtbäume ist also zusammenfassend zu sagen, dass diese einen geeigneten Zugang (im Hinblick auf die gesetzten Ziele) darstellen. Bei organisatorischen Problemen können entsprechende Anpassungen vorgenommen werden (siehe oben).

Ein besonderer Schwerpunkt der Arbeit (und der Unterrichtseinheit) liegt auch auf der Förderung von Bewertungskompetenz. Diese bringt mögliche Schwierigkeiten bei den Schüler*innen mit sich und selbst, wenn keine Schwierigkeiten auftreten sollten, nimmt sie Zeit in Anspruch, die ansonsten für rein fachliche Inhalte genutzt werden könnte. Daher soll nun noch kurz diskutiert werden, ob die Förderung von Bewertungskompetenz wirklich eine so große Rolle spielen sollte, wie das in der geplanten Unterrichtseinheit der Fall ist.

Wie bereits angesprochen, stellt das Durchführen eines Bewertungsprozesses für viele Schüler*innen eine Schwierigkeit dar, insbesondere da im hier geplanten Fall auch eine konkrete Einbeziehung von Werten vorgesehen ist. Das Thema Werte und Bewerten muss deswegen gesondert eingeführt werden, was weitere Zeit in Anspruch nimmt (und für eine Überforderung der Schüler*innen sorgen kann). Gleichzeitig stellt Bewertungskompetenz aber einen wichtigen Teil von Bildung für Nachhaltige Entwicklung dar, die zentrales Element der geplanten Einheit ist (und hier nicht diskutiert werden soll). Sie ermöglicht die fundierte und kritische Auseinandersetzung mit im Alltag und in der gesellschaftlichen Debatte auftretenden Problemen und somit indirekt die Teilhabe an der demokratischen Gesellschaft. Daher ist die Förderung von Bewertungskompetenz ein wichtiges Ziel schulischer Bildung. Im Biologieunterricht erfolgt diese Förderung häufig an biologischen Themen (z.B. Pränataldiagnostik, Tierversuche, Gentechnik) und meist weniger an Themen, bei denen das eigene (Konsum-)Verhalten eine so wichtige Rolle spielt wie bei den hier betrachteten Themenfeldern Persönliche Verkehrsnutzung, Ernährung und Regenwaldabholzung. Daher ist es sinnvoll, diese überfachlich orientierten Probleme im Biologieunterricht in einem bewertenden Kontext zu betrachten. Dies findet sonst eher selten statt, stellt aber eine wichtige Kompetenz für die gesellschaftliche Teilhabe dar.

Dabei ist es dennoch möglich, den Stellenwert und zeitlichen Umfang der Bewertungsprozesse in der Unterrichtseinheit zu reduzieren. Im Optimalfall sollte ihnen zwar ein großer Stellenwert gegeben werden (wie in der vorliegenden

Planung), dennoch sind die fachlichen Grundlagen zum Klimawandel wichtiger, vor allem da sie im Kerncurriculum für die Oberstufe gefordert sind. Auch die Betrachtung der Stadtbäume und die Durchführung der Exkursion ist von größerer Relevanz als die bewertende Betrachtung von drei Themenfeldern, bei zeitlichen Schwierigkeiten kann hier die Anzahl der Themenfelder reduziert werden, ohne die Förderung von Bewertungskompetenz dabei in der Unterrichtseinheit komplett außen vor zu lassen.

Schließlich soll noch kurz darauf eingegangen werden, ob die aufgestellten Lernziele (siehe Abschnitt 4.2) erreicht werden können. Dies ist bei den meisten Lernzielen der Fall, da die in der Einheit formulierten Arbeitsaufträge sehr konkret auf die Lernziele ausgerichtet sind (z.B. „Die Schüler*innen notieren die an den Stadtbäumen zu beobachtenden Schäden“). Andere Lernziele jedoch (z.B. „Die Schüler*innen reflektieren ihr eigenes Handeln“) werden eventuell nicht von allen Schüler*innen erreicht und ihre Ausprägung kann auch nicht direkt überprüft werden, da sie eher im privaten Bereich stattfindet. Um als Lehrperson eine Rückmeldung darüber zu erhalten, inwieweit die aufgestellten Lernziele bei den Schüler*innen erreicht wurden und inwieweit also noch eine weitere Förderung nötig ist, sollte daher während der Einheit mit den Schüler*innen kommuniziert werden, auch außerhalb der eingeplanten Phasen im Plenum. Zwar kommen auch hier Ausprägungen der Lernziele zum Vorschein, allerdings nie von allen Schüler*innen gleichzeitig. Daher sind individuelle Gespräche, zum Beispiel während der Gruppen- und Partnerarbeitsphasen, sinnvoll, um eine Rückmeldung über den Lern- und Reflexionsfortschritt der Schüler*innen zu erhalten.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der gewählte Zugang zum Thema Klimawandel geeignet ist und der Stellenwert der Bewertungskompetenz möglichst groß sein sollte. Dennoch sind einige Probleme und auftretende Schwierigkeiten bei der konkreten Durchführung der Einheit zu erwarten. Hierauf sollte die Lehrperson vorbereitet sein und dann in der jeweiligen Situation reagieren. Eine Anpassung der Unterrichtseinheit an die jeweilige Lerngruppe ist nötig, der Umfang dieser Anpassung hängt von der Abweichung der Lerngruppe von den formulierten Lernvoraussetzungen ab.

6. Zusammenfassung

Der Klimawandel ist eines der momentan wichtigsten Themen in der politischen und gesellschaftlichen Debatte. Man unterscheidet den natürlichen und den anthropogenen Treibhauseffekt, eine große Rolle spielen auch die sogenannten Kippelemente oder „tipping points“ (Latif 2009). Die unkontrollierbaren und abrupten Ereignisse, die beim Erreichen dieser Kippelemente eintreten

könnten, sind einer der Aspekte, die das Erreichen des 2- (oder besser 1,5-) Grad Ziels so bedeutend machen, wie auch immer wieder von Klimaexperten und dem IPCC betont wird (IPCC 2018).

Wichtig für die große Präsenz des Themas in der Debatte sind auch aktuell sehr erfolgreiche gesellschaftliche Bewegungen wie „Fridays for Future“. Nicht nur sie sorgen dafür, dass das Themenfeld Klimawandel den Schüler*innen häufig begegnet. Dementsprechend war es ein zentrales Ziel dieser Arbeit, eine Unterrichtseinheit zu diesem Themenfeld zu entwickeln, bei der besonders Bewertungskompetenz und kompetentes Umwelthandeln im Vordergrund steht. Letzteres ist schwierig zu fördern, da einige „Fallen“ im Weg stehen, wie in dieser Arbeit ausgeführt wurde (Ernst 2008). Es wurde versucht, hierfür im Rahmen der Unterrichtseinheit Lösungsansätze zu finden, soweit dies möglich ist. Die Unterrichtseinheit wurde im Rahmen der Bildung für Nachhaltige Entwicklung konzipiert, die bereits seit dem Jahr 1996, auf Grundlage der 1992 von der UN beschlossenen „Agenda 21“ (Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992), von den Vereinten Nationen vorangetrieben wird. Eine Umsetzung erfolgte in Deutschland zum Beispiel durch das Projekt „Transfer 21“ (BLK 2007).

Um die große Bedeutung des Themas Klimawandel zu verdeutlichen und den Schüler*innen die Auswirkungen auch in der näheren Umgebung vor Augen zu führen, wurde das Thema Stadtbäume als Schwerpunkt der Unterrichtseinheit ausgewählt. Städten kommt als Wärmeinseln eine besondere Rolle im Klimawandel zu, die in der Stadt lebenden Pflanzen und Tiere begegnen hierdurch neuen Herausforderungen. Neben der „wilden“ Stadtnatur gibt es aber auch die gepflanzte Stadtnatur, die in dieser Arbeit vor allem in Form der Straßenbäume betrachtet wurde. Diese befinden sich häufig an schwierigen Standorten mit großer Bodenverdichtung und –versiegelung und einer hohen Schadstoffbelastung (Roloff 2013). Da viele heimische Baumarten diesen Herausforderungen nicht (mehr) begegnen können, laufen zahlreiche Projekte zur Erforschung der Eignung von exotischen Baumarten, die mitunter besser an die Auswirkungen des Klimawandels (und andere Bedingungen in der Stadt) angepasst sind. Als ein Beispiel ist das Projekt „Stadtgrün 21“ zu nennen (BLWG 2018). Zu diesem Thema wurde im Rahmen dieser Arbeit eine Exkursion entworfen, bei der die Schüler*innen Schäden an den Stadtbäumen in Kassel beobachten und dokumentieren sollen, denn auch hier existieren die durch den Klimawandel ausgelösten Problematiken (Lange 2016).

Literaturverzeichnis

- Bachmair, G. (1969): Einstellungen von Schülern zum Lehrer und zum Unterrichtsfach. Inaugural- Dissertation. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.
- Bentz-Hözl, J. (2014): Der Weltklimavertrag. Wiesbaden: Springer VS.
- Betsch, T., Haberstroh, S. (2005): The routines of decision making. Psychology Press.
- BLK (Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung) (2007): Transfer 21 – Inhalte, Ergebnisse, Herausforderungen. www.transfer-21.de/daten/texte/transferkonzeptlang.pdf (letzter Aufruf: 19.06.2019, 12:25 Uhr).
- BLWG (Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau) (2018): Stadtbäume der Zukunft – Wichtige Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Stadtgrün 2021“. In: Veitshöchheimer Berichte 184 (2018). www.lwg.bayern.de/mam/cms06/landespflege/dateien/stadtbaeume_der_zukunft.pdf (letzter Aufruf: 20.06.2019, 12:41 Uhr).
- Bögeholz, S., Barkmann, J. (2003): Ökologische Bewertungskompetenz für reale Entscheidungssituationen. Gestalten bei faktischer und ethischer Komplexität. In: DGU-Nachrichten 27/28.
- Bögeholz, S., Hößle, C., Langlet, J., Sander, E., Schlüter, K. (2004): Bewerten – Urteilen – Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle in der Biologiedidaktik. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 10.
- Bögeholz, S. (2006): Explizites Bewerten und Urteilen – Beispielkontext Streuobstwiese. In: PdN-BioS 1/55.
- Bögeholz, S. (2007): Bewertungskompetenz für systematisches Entscheiden in komplexen Gestaltungssituationen Nachhaltiger Entwicklung. In: Krüger, D., Vogt, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Berlin: Springer.
- Brämer, R. (2010): Natur – Vergessen? Erste Befunde des Jugendreports Natur 2010. https://www.wanderforschung.de/files/1011068-jugendreport2010-2aufl-p120_1607021617.pdf (letzter Aufruf: 19.06.2019, 13:11 Uhr).
- Brämer, R., Koll, H., Schild, H. (2016): Natur Nebensache? 7. Jugendreport Natur 2016 – Erste Ergebnisse. [https://www.wanderforschung.de/files/jugendreport 2016 -web-final-160914-v3_1903161842.pdf](https://www.wanderforschung.de/files/jugendreport%202016-web-final-160914-v3_1903161842.pdf) (letzter Aufruf: 19.06.2019, 13:10 Uhr).
- Breuste, J., Pauleit, S., Haase, D., Sauerwein, M. (2016): Stadtkosysteme – Funktion, Management und Entwicklung. Berlin: Springer.
- CAT (Climate Action Tracker) (2018): Warming Projections Global Update. [https://climateactiontracker.org/documents/507/CAT_2018-1211_Briefing_WarmingProjections GlobalUpdate_Dec2018.pdf](https://climateactiontracker.org/documents/507/CAT_2018-1211_Briefing_WarmingProjections%20GlobalUpdate_Dec2018.pdf) (letzter Aufruf: 24.04.2019: 11:16 Uhr).
- De Haan, G. (2008): Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In: Bohrmann, I., De Haan, G. (Hrsg.): Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung – Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- DESECO (2005): Definition und Auswahl von Schlüsselkompetenzen. www.oecd.org/pisa/35693281.pdf (letzter Aufruf 12.02.2020, 15:40 Uhr).

- Di Giulio, A., David, C., Defila, R. (2008): Bildung für nachhaltige Entwicklung und interdisziplinäre Kompetenzen – Zum Profil von Lehrkräften. In: Bohrmann, I., De Haan, G. (Hrsg.): Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung – Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Dietrich, J., Doobe, G. (2012): Die neue GALK-Straßenbaumliste geht online. In: Pro-Baum 1. www.galk.de/index.php/arbeitskreise/stadtbaeume/themenuebersicht/strassenbaumliste (letzter Aufruf 18.06.2019, 18:46 Uhr).
- Eagly, A., Chaiken, S. (1993): The Psychology of Attitudes. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich.
- Ernst, A. (1997): Ökologisch-soziale Dilemmata. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Ernst, A. (2008): Zwischen Risikowahrnehmung und Komplexität: Über die Schwierigkeiten und Möglichkeiten kompetenten Handelns im Umweltbereich. In: Bohrmann, I., De Haan, G. (Hrsg.): Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung – Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- German Watch (2008): Globaler Klimawandel – Ursachen, Folgen, Handlungsmöglichkeiten. 2. Auflage.
- German Watch (2010): Globaler Klimawandel – Ursachen, Folgen, Handlungsmöglichkeiten. 3. Auflage. <https://germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/publication/1186.pdf> (letzter Aufruf: 20.06.2019, 12:42 Uhr).
- Gerrig, J., Zimbardo, P. (2008): Psychologie. 18. Auflage. Pearson Deutschland GmbH.
- Graf, D. (2007): Die Theorie des geplanten Verhaltens. In: Krüger, D., Vogt, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Berlin: Springer.
- Haidt, J. (2001): The Emotional Dog and Its Rational Tail: A Social Intuitionist Approach to Moral Judgment. *Psychological Review* 108(4).
- Hessisches Kultusministerium (2010): Lehrplan Biologie für die Gymnasiale Oberstufe. <https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/go-biologie.pdf> (letzter Aufruf: 20.06.2019, 12:45 Uhr).
- Hessisches Kultusministerium (2011): Kerncurriculum Biologie für die Gymnasiale Oberstufe. <https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kcgo-bio.pdf> (letzter Aufruf: 20.06.2019, 12:44 Uhr).
- Höbke, C. (2007): Theorien zur Entwicklung und Förderung moralischer Urteilsfähigkeit. In: Krüger, D., Vogt, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Berlin: Springer.
- Houghton, J. (1997): Globale Erwärmung – Fakten, Gefahren und Lösungswege. Berlin: Springer.
- HLNUG (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie) (2019): Witterungsbericht Hessen. <https://www.hlnug.de/messwerte/witterungs-und-klimadaten/witterungsbericht-hessen.html> (letzter Aufruf 23.04.2019, 15:35 Uhr).

- IPCC (2007): Climate Change 2007. Fourth Assessment Report (AR4) of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contributions of Working Groups I, II, III and Synthesis Report. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC (2013): Klimaänderung 2013: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger. Beiträge der drei Arbeitsgruppen zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Deutsche Übersetzungen durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt. Bonn/Wien/Bern: ProClim.
- IPCC (2018): Sonderbericht über 1,5 °C globale Erwärmung. https://www.de-ipcc.de/media/content/SR1.5-SPM_de_barrierefrei.pdf (letzter Aufruf: 20.06.2019, 12:46 Uhr).
- Keeble, B.R. (1988): The Brundtland report: Our common future. In: *Medicine and War*, 4(1).
- Kehse, U., Notz, D. (2016): Tauwetter im Klimarechner. In: *MaxPlanckForschung1*, S. 62–69.
- Killermann, W., Hiering, P., Starosta, B. (2016): *Biologieunterricht heute – eine moderne Fachdidaktik*. 16. Auflage. Augsburg: Auer Verlag.
- KMK (Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2005): *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. München: Wolters Kluwer.
- KMK (Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2014): *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung*. https://www.globaleslernen.de/sites/default/files/files/link-elements/orientierungsrahmen_fuer_den_lernbereich_globale_entwicklung_barrierefrei.pdf (letzter Aufruf: 20.06.2019, 12:46 Uhr).
- Kohlberg, L. (1974): *Zur kognitiven Entwicklung des Kindes*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (1992): *Agenda 21*. https://www.un.org/depts/german/conf/agenda21/agenda_21.pdf (letzter Aufruf: 18.06.2019, 16:43 Uhr).
- Konopka, T. (1999): *Natur & Umwelt 1*. Bund Naturschutz in Bayern.
- Krohne, H. (1991): *Das Konstrukt Repression und Sensitization und seine Weiterentwicklungen*. *Enzyklopädie der Psychologie – Differentielle Psychologie*, Bd 2. Göttingen: Hogrefe.
- Kunik, W. (1974): *Die Veränderung von Flora und Vegetation einer Großstadt, dargestellt am Beispiel von Berlin (West)*. Dissertation.
- Lange, V. (2016): *Neue Bäume braucht die Stadt!* In: *StadtZeit Kassel* 73.
- Latif, M. (2009): *Klimawandel und Klimadynamik*. Stuttgart: Ulmer.
- Lauströer, A. (2005): *Förderung von Bewertungskompetenz durch Bildung für eine nachhaltige Entwicklung*. Dissertation. Universität Kiel.

- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Behrens, J. (1972): The limits to growth. www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf (letzter Aufruf: 19.06.2019, 12:02 Uhr).
- Menzel, S., Bögeholz, S. (2006): Vorstellungen und Argumentationsstrukturen von Schüler(inne)n der 11. Jahrgangsstufe zur Biodiversität, deren Gefährdung und Erhaltung. *ZfDN* 12, S. 199–217.
- Neuhaus, B., Vogt, H. (2007): Klassifizierung von Biologielehrern – Chancen für die didaktische Forschung und Lehrerbildung? In: Vogt, H., Upmeyer zu Belzen, A. (Hrsg.): *Bildungsstandards – Kompetenzerwerb, Forschungsbeiträge der biologie-didaktischen Lehr- und Lernforschung*. Aachen: Shaker.
- Nobis, M., Jaeger, J., Zimmerman, N. (2009): Neophyte species richness at the landscape scale under urban sprawl and climate warming. *Diversity and Distributions* 15.
- Notz, D. (2009): The future of ice sheets and sea ice: Between reversible retreat and unstoppable loss. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(49).
- Ourworldindata.org (2019): CO₂ and other greenhouse gas emissions. <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions> (letzter Aufruf: 24.04.2019: 11:09 Uhr).
- Petercord, R. (2009): Waldschutz und Klimawandel – „Wettlauf“ mit den Schädlingen? In: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2009): *LWF-Wissen 63 – Fichtenwälder im Klimawandel*. www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/w63_fichtenwaelder_web_geschuetzt.pdf (letzter Aufruf 18.06.19, 18:40 Uhr).
- Piaget, J. (1983): *Das moralische Urteil beim Kinde*. Stuttgart: Klett.
- Pieper, A. (1994): *Einführung in die Ethik*. 3. Auflage. Tübingen: A. Francke.
- Regan, D., Fazio, R. (1977): On the Consistency Between Attitudes and Behavior: Look to the Method of Attitude Formation. *Journal of Experimental Social Psychology* 12.
- Reichholf, J. (2007): *StadtNatur – eine neue Heimat für Tiere und Pflanzen*. München: Oekom-Verlag.
- Roloff, A. (2013): *Bäume in der Stadt*. Stuttgart: Ulmer.
- Roloff, A., Bärtels, A. (2008): *Flora der Gehölze – Bestimmung, Eigenschaften, Verwendung*. 3. Auflage. Stuttgart: Ulmer.
- Rost, J., Gresele, C., Martens, T. (2001): *Handeln für die Umwelt. Anwendung einer Theorie*. Münster: Waxmann.
- Rost, J., Lauströer, A., Raack, N. (2003): Kompetenzmodelle einer Bildung für Nachhaltigkeit. In: *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule* 52(8).
- Rost, J. (2005): Messung von Kompetenzen Globalen Lernens. In: *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik* 28/2.
- Schlüter, K. (2007): Vom Motiv zur Handlung – Ein Handlungsmodell für den Umweltbereich. In: Krüger, D., Vogt, H. (Hrsg.): *Theorien in der biologie-didaktischen Forschung*. Berlin: Springer.

- Seel, N. (2003): Psychologie des Lernens. 2. Auflage. München/Basel: UTB.
- Schneider, K. (2012): Auswirkungen veränderter klimatischer Bedingungen auf Mensch und Umwelt. In: Untere Naturschutzbehörde Kassel: Naturschutz in Kassel 11 – Baumstarkes Kassel.
- Starosta, B. (1991): Empirische Untersuchungen zur Methodik des gelenkt entdeckenden Lernens. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. In: Killermann, W. & Staeck, L. (Hrsg.): Methoden des Biologieunterrichts. Köln: Aulis.
- Tagesschau.de (2019): Zustand der Erde immer lebensbedrohlicher. https://www.tagesschau.de/ausland/un-umweltschaeden-tote-101~_origin-46a396fb-d0ac-4848-8c83-efa37d552788.html (letzter Aufruf 17.05.2019, 12:40 Uhr).
- Tagesspiegel (2019): Für immer mehr Deutsche ist Klimawandel das wichtigste Problem. <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/fridays-for-future-zeigt-wirkung-fuer-immer-mehr-deutsche-ist-klimawandel-das-wichtigste-problem/24250842.html> (letzter Aufruf: 17.05.2019, 14:52 Uhr).
- Tiedemann A., Ulber, B. (2008): Verändertes Auftreten von Krankheiten und Schädlingen durch Klimaschwankungen. In: Tiedemann, A., Heitefuss, R., Feldmann, F.: Pflanzenproduktion im Wandel – Wandel im Pflanzenschutz.
- Umweltveränderungen, WBDBG (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale) (2007): Sicherheitsrisiko Klimawandel. Berlin: Springer.
- UNCED (United Nations Conference on Environment and Development) (1992): Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf> (letzter Aufruf: 19.06.2019, 12:10 Uhr).
- UNCED (United Nations Conference on Environment and Development) (1997): Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpger.pdf> (letzter Aufruf: 19.06.2019, 12:15 Uhr).
- Upmeier zu Belzen, A. (2007): Einstellungen im Kontext Biologieunterricht. In: Krüger, D., Vogt, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Berlin: Springer.
- Weinert, F. (2001): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim: Beltz.
- Wilbanks, T., Romero Lankao, P., Bao, M., Berkhout, F., Cairncross, S., Ceron, J., Kapshe, M., Muir-Wood, R., Zapata-Marti, R. (2007): Industry, Settlement and Society. In: Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., van der Linden, P., Hanson, C. (Hrsg.): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wilby, R. (2007): A review of climate change impacts on the built environment. Built Environment 33(1).
- Zeit (2016): Die Reparatur der Erde. <https://www.zeit.de/2016/45/klimawandel-erderwaermung-ingenieure-methoden-rettung> (letzter Aufruf 14.06.2019, 21:04 Uhr).

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Global und über das Jahr gemittelte Energiebilanz der Erde (Latif 2009).....	9
Abbildung 2: Konzentration von Kohlendioxid (ppm) in den letzten 10000 Jahren und seit 1750 (Latif 2009).....	10
Abbildung 3: Global gemittelte Oberflächentemperatur der Erde seit 1850 bis 2005 (Latif 2009).....	10
Abbildung 4: Erwartete Änderung der mittleren Erdoberflächentemperatur, des mittleren Niederschlags und der Ausdehnung des nordhemisphärischen Meereises in den Jahren 2081-2100, verglichen mit den Jahren 1986-2005 (IPCC 2013).....	11
Abbildung 5: Gemessene und simulierte Temperaturabweichungen vom langjährigen Mittel (1901-1950) seit 1906 für verschiedene Regionen der Erde (German Watch 2010).....	12
Abbildung 6: CO ₂ -Emissionen der verschiedenen Sektoren im Zeitraum 1990-2010, basierend auf den Daten der FAO (ourworldindata.org 2019).....	13
Abbildung 7: Einige mögliche Kippelemente im Erdsystem (Latif 2009).....	14
Abbildung 8: Projektionen der zukünftigen Erwärmung der Erdoberfläche und der Treibhausgas-Emissionen auf Basis jetziger Politiken, Versprechungen und des 1,5°- bzw. 2°-Ziels des IPCC (CAT 2018).....	15
Abbildung 9: Jahresmittel der Temperaturen in Hessen im Zeitraum 1880-2018 (HLNUG 2019).....	16
Abbildung 10: Jahresmittel der Temperaturen in Kassel/Schauenburg im Zeitraum 1978-2018 (HLNUG 2019).....	17
Abbildung 11: Artenreichtum von Vögeln und Schmetterlingen in verschiedenen Bereichen von Stadt und Land (Reichholf 2007).....	18
Abbildung 12: Dichte von Pflanzenarten in verschiedenen Bereichen von Stadt und Umland (Reichholf 2007).....	19
Abbildung 13: Durchschnittliche Artenzahl von Bäumen auf einer Fläche von zehn Quadratkilometern in verschiedenen Lebensräumen (Reichholf 2007)....	21
Abbildung 14: KlimaArtenMatrix (KLAM) der 16 Einstufungen nach Trockentoleranz und Winterhärte (Roloff 2013).....	23
Abbildung 15: Lufttemperaturen 80cm über dem Boden einer besonnten und einer benachbarten, von <i>Tilia tomentosa</i> beschatteten Asphaltfläche (BLWG 2018).....	25

Abbildung 16: Mittlerer Seitentriebzuwachs bei <i>Ulmus</i> und dem salzempfindlichen <i>Acer buergerianum</i> im Zeitraum 2010-2016 an den drei Versuchsstandorten des Projekts „Stadtgrün 2021“ (BLWG 2018)	26
Abbildung 17: Klimafunktionskarten von Kassel im Vergleich 2009 und 2030 (basierend auf Hochrechnungen) (Schneider 2012).....	28
Abbildung 18: Fächerübergreifende Betrachtung des Themas Klimawandel, Anknüpfungspunkte in den verschiedenen Schulfächern	39
Abbildung 19: Kognitives Handlungsmodell nach Andreas Ernst (1997).....	51
Abbildung 20: Integriertes Handlungsmodell nach Rost et al. (2001).....	52
Abbildung 21: Quartalsmittel für den Sommer der Temperaturen in Hessen im Zeitraum 1880-2018 (HLNUG 2019).....	93
Abbildung 22: Jahresgang der Temperaturen in Hessen, Vergleich der Mittelwerte aus den Zeiträumen 1951-1980 und 1981-2010 (HLNUG 2019)	94
Abbildung 23: Jahres-Niederschlagssummen in Hessen im Zeitraum 1880-2018 (HLNUG 2019).....	95
Abbildung 24: Jahres-Niederschlagssummen in Kassel/Schauenburg im Zeitraum 1978-2018 (HLNUG 2019)	96

Abbildungsquellen Arbeitsblätter

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/39/Stra%C3%9Fenbahn_aus_Zusatzzeichen_1048-19.svg/1024px-Stra%C3%9Fenbahn_aus_Zusatzzeichen_1048-19.svg.png

(AB "Ein Bewertungsmodell (Am Beispiel der persönlichen Verkehrsnutzung)")

<https://www.wikihow.com/images/1/18/Draw-a-Cartoon-Car-Step-8-Version-3.jpg> (AB „Ein Bewertungsmodell (Am Beispiel der persönlichen Verkehrsnutzung)“)

http://www.supercoloring.com/sites/default/files/styles/how_to_draw_medium/public/htd/2015/05/bicycle-0-how-to-draw.png

(AB „Ein Bewertungsmodell (Am Beispiel der persönlichen Verkehrsnutzung)“)

<http://media.istockphoto.com/vectors/deforestation-illustration-vector-id451291679>

(AB „Was hat Regenwaldabholzung mit dem Klimawandel zu tun?“)

<http://www.faszination-regenwald.de/info-center/zerstoerung/flaechenverluste.htm>

(AB "Zerstörung des Regenwaldes")

http://www.impulsderzeiten.de/wp-content/uploads/2013/07/palmoel_brot_fuer_die_welt1.jpg

(AB „Zerstörung des Regenwaldes“)

www.baumkunde.de (AB "Häufige Stadtbaumarten")

<http://baconhound.com/wp-content/uploads/2014/02/11513478.jpg>

(AB „Was hat unsere Ernährung mit dem Klimawandel zu tun?“)

www.foodwatch.org (AB „Was hat unsere Ernährung mit dem Klimawandel zu tun?“)

https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Klimawandel_auf_dem_Teller.pdf

(AB „Was hat unsere Ernährung mit dem Klimawandel zu tun?“)

<https://www.bmu.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen-tourismus/produkte-und-konsum/produktbereiche/konsum-und-ernaehrung/>

(AB „Was hat unsere Ernährung mit dem Klimawandel zu tun?“)

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einordnung der Flaum-Eiche (<i>Quercus pubescens</i>) nach der KlimaArtenMatrix (Roloff 2013).....	24
Tabelle 2: Vergleich der Bewertungen der Versuchsbaumarten hinsichtlich Anpasstheit an die Auswirkungen des Klimawandels von verschiedenen Arbeitsgruppen (BLWG 2018)	26
Tabelle 3: Teilkompetenzen und ihre Einordnung in die Kompetenzkategorien der OECD (2005).....	33
Tabelle 4: Kernkompetenzen des Lernbereichs Globale Entwicklung, zugeordnet zu den drei Kompetenzbereichen Erkennen, Bewerten, Handeln (KMK 2014)	36
Tabelle 5: Sechs-Schritt-Modell moralischer Urteilsfindung nach Hößle (2007).....	42
Tabelle 6: Bausteine zur Förderung von ökologischer Bewertungs- und Urteilskompetenz (nach Bögeholz 2006).....	44
Tabelle 7: Einstufung wichtiger Gehölzarten nach ihrer Eignung für die Verwendung im Stadtbereich bei prognostiziertem Klimawandel nach der KlimaArtenMatrix (Roloff 2013).....	97
Tabelle 8: Für die auf der Exkursionsroute vorkommenden Baumarten relevante Schädlinge (nach Roloff 2013).....	108

Anhang

Inhaltsverzeichnis	92
I Ergänzende Grafiken und Tabellen	93
II Auf der Exkursionsroute vorkommende Baumarten	103
III Verlaufsplan der Unterrichtseinheit.....	112
IV Einverständniserklärung.....	115
V Unterrichtsmaterialien	116
VI Eigene Beobachtungen (vom 11.05.2019).....	131

I Ergänzende Grafiken und Tabellen

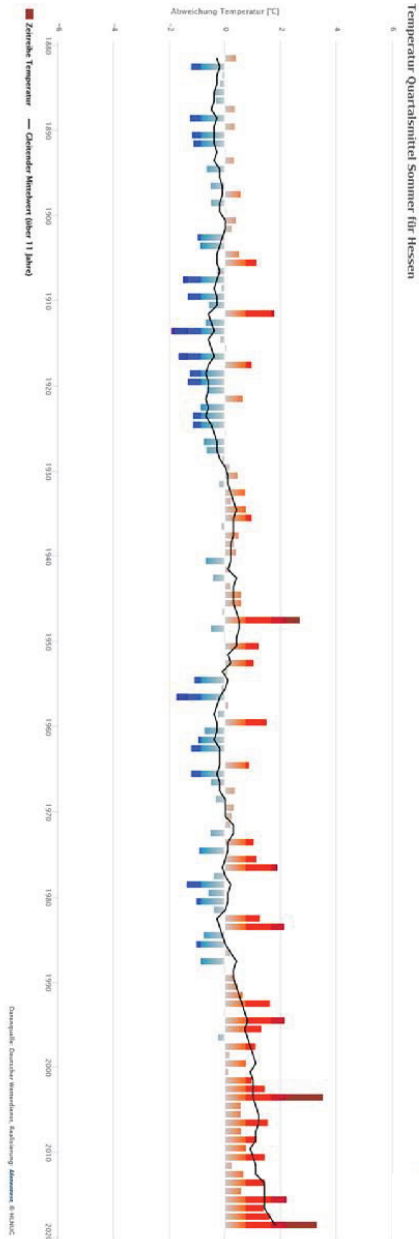


Abbildung 21: Quartalsmittel für den Sommer der Temperaturen in Hessen im Zeitraum 1880-2018 (HLNUG, 2019).

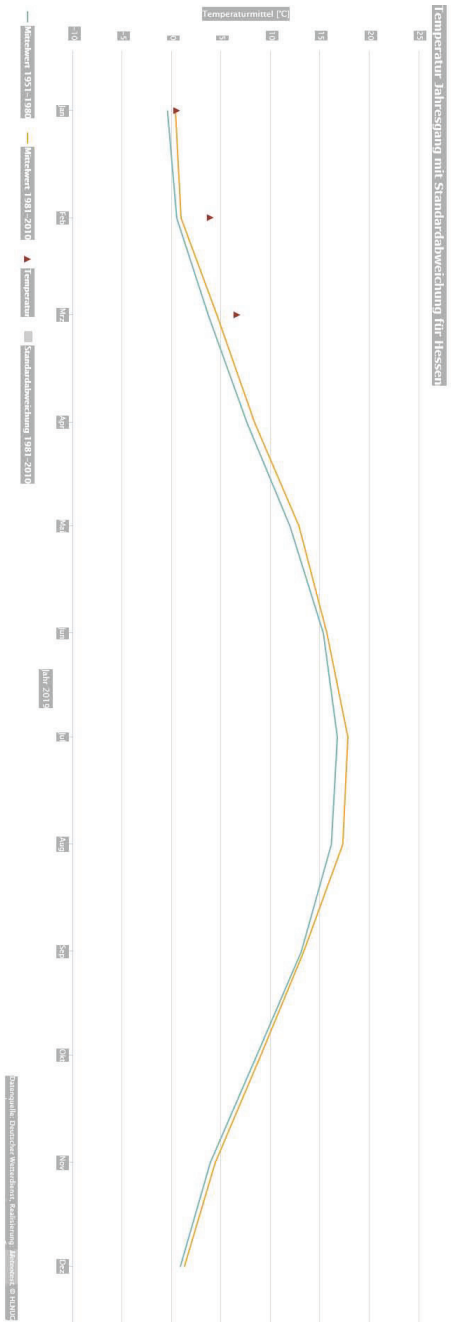


Abbildung 22: Jahresgang der Temperaturen in Hessen, Vergleich der Mittelwerte aus den Zeiträumen 1951-1980 und 1981-2010 (HLNUG, 2019).

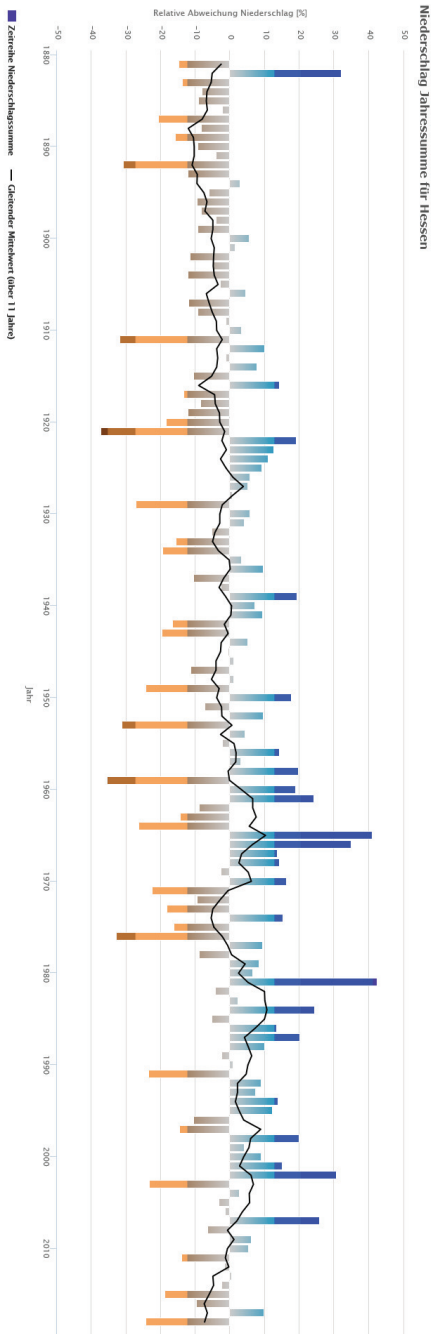


Abbildung 23: Jahres-Niederschlagssummen in Hessen im Zeitraum 1880-2018 (HLNUG, 2019).

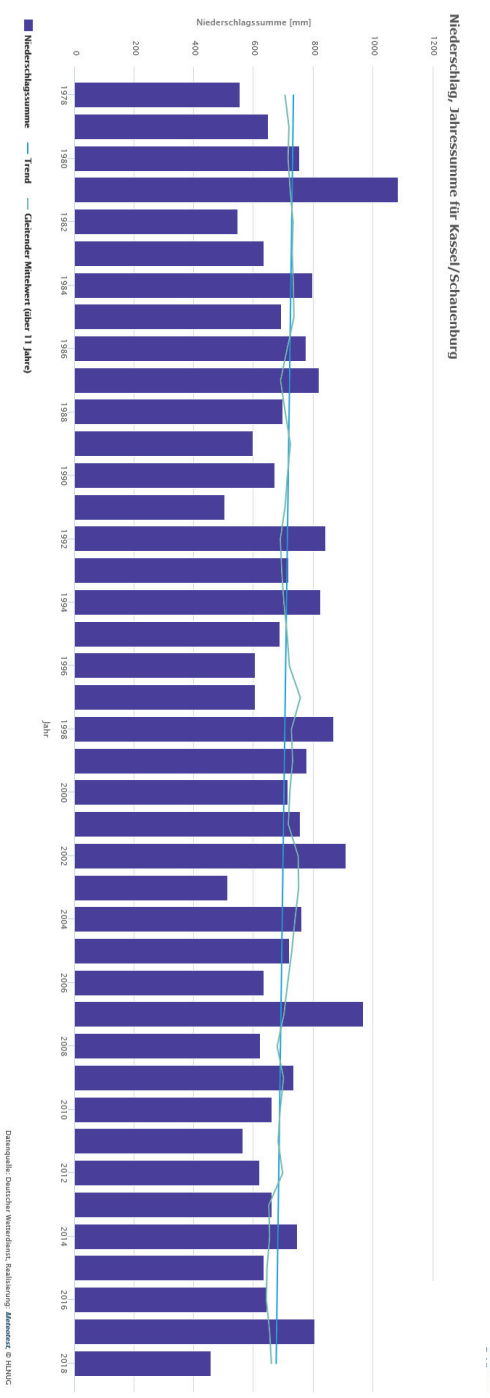


Abbildung 24: Jahres-Niederschlagssummen in Kassel/Schauenburg im Zeitraum 1978-2018 (HLNUG, 2019).

Tabelle 7: Einstufung wichtiger Gehölzarten nach ihrer Eignung für die Verwendung im Stadtbereich bei prognostiziertem Klimawandel nach der KlimaArtenMatrix (Roloff, 2013) (fett: heimische Arten, unterstrichen: auf der Exkursionsroute vorkommende Arten).

<u>Kategorie 1.1: Bäume, die nach beiden Kategorien (Trockentoleranz und Winterhärte) als sehr geeignet eingestuft werden (Bewertung 1.1).</u>		
	Botanischer Name	Deutscher Name
Bäume über 10m	<u><i>Acer campestre</i></u>	Feld-Ahorn
	<i>Acer negundo</i>	Eschen-Ahorn
	<i>Acer x zoeschense</i>	Zoeschener Ahorn
	<i>Alnus incana</i>	Grau-Erle
	<i>Cladastris sinensis</i>	Chinesisches Gelbholz
	<i>Fraxinus pallisiae</i>	Behaarte Esche
	<i>Juniperus communis</i>	Gewöhnlicher Wacholder
	<i>Juniperus scopulorum</i>	Westliche Rotzeder
	<i>Juniperus virginiana</i>	Rotzeder
	<i>Ostrya carpinifolia</i>	Gemeine Hopfenbuche
	<i>Phellodendron sachalinense</i>	Sachalin-Korkbaum
	<i>Pinus heldreichii</i>	Panzer-Kiefer
	<i>Pinus nigra</i>	Schwarz-Kiefer
	<i>Pinus sylvestris</i>	Wald-Kiefer
	<i>Populus tremula</i>	Zitter-Pappel
	<i>Prunus avium</i>	Vogel-Kirsche
	<i>Quercus bicolor</i>	Zweifarbige Eiche
	<i>Quercus macrocarpa</i>	Klettenfrüchtige Eiche
	<u><i>Robinia pseudoacacia</i></u>	Gemeine Robinie
	<i>Robinia viscosa</i>	Klebrige Robinie
<u><i>Sorbus aria</i></u>	Echte Mehlbeere	
<i>Sorbus badensis</i>	Badische Eberesche	
<i>Sorbus x thuringiaca</i>	Thüringer Mehlbeere	
<i>Tilia mandshurica</i>	Mandschurische Linde	
<i>Ulmus pumila</i>	Sibirische Ulme	
Bäume bis 10m	<i>Acer tataricum</i>	Steppen-Ahorn
	<i>Buxus sempervirens</i>	Gewöhnlicher Buchsbaum
	<i>Cornus mas</i>	Kornelkirsche
	<i>Crataegus x lavallei</i>	Lederblättriger Weißdorn
	<i>Crataegus wattiana</i>	Watts Weißdorn
	<i>Pinus aristata</i>	Grannen-Kiefer
	<i>Prunus mahaleb</i>	Felsen-Kirsche
	<i>Rhamnus cathartica</i>	Echter Kreuzdorn
<i>Rhus typhina</i>	Essigbaum	

	<i>Robinia luxurians</i>	Üppige Robinie
	<i>Sorbus folgneri</i>	Folgners Eberesche
Kategorie 1.2: Bäume, die nach der Bewertung in der Kategorie Trockentoleranz als sehr geeignet und in der Kategorie Winterhärte als geeignet eingestuft werden (Bewertung 1.2).		
Bäume über 10m	<i>Acer opalus</i>	Schneeballblättriger Ahorn
	<i>Acer rubrum</i>	Rot-Ahorn
	<i>Ailanthus altissima</i>	Drüsiger Götterbaum
	<i>Carya tomentosa</i>	Spottnuss
	<i>Catalpa speciosa</i>	Prächtiger Trompetenbaum
	<i>Cedrus brevifolia</i>	Zypern-Zeder
	<i>Cedrus libani</i>	Libanon-Zeder
	<i>Celtis caucasia</i>	Kaukasischer Zürgelbaum
	<i>Celtis glabrata</i>	Kahler Zürgelbaum
	<i>Celtis occidentalis</i>	Amerikanischer Zürgelbaum
	<i>Cupressus arizonica</i>	Arizona-Zypresse
	<i>Diospyros lotus</i>	Lotuspflaume
	<i>Fraxinus angustifolia</i>	Schmalblättrige Esche
	<i>Fraxinus quadrangulata</i>	Blau-Esche
	<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo
	<i>Gleditsia japonica</i>	Japanische Gleditschie
	<i>Gleditsia triacanthos</i>	Amerikanische Gleditschie
	<i>Morus alba</i>	Weißer Maulbeerbaum
	<i>Ostrya virginiana</i>	Virginische Hopfenbuche
	<i>Pinus bungeana</i>	Bunges-Kiefer
	<i>Pinus ponderosa</i>	Gelb-Kiefer
	<i>Pinus rigida</i>	Pech-Kiefer
	<i>Platanus x hispanica</i>	Ahornblättrige Platane
	<i>Platycladus orientalis</i>	Morgenländischer Lebensbaum
	<i>Populus alba</i>	Silber-Pappel
	<i>Quercus cerris</i>	Zerr-Eiche
	<i>Quercus coccinea</i>	Scharlach-Eiche
	<i>Quercus frainetto</i>	Ungarische Eiche
	<i>Quercus macranthera</i>	Persische Eiche
	<i>Quercus muehlenbergii</i>	Gelb-Eiche
	<i>Quercus prinus</i>	Kastanien-Eiche
	<i>Quercus pubescens</i>	Flaum-Eiche
<i>Sophora japonica</i>	Japanischer Schnurbaum	
<i>Sorbus domestica</i>	Speierling	
<i>Sorbus latifolia</i>	Breitblättrige Mehlbeere	
<i>Sorbus torminalis</i>	Elsbeere	

	<i>Tilia tomentosa</i>	Silber-Linde
Bäume bis 10m	<i>Acer monspessulanum</i>	Französischer Ahorn
	<i>Carpinus orientalis</i>	Orientalische Hainbuche
	<i>Celtis glabrata</i>	Kahler Zürgelbaum
	<i>Colutea arborescens</i>	Gewöhnlicher Blasenstrauch
	<i>Elaeagnus commutata</i>	Silber-Ölweide
	<i>Juniperus rigida</i>	Nadel-Wacholder
	<i>Maclura pomifera</i>	Osagedorn
	<i>Prunus armeniaca</i>	Kultur-Aprikose
	<i>Prunus cerasifera</i>	Kirschpflaume
	<i>Pyrus calleryana</i>	Chinesische Birne
	<i>Pyrus salicifolia</i>	Weidenblättrige Birne
	<i>Pyrus spinosa</i>	Dornige Birne
	<i>Quercus libani</i>	Libanon-Eiche
	<i>Rhus chinensis</i>	Gallen-Sumach
	<i>Rhus sylvestris</i>	Wald-Sumach
<i>Tamarix tetrandra</i>	Viermännige Tamariske	
Kategorie 1.3: Bäume, die in der Kategorie Trockentoleranz als sehr geeignet und in der Kategorie Winterhärte als problematisch eingestuft werden (Bewertung 1.3)		
Bäume über 10m	<i>Celtis australis</i>	Südlicher Zürgelbaum
	<i>Celtis reticulata</i>	Netznerviger Zürgelbaum
	<i>Gleditsia sinensis</i>	Chinesische Gleditschie
	<i>Pinus armandii</i>	Armands Kiefer
	<i>Pinus coulteri</i>	Coulters Kiefer
	<i>Platanus orientalis</i>	Morgenländische Platana
Bäume bis 10m	<i>Crataegus azarolus</i>	Welsche Mispel
	<i>Prunus sibirica</i>	Sibirische Aprikose
Kategorie 1.4: Bäume, die in der Kategorie Trockentoleranz als sehr geeignet und in der Kategorie Winterhärte als nur sehr eingeschränkt geeignet eingestuft werden (Bewertung 1.4)		
Bäume über 10m	<i>Cedrus atlantica</i>	Atlas-Zeder
	<i>Cedrus libani</i>	Libanon-Zeder
	<i>Cupressus sempervirens</i>	Mittelmeer-Zypresse
	<i>Fraxinus omus</i>	Blumen-Esche
	<i>Juniperus excelsa</i>	Kleinasiatischer Wacholder
	<i>Pinus monophylla</i>	Einnadelige Kiefer
Bäume bis 10m	<i>Cercis siliquastrum</i>	Gemeiner Judasbaum
	<i>Fraxinus xanthoxyloides</i>	Afghanische Eiche
	<i>Idesia polycarpa</i>	Orangenkirsche
	<i>Juniperus foetidissima</i>	Stinkender Baum-Wacholder
	<i>Juniperus oxycedrus</i>	Rotbeeriger-Wacholder

	<u>Koelreuteria panicuata</u>	Rispiger Blasenbaum
	<u>Prunus dulcis</u>	Kultur-Mandel
Kategorie 2.1: Bäume, die in der Kategorie Trockentoleranz als geeignet und in der Kategorie Winterhärte als sehr geeignet eingestuft werden (Bewertung 2.1)		
Bäume über 10m	<u>Acer buergerianum</u>	Dreispitziger Ahorn
	<u>Acer platanoides</u>	Spitz-Ahorn
	<u>Aesculus x carnea</u>	Rotblühende Kastanie
	<u>Alnus x spaethii</u>	Spaeths Erle
	<u>Betula pendula</u>	Sand-Birke
	<u>Carpinus betulus</u>	Gemeine Hainbuche
	<u>Crataegus laciniata</u>	Woll-Apfel
	<u>Fraxinus pennsylvanica</u>	Grün-Esche
	<u>Malus tschonoskii</u>	Woll-Apfel
	<u>Picea omorika</u>	Serbische Fichte
	<u>Populus x berlinensis</u>	Berliner Pappel
	<u>Quercus robur</u>	Stiel-Eiche
	<u>Sorbus intermedia</u>	Schwedische Mehlbeere
	<u>Tilia cordata</u>	Winter-Linde
<u>Tilia x euchlora</u>	Krim-Linde	
Bäume bis 10m	<u>Amelanchier arborea</u>	<u>Schnee-Felsenbirne</u>
	<u>Crataegus crus-galli</u>	Hahnensporn-Weißdorn
	<u>Crataegus monogyna</u>	Eingrifflicher Weißdorn
	<u>Hippophae rhamnoides</u>	Gewöhnlicher Sanddorn
	<u>Pinus mugo</u>	Berg-Kiefer
	<u>Salix caprea</u>	Sal-Weide
Kategorie 2.2: Bäume, die in beiden Kategorien (Trockentoleranz und Winterhärte) als geeignet eingestuft werden (Bewertung 2.2)		
Bäume über 10m	<u>Alnus cordata</u>	Herblättrige Erle
	<u>Carya ovata</u>	Schuppenrinden-Hickory
	<u>Castanea sativa</u>	Ess-Kastanie
	<u>Celtis bungeana</u>	Bungens Zürgelbaum
	<u>Corylus colurna</u>	<u>Baum-Hasel</u>
	<u>x Cupressocyparis leylandii</u>	Leylandzypresse
	<u>Diospyros virginiana</u>	Persimone
	<u>Fraxinus excelsior</u>	Gemeine Esche
	<u>Gymnocladus dioicus</u>	Amerikanischer Geweihbaum
	<u>Liquidambar styraciflua</u>	Amerikanischer Amberbaum
	<u>Maackia amurensis</u>	Asiatisches Gelbholz
	<u>Nyssa sylvatica</u>	Wald-Tupelobaum
	<u>Phellodendron amurense</u>	Amur-Korkbaum
<u>Pinus peuce</u>	Rumelische Kiefer	

	<i>Platanus occidentalis</i>	Amerikanische Platane
	<i>Pyrus communis</i>	Kultur-Birne
	<i>Pyrus pyraeaster</i>	Wild-Birne
	<i>Quercus imbricaria</i>	Schindel-Eiche
	<i>Quercus palustris</i>	Sumpf-Eiche
	<i>Quercus petraea</i>	Trauben-Eiche
	<i>Quercus rubra</i>	Rot-Eiche
	<i>Ulmus parvifolia</i>	Chinesische Ulme
	<i>Zelkova serrata</i>	Japanische Zelkove
Bäume bis 10m	<i>Cercis canadensis</i>	Kanadischer Judasbaum
	<i>Laburnum anagyroides</i>	Gewöhnlicher Goldregen
	<i>Mespilus germanica</i>	Mispel
	<i>Pterostyrax hispida</i>	Borstiger Flügelstorax
	<i>Pyrus elaeagnifolia</i>	Ölweidenblättrige Birne
Kategorie 2.3: Bäume, die in der Kategorie Trockentoleranz als geeignet und in der Kategorie Winterhärte als problematisch eingestuft werden (Bewertung 2.3)		
Bäume über 10m	<i>Morus nigra</i>	Schwarzer Maulbeerbaum
Bäume bis 10m	<i>Fraxinus syriaca</i>	Syrische Esche
Kategorie 2.4: Bäume, die in der Kategorie Trockentoleranz als geeignet und in der Kategorie Winterhärte als nur sehr eingeschränkt geeignet eingestuft werden (Bewertung 2.4)		
Bäume über 10m	<u><i>Paulownia tomentosa</i></u>	<u>Kaiser-Paulownie</u>
	<i>Pterocarya stenoptera</i>	Chinesische Flügelnuss
	<i>Quercus falcata</i>	Sumpf-Rot-Eiche
Bäume bis 10m	<i>Broussonetia papyrifera</i>	Papiermaulbeerbaum
	<i>Quercus marilandica</i>	Black-Jack-Eiche
Kategorie 3.1: Bäume, die in der Kategorie Trockentoleranz als problematisch und in der Kategorie Winterhärte als sehr geeignet eingestuft werden (Bewertung 1.3)		
Bäume über 10m	<i>Acer saccharinum</i>	Silber-Ahorn
	<i>Acer velutinum</i>	Samt-Ahorn
	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	Urweltmammutbaum
	<i>Populus laurifolia</i>	Lorbeerblättrige Pappel
	<i>Populus x canescens</i>	Grau-Pappel
	<i>Salix alba</i>	Silber-Weide
	<i>Sorbus aucuparia</i>	Gewöhnliche Eberesche
	<i>Tilia americana</i>	Amerikanische Linde
	<i>Tilia x vulgaris</i>	Holländische Linde
Bäume	<i>Acer glabrum</i>	Kahler Ahorn

bis 10m	<i>Crataegus laevigata</i>	Zweigrifflicher Weißdorn
	<i>Prunus x schmittii</i>	Schmitts Kirsche
Kategorie 3.2: Bäume, die in der Kategorie Trockentoleranz als problematisch und in der Kategorie Winterhärte als geeignet eingestuft werden (Bewertung 3.2)		
Bäume über 10m	<i>Aesculus hippocastanum</i>	<u>Gemeine Rosskastanie</u>
	<i>Carya cordiformis</i>	Bitternuss
	<i>Carya ovalis</i>	Süße Ferkelnuss
	<i>Fagus sylvatica</i>	Rot-Buche
	<i>Liriodendron tulipifera</i>	<u>Amerikanischer Tulpenbaum</u>
	<i>Picea asperata</i>	Raue Fichte
	<i>Populus simonii</i>	Simons Pappel
	<i>Prunus sargentii</i>	Berg-Kirsche
	<i>Quercus phellos</i>	Weiden-Eiche
	<i>Tilia platyphyllos</i>	Sommer-Linde
Bäume bis 10m	<i>Crataegus phaenopyrum</i>	Washington-Weißdorn
	<i>Magnolia kobus</i>	Kobushi-Magnolie
	<i>Malus sylvestris</i>	Holz-Apfel
	<i>Quercus ilicifolia</i>	Busch-Eiche
Kategorie 3.3: Bäume, die in beiden Kategorien (Trockentoleranz und Winterhärte) als problematisch eingestuft werden (Bewertung 3.3)		
Bäume über 10m	<i>Catalpa bignonioides</i>	Gewöhnlicher Trompetenbaum
	<i>Juglans regia</i>	Gemeine Walnuss
	<i>Pterocarya fraxinifolia</i>	Kaukasische Flügelnuss
Kategorie 3.4: Bäume, die in der Kategorie Trockentoleranz als problematisch und in der Kategorie Winterhärte als nur sehr eingeschränkt geeignet eingestuft werden (Bewertung 3.4)		
Bäume über 10m	<i>Cedrus deodora</i>	Himalaja-Zeder
	<i>Pinus wallichiana</i>	Tränen-Kiefer
	<i>Tetradium daniellii</i>	Samthaarige Stinkesche
Kategorie 4.1: Bäume, die in der Kategorie Trockentoleranz als nur sehr eingeschränkt geeignet und in der Kategorie Winterhärte als sehr geeignet bewertet werden (Bewertung 4.1)		
Bäume über 10m	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn
	<i>Betula papyrifera</i>	Papier-Birke
	<i>Ulmus glabra</i>	Berg-Ulme
	<i>Ulmus x hollandica</i>	Holländische Ulme
Kategorie 4.2: Bäume, die in der Kategorie Trockentoleranz als nur sehr eingeschränkt geeignet und in der Kategorie Winterhärte als geeignet bewertet werden (Bewertung 4.2)		
Bäume über 10m	<i>Alnus glutinosa</i>	Schwarz-Erle
	<i>Carya illinoensis</i>	Pekannuss
	<i>Picea schrenkiana</i>	Schrenks Fichte

	<i>Prunus padus</i>	Traubenkirsche
<u>Kategorie 4.3:</u> Bäume, die in der Kategorie Trockentoleranz als nur sehr eingeschränkt geeignet und in der Kategorie Winterhärte als problematisch bewertet werden (Bewertung 4.3)		
Bäume über 10m	<i>Acer heldreichii</i>	Griechischer Berg-Ahorn
	<i>Carya laciniosa</i>	Königsnuss
Bäume bis 10m	<i>Betula utilis</i>	Weißer Himalaja-Birke
<u>Kategorie 4.4:</u> entfällt, da zu sehr eingeschränkte Eignung		

II Auf der Exkursionsroute vorkommende Baumarten

Acer campestre (Feldahorn)

- Verbreitung: Europa bis Nordiran
- Sehr hitzetolerant (tolanter als die anderen beiden heimischen Arten Spitzahorn (*Acer platanoides*) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*))
- Sehr frosttolerant
- Raschwüchsig, häufig zur Begrünung von Straßenrändern eingesetzt



Acer platanoides (Spitzahorn)

- Verbreitung: Mitteleuropa und Westasien
- Hitzetolerant (nicht so sehr wie der Feldahorn (*Acer campestre*))
- Sehr frosttolerant
- Im Herbst attraktive gelb-orange Färbung, häufig als Alleenbaum gepflanzt



Aesculus hippocastanum (Gemeine Rosskastanie)

- Verbreitung: ursprünglich aus den Balkanländern stammend, mittlerweile in Mitteleuropa eingebürgert
- Wenig hitzetolerant (verträgt nur vorübergehende Trockenheit)
- Frosttolerant
- Häufig Befall durch die Rosskastanienminiermotte, die große Schäden verursacht
- Anders als bei der Edel(Ess-)Kastanie (*Castanea sativa*), einer anderen heimischen Kastanienart, die mit der Rosskastanie aber nicht näher verwandt ist, sind die Früchte der Rosskastanie giftig. Aus diesem Umstand entstand vermutlich der Name, da man die Früchte früher häufig an Pferde verfütterte.



Amelanchier arborea (Baum-Felsenbirne)

- Verbreitung: östliches Nordamerika (Ostkanada bis Florida)
- Hitzetolerant (verträgt zwar Hitze und starke Sonneneinstrahlung, muss dann aber bewässert werden)
- Sehr frosttolerant
- In der Natur bis 20 Meter hoher Baum, in Kultur und als Straßenbaum oft nur als Strauch



Carpinus betulus (Hainbuche)

- Verbreitung: Mitteleuropa
- Hitzetolerant (aber nicht stark Trockenheitstolerant)
- Sehr frosttolerant
- Trotz des Namens gehört die Hainbuche nicht zu den Buchen, sondern zu den Birkengewächsen.



Corylus colurna (Türkische Hasel)

- Verbreitung: Südosteuropa und Kleinasien
- Hitzetolerant
- Frosttolerant
- Verträgt Luftverschmutzung sehr gut. Früchte sind essbar, aber kleiner als im Handel erhältliche Haselnüsse, die meist von der Laberts-Hasel (*Corylus maxima*) stammen.



Fagus sylvatica (Rotbuche)

- Verbreitung: Mitteleuropa (häufigste Laubbaumart in heimischen Wäldern)
- Wenig hitzetolerant (verträgt längere Dürreperioden nicht)
- Frosttolerant
- Weil es besonders robust ist, wird Buchenholz häufig für Jugendmöbel und auch als Bodenbelag genutzt.



Fraxinus excelsior (Gemeine Esche)

- Verbreitung: Mitteleuropa
- Hitzetolerant
- Frosttolerant
- Häufig Befall durch den Pilz Falsches Weißes Stengelbecherchen (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*): Eschentriebsterben. Der Pilz verursacht teils starke, deutlich sichtbare Schäden an den Bäumen.



Gleditsia triacanthos (Amerikanische Gleditschie)

- Verbreitung: Östliches Nordamerika
- Sehr hitzetolerant
- Wenig frosttolerant
- Wird gelegentlich als Park- oder Straßenbaum gepflanzt, wegen der höheren Temperaturen in Städten ist die Gleditschie dann trotz der geringen Frosttoleranz winterhart.



Koelreuteria paniculata (Rispiger Blasenbaum)

- Verbreitung: Japan, China und Korea
- Sehr hitzetolerant
- Sehr wenig frosttolerant
- Blasenartige Früchte (ähneln optisch einer Physalis), daher der deutsche Name. Wegen der höheren Temperaturen in Städten ist Koelreuteria trotz der sehr geringen Frosttoleranz winterhart.



Liriodendron tulipifera (Tulpenbaum)

- Östliches und südöstliches Nordamerika
- Sehr hitzetolerant
- Sehr wenig frosttolerant
- Vor allem in Nordamerika häufig als Holzlieferant genutzt. Wegen der attraktiven Herbstfärbung wird der Tulpenbaum auch in Europa häufig als Park- oder Straßenbaum gepflanzt und ist wegen der höheren Temperaturen in Städten trotz der geringen Frosttoleranz winterhart.



Paulownia tomentosa (Blauglockenbaum)

- Verbreitung: Ostasien
- Hitzetolerant
- Sehr wenig frosttolerant
- Das Holz ist sehr schwer entflammbar und wird daher in Japan beispielsweise für traditionell feuersichere Kimonoschränke verwendet. Als junger Baum muss Paulownia im Winter vor Frost geschützt werden (zum Beispiel durch spezielle Matten), später ist der Baum dann aber winterhart.



Quercus ilex (Stein-Eiche)

- Verbreitung: Mittelmeergebiet
- Sehr hitzetolerant
- Wenig frosttolerant
- Wird auf den Pyrenäen zur Schweinemast angebaut. Die Tiere werden zur Mastzeit mit den Eicheln gefüttert, sie tragen maßgeblich zu Geschmack, Farbe und Konsistenz des aus dem Fleisch häufig hergestellten Iberischen Schinkens bei.



Quercus robur (Stiel-Eiche)

- Verbreitung: Mitteleuropa bis Kaukasus
- Hitzetolerant (aber empfindlich gegenüber Absenkung des Grundwasserspiegels durch lange Trockenperioden: Ausdünnen der Krone)
- Sehr frosttolerant
- Kann sehr alt werden (500-800 Jahre), bei den Germanen dem Gott Donar geweiht (Donareichen), auch heute noch als Symbolbaum für Standhaftigkeit, Weisheit und Heldentum.



Robinia pseudoacacia (Robinie)

- Verbreitung: ursprünglich Nordamerika, in Europa eingebürgert
- Sehr hitzetolerant
- Sehr frosttolerant
- Als Stadtbaum gut geeignet, problematisch ist allerdings die hohe Windbrüchigkeit der Äste



Sorbus aria (Echte Mehlbeere)

- Verbreitung: Mitteleuropa
- Sehr hitzetolerant
- Sehr frosttolerant
- Holz kaum genutzt, die kleinen Früchte werden manchmal als Mehlersatz genutzt (Namensherkunft)



Für die betrachteten Arten relevante Schädlinge

Die Stadtbaumarten begegnen neben dem Klimawandel einer weiteren Problematik: Den zahlreichen Arten von Schädlingen. Fast jede der betrachteten Baumarten ist einer oder gleich mehreren Arten von Schädlingen ausgesetzt. In vielen Fällen sind die dadurch hervorgerufenen Schäden jedoch für den Laien unauffällig. Auch ist für die meisten Arten noch nicht ausreichend erforscht, ob, in welchem Maß und in welcher Weise ein kausaler Zusammenhang zwischen Klimawandel und Schädlingsbefall besteht. Lediglich für einige Arten liegen dazu Daten vor (siehe Abschnitt 1.4.2). Aus diesen Gründen wird auf den Aspekt „Schädlinge“ beim Durchführen der Exkursion im Rahmen der Unterrichtseinheit kein starker Fokus gesetzt. Bei einigen auf der Exkursionsroute stehenden Bäumen kann es aber durchaus sinnvoll sein, den Schüler*innen bewusst zu machen, dass hier nicht nur die Auswirkungen des Klimawandels, sondern auch der Befall mit Schädlingen verantwortlich sind für die zu beobachtenden Schäden. Bei der Begehung der Exkursionsroute im Frühjahr 2019 war nur an zwei Baumarten eine so starke Schädigung, die wahrscheinlich auf Schädlingsbefall zurückzuführen ist, zu beobachten, dass das Thema Schädlinge im Unterricht explizit erwähnt werden sollte: Bei *Aesculus hippocastanum* (Befall durch die Kastanienminiermotte) und *Fraxinus excelsior* (Eschentriebsterben durch Befall mit dem falschen weißen Stängelbecherchen). Hier wurden Verweise auf die Schädlinge direkt in die Unterrichtsmaterialien eingebaut (siehe obige Baumliste und Anhang V, AB 3). Einige an Kasseler Stadtbäumen auftretende Schädlinge sind für eine erste Übersicht zu diesem Thema in Tab. 8 aufgelistet.

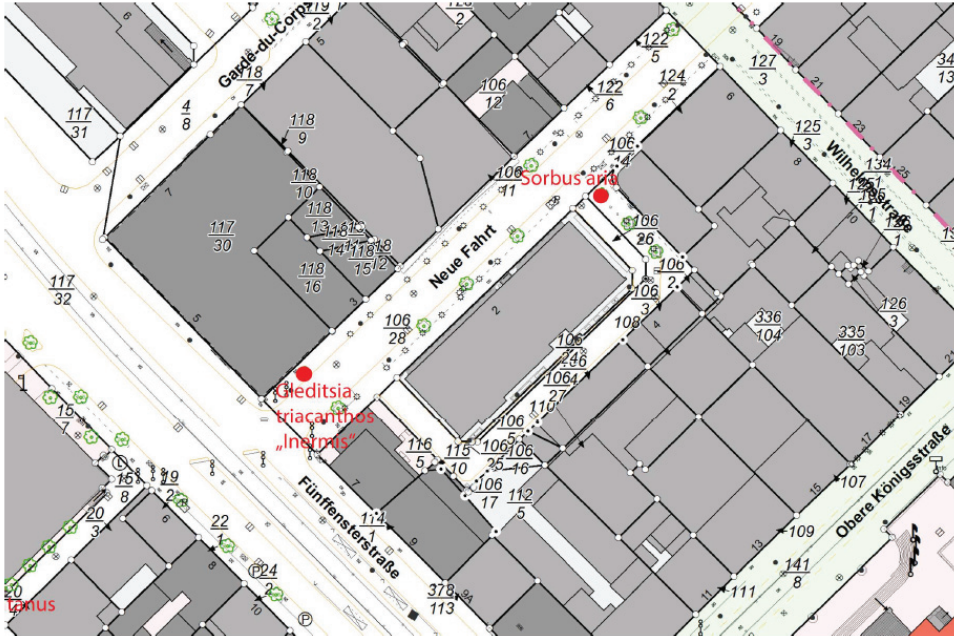
Tabelle 8: Einige für die auf der Exkursionsroute vorkommenden Baumarten relevante Schädlinge (nach Roloff, 2013 und V. Lange, Umwelt- und Gartenamt Kassel, mündlich).

Baumart	Schädlinge
<i>Acer campestre</i> (Feldahorn), <i>Acer platanoides</i> (Spitzahorn), <i>Aesculus Hippocastanum</i> (Gemeine Rosskastanie), auch <i>Tilia spec.</i>	Wollige Napfschildlaus (<i>Pulvinaria regalis</i>)
<i>Aesculus hippocastanum</i> (Gemeine Rosskastanie)	Rosskastanienminiermotte (<i>Cameraria ohridella</i>)
<i>Corylus colurna</i> (Türkische Hasel)	Pilzbefall, z.B. durch <i>Phyllosticta coryli</i>
<i>Fraxinus excelsior</i> (Gemeine Esche)	Eschentriebsterben durch das falsche weiße Stängelbecherchen (<i>Hymenoscyphus fraxineus</i>)
<i>Amelanchier arborea</i> (Baum-Felsenbirne), <i>Sorbus aria</i> (Echte Mehlbeere), auch <i>Crataegus spec.</i>	Birnenprachtkäfer (<i>Agrilus sinuatus</i>)
<i>Platanus x hispanica</i> (Gewöhnliche Platane): Kommt nicht auf der Exkursionsroute vor, ist aber ein sehr häufiger Stadtbaum.	Massaria-Krankheit, ausgelöst durch den Schlauchpilz <i>Splanchnonema platani</i>

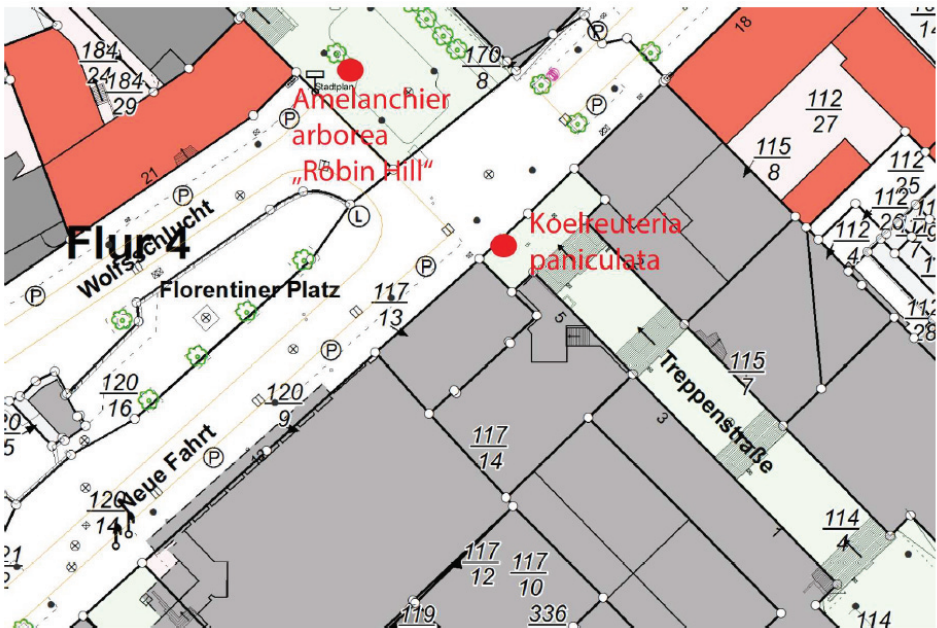
Karte der Exkursionsroute (Quelle: Umwelt- und Gartenamt Kassel)



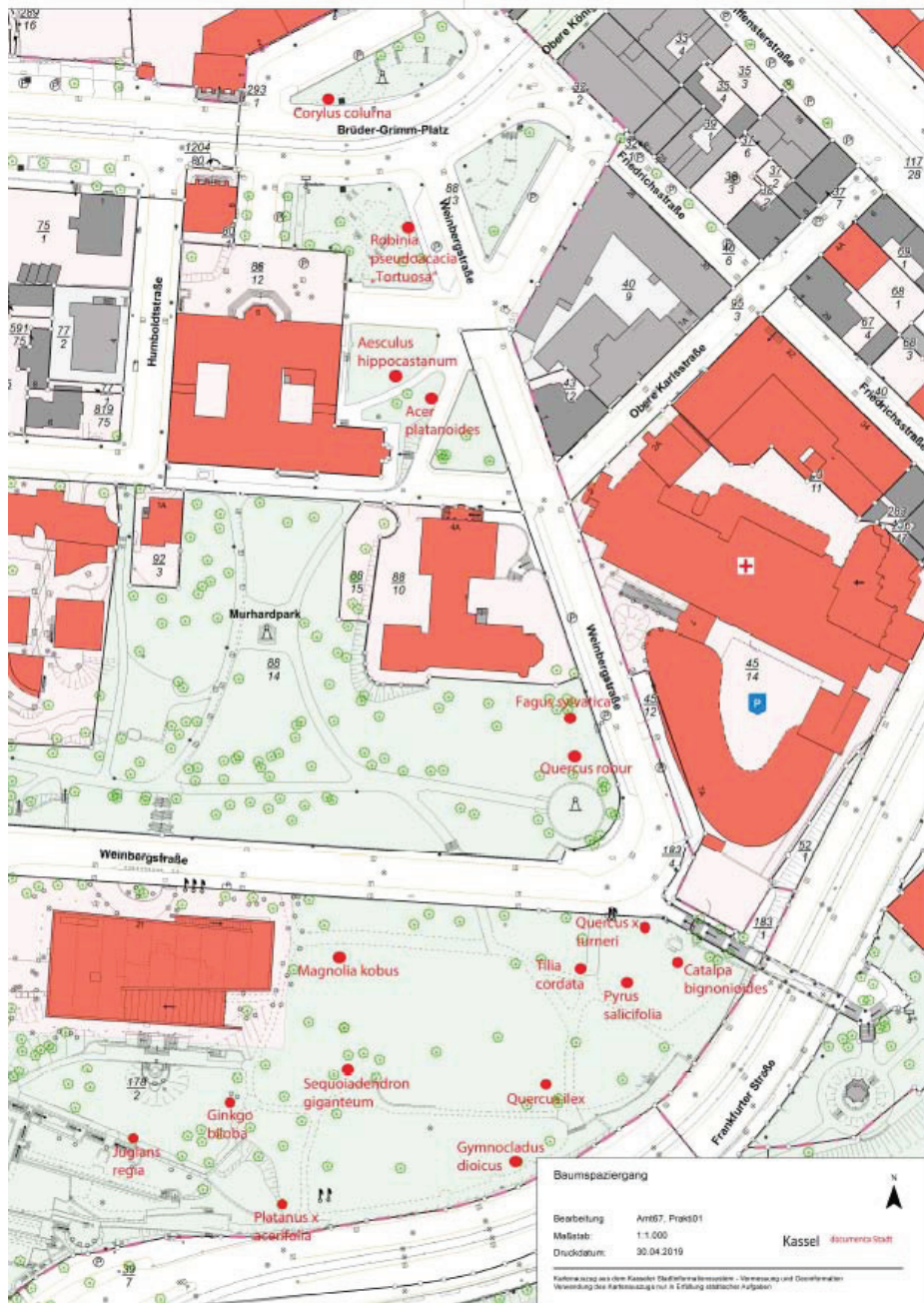
Lutherplatz



Neue Fahrt



Treppenstraße



Weinberg

III Verlaufsplan der Unterrichtseinheit

Stunde(n)	Inhalt (fett: explizit ausgearbeitet)	Lernziele: Die Schüler*innen...	Kompetenzen	Material	Sozialformen
1./2.	<ul style="list-style-type: none"> - Was ist der Treibhauseffekt? (Einstieg mit einer Grafik, Textarbeit) - Anthropogener Treibhauseffekt (Textarbeit) - Klimawandel: Konkrete Zahlen für Kassel (Umgang mit Grafiken) 	<p>...erarbeiten auf Grundlage von Texten die Rolle des anthropogenen Treibhauseffekts für den Klimawandel.</p> <p>... erfassen die zentralen Daten aus Grafiken zu Klimaveränderungen in der Region.</p>	F1, F2, K1, N1	Grafik (Beamer oder OHP), ABs mit Texten, Tafel, Grafiken zum Klimawandel in Kassel	Plenum, Partnerarbeit, Einzelarbeit
3./4.	<ul style="list-style-type: none"> - Klimawandel als Herausforderung für Stadtbäume (Einstieg mit einem Video) - Kennenlernen einiger Arten von heimischen Bäumen und Stadtbäumen (Recherche mit Tablets und/oder Büchern) - Organisatorische Vorbereitung der Exkursion 	<p>... bestimmen mit Hilfe von Recherche im Internet oder in Büchern die vorgegebenen Stadtbaumarten.</p> <p>... entwickeln erste Vermutungen zur Relevanz von Neupflanzungen von Stadtbaumarten in Hinsicht auf den Klimawandel.</p>	K1	Video HR, AB mit Stadtbaumarten (AB 3), Tablets/Bücher zur Bestimmung der Arten	Plenum, Partnerarbeit
5.-7. (Exkursion)	<ul style="list-style-type: none"> - Dokumentieren von Schäden, Kennenlernen und Wiedererkennen der Stadtbaumarten 	<p>... notieren (und fotografieren) die an den Stadtbäumen zu beobachtenden Schäden.</p> <p>... verwenden das Kartenmaterial und die Artenliste (in der vorherigen Doppelstunde erarbeitet), um die Stadtbaumarten zu finden.</p>	E1	AB mit Stadtbaumarten (AB 3), AB „Exkursion: Stadtbäume im Klimawandel“ (AB 7)	Exkursion (Gruppenarbeit)

8./9.	<ul style="list-style-type: none"> - Erinnerung an die Exkursion - Vergleichen der dokumentierten Schäden an den Bäumen (Ausfüllen der Tabelle, Vergleich mit einer anderen Gruppe) - Was fällt dabei auf? Warum werden fremde Arten gepflanzt? (Placemat) - Zeitungsartikel aus der HNA zu exotischen Bäumen in Kassel (Abschluss) 	<p>... notieren Eigenschaften der Stadtbaumarten in der Tabelle. ... erkennen und erläutern die Zusammenhänge zwischen Stadtbaumarten, Schäden und dem Klimawandel.</p>	K2	<p>Zeitungsartikel HNA (AB 2), AB „Exkursion: Stadtbäume im Klimawandel“ (AB 7)</p>	Plenum, Gruppenarbeit
10./11.	<ul style="list-style-type: none"> - Rückbezug zu Stadtbäumen, Weiterführung zu ÖPNV (Einstieg mit einem Video) - Kurze Einführung zum Thema BNE und Werte und Bewerten - Bewertungsschema durchlaufen für ÖPNV - sich über die Bewertung austauschen (jeweils zwei Schüler*innen kommen zusammen und tauschen sich aus) - konkrete Handlungsmöglichkeiten sammeln (Plenum: Tafel) 	<p>... führen eine Bewertung zum Thema persönliche Verkehrsnutzung durch (mit Hilfe der vorgegebenen Schritte). ... reflektieren ihr eigenes Handeln. ... verwenden die Grafiken zur Bewertung des Themas persönliche Verkehrsnutzung.</p>	K1, K3, B1, B2, N1, N5, N7, GT3	<p>Video Umweltbundesamt, Tafel, AB Bewertungsschema (AB 1)</p>	Plenum, Partnerarbeit, Gruppenarbeit
12./13.	<ul style="list-style-type: none"> - Einstieg mit einem Bild/Video zu aktuellen Problemen durch den Klimawandel - Theorie: Kippunkte (Textarbeit) - Aktuelle Probleme im Themenfeld 	<p>... erläutern die Relevanz von Kippunkten für den Klimawandel. ... notieren Problematik, Handlungsmöglichkeiten, dahinterliegende Interessen und</p>	K1, B1, B2, N1, N4, N5, N7, N8, N11,	<p>Bild/Video zum Einstieg, Text zu Kippunkten, AB mit Tabelle zum Bewerten (AB 6),</p>	Plenum, Einzelarbeit, Partnerarbeit

	<p>Klimawandel: Dürren, Überschwemmungen, Gletscherschwund, Regenwaldabholzung</p> <p>- bewertende Betrachtung der Themenfelder Ernährung und Regenwaldabholzung, Benennung von Handlungsalternativen (Textarbeit und Ausfüllen der Bewertungstabelle)</p> <p>- eigenen Plan erstellen: Was kann ich tun, was ist erreichbar? (Einzelarbeit: Ausfüllen des Tabellenfeldes zum eigenen Plan)</p>	<p>Werte und ihre persönlichen Handlungsmöglichkeiten in der Tabelle und führen so eine Bewertung zu den Themen Ernährung und Regenwaldabholzung durch.</p> <p>... reflektieren ihre eigene Rolle und formulieren eigene Handlungsalternativen und Ziele.</p>	<p>GT3, GE1, GE2, GE4</p>	<p>ABs zu den Themenfeldern Ernährung und Regenwaldabholzung (AB 4,5) und dort vermerkte Videos (Tablet)</p>	
14.	<p>- Abschluss der Einheit: Überblick und Rückblick</p> <p>- Politische Forderungen (1,5 Grad-Ziel)</p> <p>- aktuelle Themen: Problematiken, Politik, gesellschaftliche Bewegungen (Fridays for Future, ...)</p>	<p>... erläutern den Zusammenhang zwischen Treibhauseffekt, Stadtbäumen, Ernährung, Verkehr und ihrem persönlichen Verhalten.</p> <p>... ordnen aktuelle Themen und politische Forderungen in diesen Zusammenhang ein.</p>	<p>F1, F2, K1, N1, N7, N11, GT3</p>	<p>Passende Medien zu den ausgewählten Themen, Text zum 1,5 Grad-Ziel</p>	<p>Plenum, Partnerarbeit</p>

IV Einverständniserklärung

Mustervogel Gymnasium, Muster-Straße 42, Kassel

An die Eltern und Erziehungsberechtigten des Leistungskurses Biologie Q2

Sehr geehrte Eltern und Erziehungsberechtigte,

im Rahmen des Halbjahres Q2 (Ökologie) findet eine Betrachtung des Themas Klimawandel statt. Dabei sollen die Auswirkungen direkt in der Stadt Kassel sichtbar gemacht werden. Hierfür werde ich mit den Schüler*innen am xx.xx.xxxx in der xx-xx Stunde (xx Uhr- xx Uhr) eine Exkursion durch die Kasseler Innenstadt durchführen. Die Schüler*innen finden sich dabei selbstständig am Treffpunkt Weinberg ein und werden am Endpunkt der Exkursion (Lutherplatz) entlassen und kehren dann zum Schulunterricht zurück. Die Schüler*innen bewegen sich während der Exkursion in Kleingruppen von 3-4 Personen selbstständig durch die Kasseler Innenstadt und dokumentieren Schäden an den Stadtbäumen.

Es fallen keine Kosten für diese Exkursion an.

Ich bitte Sie, die untenstehende Einverständniserklärung auszufüllen und mir bis spätestens zum xx.xx wieder zukommen zu lassen.

Mit freundlichen Grüßen

xxxxx

Ich habe die Informationen zur Durchführung der Exkursion am xx.xx von xxx bis xxx zur Kenntnis genommen. Ich bin damit einverstanden, dass mein Kind sich in Kleingruppen selbstständig entlang der festgelegten Exkursionsroute bewegen darf.

Ort, Datum

Unterschrift

V Unterrichtsmaterialien



AB 1: Ein Bewertungsmodell (am Beispiel der persönlichen Verkehrsnutzung)

1. Was ist die Problemsituation (hier: Im Hinblick auf den Klimawandel)?
2. Welche Handlungsmöglichkeiten gibt es und was wären ihre Folgen?
3. Welche Interessen und Werte stehen hinter den Handlungsmöglichkeiten?
4. Was sind meine persönlichen Interessen und Werte bei dem Thema?
5. Wie sind die in Schritt 2 aufgestellten Handlungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung der aufgestellten Interessen und Werte zu beurteilen? (Rangfolge erstellen, dabei notieren, welche Interessen/Werte am wichtigsten sind)
6. Entscheidung für 1-2 Handlungsoptionen mit Begründung

Am Beispiel persönliche Verkehrsnutzung:

1. Problemsituation:

2. Handlungsmöglichkeiten:

3. Interessen und Werte zu den Handlungsmöglichkeiten:

4. Meine persönlichen Interessen und Werte:

5. Beurteilung der Handlungsmöglichkeiten (Rangfolge):

6. Favorisierte Handlungsmöglichkeit(en) mit Begründung:

AB 2: Trockenheit nimmt zu

Naturschützer kritisieren Pflanzung von Baum-Exoten in Kassel

11.05.14 14:32 **Kassel. Der Klimawandel verändert zunehmend die Baumlandschaft im Kasseler Stadtgebiet. Heimische Arten werden stetig von exotischen Bäumen verdrängt. Doch Naturschützer sehen das Pflanzen von fremden Baumarten kritisch.**



Das Garten- und Grünflächenamt will alleine in diesem Jahr insgesamt 200 neue Bäume entlang von Straßen und in Parks pflanzen, etwa 60 davon sind nicht heimisch – sie stammen aus China, Korea, Australien, Amerika und anderen Ländern. Viele fallen durch ungewöhnliche Blühfarben oder Blühzeitpunkte auf.

Der Blauglockenbaum zeigt im April seine Blütenpracht.

„Tatsächlich wird der Anteil traditioneller Baumarten stetig geringer“, sagt Volker Lange vom Umwelt- und Gartenamt. Linden, Kastanien, Ahorne, Eschen und Eichen seien den Stressbelastungen im Innenstadtbereich immer weniger gewachsen. Vor allem steigende Temperaturen und ausbleibende Niederschläge im Winter wie im Sommer seien das Problem. Hinzu kämen beengte Lebensbedingungen vor allem in schmalen Straßenschluchten sowie ein oft sehr stark verdichteter Boden in eng bebauten Gebieten. Folge: Die Bäume entwickelten sich schlecht, würden anfällig für Krankheiten und Schädlinge und vegetierten oft über viele Jahre dahin. „Damit erhöht sich letztlich der Pflege- und Kostenaufwand“, sagt Lange.

Im Gegensatz dazu seien nicht heimische Arten diesen Belastungen deutlich besser gewappnet. „Wir wollen keine Bäume pflanzen, die nach 30 Jahren wieder gefällt werden müssen, weil sie es nicht schaffen“, sagt Regula-Marie Ohlmeier, Leiterin des Garten- und Grünflächenamtes.

Naturschützer sehen das Pflanzen von fremden Baumarten kritisch. Mark Harthun, Naturschutzreferent beim Nabu Hessen: „Jeder gepflanzte fremde Baum führt zu einem Rückgang der Artenvielfalt in den Städten, weil er in der Nahrungskette für Insekten und Vögel keinen Wert mehr hat.“ Lange betont, dass lediglich Extremstandorte für die Pflanzung von neuen Arten ausgewählt würden. (bon)

Quelle: www.hna.de

AB 3: Häufige Stadtbaumarten

- Verbreitung: ursprünglich aus den Balkanländern stammend, mittlerweile in Mitteleuropa eingebürgert
- Wenig hitzetolerant (verträgt nur vorübergehende Trockenheit)
- Frosttolerant
- Häufig Befall durch die Miniermotte, die große Schäden verursacht
- Anders als bei der Edel(Ess-)Kastanie (*Castanea sativa*), einer anderen heimischen Kastanienart, die aber nicht näher verwandt ist, sind die Früchte giftig. Aus diesem Umstand entstand vermutlich der Name, da man die Früchte früher häufig an Pferde verfütterte.



- Verbreitung: östliches Nordamerika (Ostkanada bis Florida)
- Hitzetolerant (verträgt zwar Hitze und starke Sonneneinstrahlung, muss dann aber bewässert werden)
- Sehr frosttolerant
- In der Natur bis 20 Meter hoher Baum, in Kultur und als Straßenbaum oft nur als Strauch



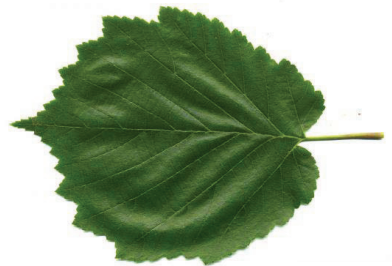
- Verbreitung: Mitteleuropa
- Hitzetolerant (aber nicht stark Trockenheitstolerant)
- Sehr frosttolerant
- Trotz des Namens gehört der Baum nicht zu den Buchen, sondern zu den Birkengewächsen.



- Verbreitung: Mitteleuropa (häufigste Laubbaumart in heimischen Wäldern)
- Wenig hitzetolerant (verträgt längere Dürreperioden nicht)
- Frosttolerant
- Weil es besonders robust ist, wird das Holz häufig für Jugendmöbel und auch als Bodenbelag genutzt.



- Verbreitung: Südosteuropa und Kleinasien
- Hitzetolerant
- Frosttolerant
- Verträgt Luftverschmutzung sehr gut. Früchte sind essbar, aber kleiner als im Handel erhältliche Haselnüsse, die meist von der Laberts-Hasel (*Corylus maxima*) stammen.



- Verbreitung: Japan, China und Korea
- Sehr hitzetolerant
- Sehr wenig frosttolerant
- Blasenartige Früchte (ähneln optisch einer Physalis), daher der deutsche Name. Wegen der höheren Temperaturen in Städten ist der Baum trotz der sehr geringen Frosttoleranz winterhart.



- Verbreitung: Mitteleuropa
- Hitzetolerant
- Frosttolerant
- Häufig Befall durch den Pilz Falsches Weißes Stengelbecherchen (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*). Der Pilz verursacht teils starke, deutlich sichtbare Schäden an den Bäumen.



- Verbreitung: Östliches Nordamerika
- Sehr hitzetolerant
- Wenig frosttolerant
- Wird gelegentlich als Park- oder Straßenbaum gepflanzt, wegen der höheren Temperaturen in Städten ist der Baum dann trotz der geringen Frosttoleranz winterhart.



- Östliches und südöstliches Nordamerika
- Sehr hitzetolerant
- Sehr wenig frosttolerant
- Vor allem in Nordamerika häufig als Holzlieferant genutzt. Wegen der attraktiven Herbstfärbung wird der Baum auch in Europa häufig als Park- oder Straßenbaum gepflanzt und ist wegen der höheren Temperaturen in Städten trotz der geringen Frosttoleranz winterhart.



- Verbreitung: Ostasien
- Hitzetolerant
- Sehr wenig frosttolerant
- Das Holz ist sehr schwer entflammbar und wird daher in Japan beispielsweise für traditionell feuersichere Kimonoschränke verwendet. Als junger Baum muss die Art im Winter vor Frost geschützt werden (zum Beispiel durch spezielle Matten), später ist der Baum dann aber winterhart.



- Verbreitung: Mittelmeerraum
- Sehr hitzetolerant
- Wenig frosttolerant
- Wird auf den Pyrenäen zur Schweinemast angebaut. Die Tiere werden zur Mastzeit mit den Eicheln gefüttert, sie tragen maßgeblich zu Geschmack, Farbe und Konsistenz des aus dem Fleisch häufig hergestellten Iberischen Schinkens bei.



- Verbreitung: Mitteleuropa bis Kaukasus
- Hitzetolerant (aber empfindlich gegenüber Absenkung des Grundwasserspiegels durch lange Trockenperioden: Ausdünnen der Krone)
- Sehr frosttolerant
- Kann sehr alt werden (500-800 Jahre), bei den Germanen dem Gott Donar geweiht, auch heute noch als Symbolbaum für Standhaftigkeit, Weisheit und Heldentum.



- Verbreitung: ursprünglich Nordamerika, in Europa eingebürgert
- Sehr hitzetolerant
- Sehr frosttolerant
- Als Stadtbaum gut geeignet, problematisch ist allerdings die hohe Windbrüchigkeit der Äste



- Verbreitung: Mitteleuropa
- Sehr hitzetolerant
- Sehr frosttolerant
- Holz kaum genutzt, die kleinen Früchte werden manchmal als Mehlersatz genutzt (Namensherkunft)



- Verbreitung: Europa bis Nordiran
- Sehr hitzetolerant (toleranter als die anderen beiden heimischen Arten Spitzahorn (*Acer platanoides*) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*))
- Sehr frosttolerant
- Raschwüchsig, häufig zur Begrünung von Straßenrändern eingesetzt



- Verbreitung: Mitteleuropa und Westasien
- Hitzetolerant (nicht so sehr wie der Feldahorn (*Acer campestre*))
- Sehr frosttolerant
- Im Herbst attraktive gelb-orange Färbung, häufig als Alleebaum gepflanzt



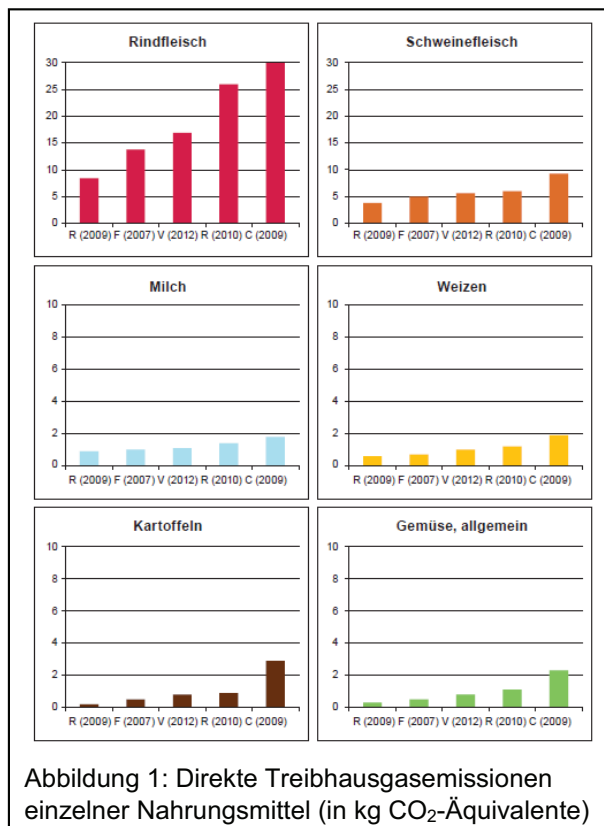
Abbildungsquelle: www.baumkunde.de

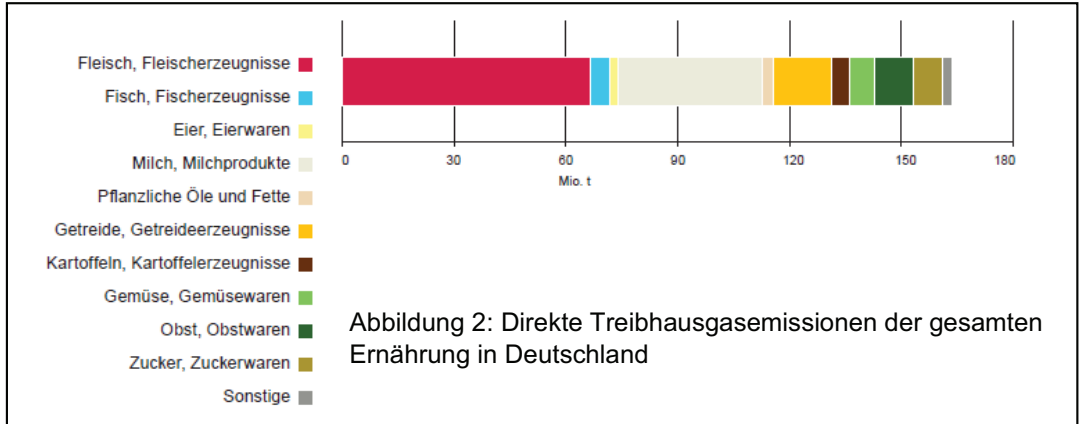
AB 4: Was hat unsere Ernährung mit dem Klimawandel zu tun?



Arbeitsauftrag 1: Sehen Sie sich das Video auf dem Tablet an. Welche zentralen Probleme werden genannt? (Link: <https://www.youtube.com/watch?v=xjqBGwnW9P0>)




Arbeitsauftrag 2: Bringen Sie die unten aufgeführten Grafiken mit den Aussagen des Videos in einen Zusammenhang und tragen sie die Problematik beim Thema Ernährung und mögliche Handlungsalternativen in die Tabelle ein. Entscheiden Sie sich auch für ein oder zwei Handlungsalternativen, die für Sie persönlich in Frage kommen.





Typisches Gericht	Flächenbedarf (in m ²)		THG-Bedarf (in kg CO ₂ -Äquivalent)	
	insgesamt	nur Fleisch	insgesamt	nur Fleisch
Hamburger mit Pommes und Salat	3,61	3,39	2,95	2,58
Schweinebraten mit Rotkohl und Kartoffelklößen	3,12	2,25	3,42	2,00
Curryhuhn mit Reis und Gemüse	1,36	0,76	1,47	0,40
Bratwurst mit Brötchen	2,26	1,97	1,88	1,64
Spaghetti mit Tomatensauce	0,46	0,00	0,63	0,00

Abbildung 3: Flächenbedarf und Emissionen von Treibhausgasen (=THG) beliebter Gerichte

		 Apfel	 Spargel	 Rindfleisch
Übersee	Schiff/Flugzeug	Neuseeland, Schiff	Chile, Flugzeug	Argentinien, Schiff
		513	16.894	349
Europa, Deutschland	LKW	Italien	Spanien	Dänemark
		219	359	179
Region "Von Hier"	LKW, Lieferwagen	Bodensee	Schrobenhausen	Oberallgäu
		76	60	61

Quelle: Demmeler, M. (2009): Klimaschutz auf kurzen Wegen. Welchen Beitrag leisten regionale Lebensmittel für Umwelt und Verbraucher. Informationsbroschüre.

Abbildung 4: Treibhausgasemissionen in Abhängigkeit von Transportentfernung und Transportmittel (Bezugspunkt: München, Angaben in g CO₂-Äquivalente/kg Lebensmittel)

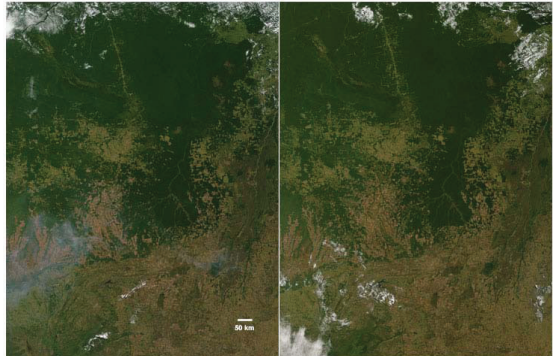
AB 5: Was hat Regenwaldabholzung mit dem Klimawandel zu tun?

Arbeitsauftrag 1: Lesen Sie den auf der rechten Seite befindlichen Text „Zerstörung des Regenwaldes“. Sehen Sie sich danach das Video auf dem Tablet zum Thema Palmöl an. Welche Lösungsansätze werden genannt? (Link: <https://www.youtube.com/watch?v=PnlG2muP3bw>)

Arbeitsauftrag 2: Tragen Sie die Problematik beim Thema Regenwaldabholzung und mögliche Handlungsalternativen in die Tabelle ein. Entscheiden Sie sich auch für ein oder zwei Handlungsalternativen, die für Sie persönlich in Frage kommen.

Zerstörung des Regenwalds

Der tropische Regenwald ist einer der größten CO₂-Speicher der Erde. In der gewaltigen Biomasse der dort wachsenden Pflanzen sind durch die Fotosynthese große Mengen von CO₂ fixiert. Die Regenwaldfläche der Erde schrumpft jedoch seit Jahren – vor allem durch Abholzung und Brandrodung. Pro Minute werden auf der Welt etwa 17 Fußballfelder Regenwald vernichtet. Allein im Amazonas-Gebiet in Südamerika wurden zwischen 1990 und 2010 circa 600.000 Quadratkilometer tropischen Regenwaldes vernichtet, dies entspricht in etwa der doppelten Fläche von Deutschland. Das Ausmaß der Zerstörung ist auf der Abbildung rechts sichtbar, die Satellitenaufnahmen aus dem Amazonas-Gebiet zeigt (links aus dem Jahr 2002, rechts aus dem Jahr 2006).



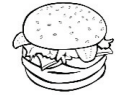
Regenwaldzerstörung hat dabei drei Hauptursachen:

1. Landwirtschaft: Anbau von Getreide und Futterpflanzen wie Soja, davon große Mengen auch für die Viehhaltung. Hierzu wird meist Brandrodung betrieben: Regenwaldflächen werden abgebrannt, die nährstoffreiche Asche wird einige Jahre für den Anbau von Pflanzen genutzt, nach Abbau der Nährstoffe wird in das nächste Gebiet weitergezogen.
2. Holzgewinnung: Vor allem zur Produktion von Edelhölzern wie Mahagoni werden nach wie vor große Regenwaldflächen gerodet, daneben auch für den Holzbedarf der Einheimischen.
3. Palmölproduktion: Zur Gewinnung von Palmöl, das in vielen der von uns konsumierten Produkte enthalten ist (neben Lebensmitteln auch in zahlreichen Kosmetika) und als Brennstoff für Kraftwerke und Motoren verwendet wird, werden große Monokulturen angelegt. Hierfür werden riesige Flächen gerodet, vor allem in Südostasien. Allein in Indonesien wachsen heute auf einer Fläche von 13 Millionen Hektar Ölpalmen - eine Fläche, die dreimal so groß ist wie die Schweiz.



AB 6

<p><u>1. Persönliche Verkehrsnutzung</u> Problematik:</p> <p>Handlungsmöglichkeiten und Interessen/Werte:</p> <p>Persönlich favorisierte Handlungsmöglichkeit(en):</p>	<p><u>2. Ernährung</u> Problematik:</p> <p>Handlungsmöglichkeiten und Interessen/Werte:</p> <p>Persönlich favorisierte Handlungsmöglichkeit(en):</p>
<p><u>3. Regenwaldabholzung</u> Problematik:</p> <p>Handlungsmöglichkeiten und Interessen/Werte:</p> <p>Persönlich favorisierte Handlungsmöglichkeit(en):</p>	<p><u>4. Persönlicher Plan</u> Diese Probleme gibt es in meinem Alltag im Hinblick auf Klimafreundlichkeit:</p> <p>Das wären mögliche Handlungsalternativen:</p> <p>Das nehme ich mir fest vor:</p>



AB 7: Exkursion: Stadtbäume im Klimawandel

Art	Heimisch	Hitzetolerant	Frosttolerant	Größe des Baumes, Sichtbare Schäden
<i>Quercus robur</i> (Stiel-Eiche)				
<i>Acer platanoides</i> (Spitz-Ahorn)				
<i>Aesculus hippocastanum</i> (Gewöhnliche Rosskastanie)				
<i>Robinia pseudoacacia</i> (Gewöhnliche Robinie)				
<i>Corylus colurna</i> (Türkische Hasel)				
<i>Gleditsia triacanthos</i> (Amerikanische Gleditschie)				

<i>Sorbus aria</i> (Echte Mehlbeere)				
<i>Amelanchier arborea</i> (Baum-Felsenbirne)				
<i>Koelreuteria paniculata</i> (Blasenesche)				
<i>Fraxinus excelsior</i> (Gemeine Esche)				
<i>Liriodendron tulipifera</i> (Tulpenbaum)				
<i>Paulownia tomentosa</i> (Blauglockenbaum)				

<i>Carpinus betulus</i> (Hainbuche)				
<i>Acer campestre</i> (Feldahorn)				
<i>Quercus ilex</i> (Steineiche)				

VI Eigene Beobachtungen (vom 11.05.2019)

Art	Heimisch	Hitzetolerant	Frosttolerant	Größe des Baumes, Sichtbare Schäden
<i>Quercus robur</i> (Stiel-Eiche)	X	2	3	Mittel, starke Schäden
<i>Acer platanoides</i> (Spitz-Ahorn)	X	2	2	Groß, leichte Schäden in den Astspitzen
<i>Aesculus hippocastanum</i> (Gewöhnliche Rosskastanie)	X	3	2	Groß, sehr leichte Schäden in den Spitzen
<i>Robinia pseudoacacia</i> (Gewöhnliche Robinie)	(Einge- schleppt)	1	1	Mittel, mittlere bis starke Schäden in der Krone
<i>Corylus colurna</i> (Türkische Hasel)		2	2	Groß, keine Schäden
<i>Gleditsia triacanthos</i> (Amerikanische Gleditschie)		1	3	Mittel, leichte Schäden in der Krone

<i>Sorbus aria</i> (Echte Mehlbeere)	X	1	1	Klein, sehr leichte Schäden
<i>Amelanchier arborea</i> (Baum-Felsenbirne)		2	1	Jungbaum, sehr starke Schäden (fast keine Belaubung)
<i>Koelreuteria paniculata</i> (Blasenesche)		1	4	Klein-mittel, mittelstarke Schäden in den Spitzen
<i>Fraxinus excelsior</i> (Gemeine Esche)	X	2	2	Mittel-groß, starke Schäden in der Krone (-> Eschentriebsterben!)
<i>Liriodendron tulipifera</i> (Tulpenbaum)		1	4	Klein-mittel, mittlere Schäden in der Krone
<i>Paulownia tomentosa</i> (Blauglockenbaum)		2	4	Jungbaum, sehr leichte Schäden in der Krone

<i>Carpinus betulus</i> (Hainbuche)	X	2	1	Mittel, sehr leichte Schäden in der Krone
<i>Acer campestre</i> (Feldahorn)	X	1	1	Jungbaum, keine Schäden
<i>Quercus ilex</i> (Steineiche)		1	3	Jungbaum, keine Schäden

Kommentar: Hitze- und Frosttoleranz auf einer Skala von 1-4 (1: sehr tolerant, 4: nicht tolerant) vgl. Klima-Arten-Matrix. Es zeigten sich bei so gut wie allen Bäumen (die keine Neupflanzungen waren) Schäden. Dabei wiesen Bäume tendenziell stärkere Schäden auf, die weniger frost- oder trockentolerant sind. Der direkte Schluss: Exotischer Baum -> weniger Schäden ist jedoch nicht zulässig.

ISBN 978-3-7376-0830-5



9 783737 608305