

GEFRA

JOANNEUM
RESEARCH
POLICIES



Ermittlung und Untersuchung wesentlicher sozioökonomischer Herausforderungen in möglichen Einsatzgebieten des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung in Hessen im Förderzeitraum 2021 bis 2027 sowie Ausarbeitung des Operationellen Programms des Landes Hessen für den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung im Förderzeitraum 2021 bis 2027

Umweltbericht

Finale Version vom 9. Dezember 2021

Beate Friedl, Riccarda Rosenball, Marija Breiffuss-Loidl und Andreas Niederl

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung	1
2 Nicht-technische Zusammenfassung	2
3 Operationelles Programm – Kurzdarstellung	8
3.1 Ziele, Struktur und Inhalte	8
3.2 Beziehung zu relevanten Plänen und Programmen.....	10
4 Untersuchungsrahmen	11
4.1 Methodik	11
4.2 Scoping-Ergebnisse.....	13
5 Ziele des Umweltschutzes	15
5.1 Menschliche Gesundheit	15
5.2 Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)	16
5.3 Boden, Fläche.....	18
5.4 Kulturelles Erbe und Landschaftsbild	20
5.5 Wasser.....	21
5.6 Luft.....	23
5.7 Klima und Energie	24
5.8 Natürliche Ressourcen	30
6 Umweltzustand sowie Trend bei Nichtdurchführung des Programms (Nullvariante) 32	
6.1 Menschliche Gesundheit	33
6.1.1 Vermeidung von schädlichen Auswirkungen durch Lärm	33
6.1.2 Sicherstellung des Erholungswertes	35
6.2 Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)	37
6.2.1 Erhaltung der biologischen Vielfalt durch Sicherung der Lebensräume	38
6.2.2 Schutz des Waldes/Verbesserung des Waldzustands.....	41
6.3 Boden, Fläche.....	42
6.3.1 Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Bodens	42
6.3.2 Reduktion der Flächeninanspruchnahme.....	45
6.4 Kulturelles Erbe und Landschaftsbild	47
6.4.1 Erhaltung von Kulturdenkmälern	47
6.4.2 Schutz des Landschaftsbilds	48
6.5 Wasser.....	50
6.5.1 Schutz des Grundwassers und Sicherung der Wasserversorgung.....	50

6.5.2	Schutz der Oberflächengewässer	52
6.6	Luft	57
6.6.1	Vermeidung von gesundheitsgefährdenden Luftverschmutzungen	57
6.7	Klima und Energie	61
6.7.1	Reduktion der Treibhausgasemissionen	62
6.7.2	Klimaanpassung	65
6.7.3	Stärkung des Anteils erneuerbarer Energien und Senkung des Energieverbrauchs.....	88
6.8	Natürliche Ressourcen	95
6.8.1	Reduktion des Abfallaufkommens	95
6.8.2	Ressourcenschonung	97
7	Voraussichtliche Umweltwirkungen des Operationellen Programms	99
7.1	Methodik	99
7.2	Voraussichtliche Umweltwirkungen des politischen Ziels 1	100
7.2.1	Spezifisches Ziel 1.1: Entwicklung und Ausbau der Forschungs- und Innovationskapazitäten und der Einführung fortschrittlicher Technologien	100
7.2.2	Spezifisches Ziel 1.3: Steigerung des nachhaltigen Wachstums und der Wettbewerbsfähigkeit von KMU sowie Schaffung von Arbeitsplätzen in KMU, unter anderem durch produktive Investitionen	103
7.3	Umweltwirkungen des politischen Ziels 2.....	105
7.3.1	Spezifisches Ziel 2.1: Förderung von Energieeffizienz und Verringerung von Treibhausgasemissionen.....	105
7.3.2	Spezifisches Ziel 2.3: Entwicklung intelligenter Energiesysteme, Netze und Speichersysteme außerhalb des transeuropäischen Energienetzwerks (TEN- E)	107
7.3.3	Spezifisches Ziel 2.8: Förderung einer nachhaltigen, multimodalen städtischen Mobilität im Rahmen des Übergangs zu einer CO ₂ -neutralen Wirtschaft	109
7.4	Wechselwirkungen zwischen den untersuchten Schutzgütern	110
8	Hinweise auf Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Angaben	113
9	Monitoring	114
10	Literaturverzeichnis.....	115

Begleitend zur Erstellung des EFRE-OP 2021–2027 des Landes Hessen war eine Strategische Umweltprüfung (SUP) durchzuführen. Diese wurde durch das Konsortium GEFRA, JO-ANNEUM RESEARCH (POLICIES) sowie Kovalis ausgeführt.

Die Strategische Umweltprüfung umfasste dabei mehrere Verfahrensschritte beginnend beim Screening (Feststellung der SUP-Pflicht) über das Scoping (Festlegung des Untersuchungsrahmens) und die Erstellung des Umweltberichts unter Beteiligung der Öffentlichkeit (vgl. Abschnitt 4.1).

Der vorliegende Umweltbericht, als wesentliches Element des Prozesses, das die Ergebnisse zusammenfasst, gliedert sich in nachfolgende Abschnitte:

- Abschnitt 2 enthält die nicht-technische Zusammenfassung
- Abschnitt 3 gibt einen Überblick über das vorliegende, zu bewertende Operationelle Programm,
- Abschnitt 4 fasst die methodische Vorgehensweise und die Ergebnisse des Scoping-Prozesses zusammen,
- Abschnitt 5 hält die Ziele des Umweltschutzes fest,
- Abschnitt 6 bewertet den aktuellen Umweltzustand sowie den Trend bei Nichtdurchführung des Programms (Nullvariante),
- Abschnitt 7 bewertet die voraussichtlichen Umweltwirkungen des Programms und schließt Vorschläge zur Minderung negativer Umweltwirkungen ein,
- Abschnitt 8 beinhaltet die Hinweise zu den Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Angaben,
- Abschnitt 9 behandelt die Maßnahmen zur Überwachung (Monitoring), und
- Abschnitt 10 beinhaltet das Literaturverzeichnis.

NICHT-TECHNISCHE ZUSAMMENFASSUNG

Für die Förderperiode 2021 bis 2027 wurde für den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) ein Programm für das Land Hessen erstellt. Begleitend dazu wurde basierend auf der Richtlinie 2001/E42/EG (SUP-Richtlinie) sowie dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. März 2021 (BGBl. I S. 540)) eine Strategische Umweltprüfung (SUP) durchgeführt. Ziel der SUP ist es *die voraussichtlichen erheblichen Umweltauswirkungen der Durchführung des Plans oder Programms* (§ 40 Abs. 1 UVPG) zu ermitteln sowie entsprechende Alternativen zu bewerten.

Der mehrstufige Prozess der SUP bezog sowohl die relevanten Behörden als auch die Öffentlichkeit mit ein. Die Einbeziehung der relevanten Behörden erfolgte bereits im Rahmen des Scoping-Prozesses, im Zuge dessen im Wesentlichen der Untersuchungsrahmen festgelegt wurde. Nach Erstellung des Umweltberichts startete die Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung. Während im Zuge der Öffentlichkeitsbeteiligung keine Stellungnahmen eingingen, wurden die Stellungnahmen aus der Behördenbeteiligung gesichtet und sind in dem nunmehr aktualisierten, finalen Umweltbericht berücksichtigt.

Die Bewertung erfolgte aufgrund des Entwurfs „Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) Programm des Landes Hessen Förderperiode 2021 bis 2027“ mit Stand 15. November 2021. Das Operationelle Programm orientiert sich dabei an den Politischen Zielen „Ein wettbewerbsfähigeres und intelligenteres Europa durch die Förderung eines innovativen und intelligenten wirtschaftlichen Wandels und der regionalen IKT-Konnektivität“ sowie „Ein grünerer, CO₂-armer Übergang zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft und einem widerstandsfähigen Europa“. Die entsprechenden Fördermaßnahmen lassen sich darüber hinaus drei Prioritäten sowie den nachfolgenden Spezifischen Zielen zuordnen:

Politisches Ziel 1: Ein wettbewerbsfähigeres und intelligenteres Europa durch die Förderung eines innovativen und intelligenten wirtschaftlichen Wandels und der regionalen IKT-Konnektivität

- Priorität 1: Ein wettbewerbsfähigeres und intelligenteres Europa
 - Spezifisches Ziel: Entwicklung und Ausbau der Forschungs- und Innovationskapazitäten und der Einführung fortschrittlicher Technologien
 - Spezifisches Ziel: Steigerung des nachhaltigen Wachstums und der Wettbewerbsfähigkeit von KMU sowie Schaffung von Arbeitsplätzen in KMU, unter anderem durch produktive Investitionen

Politisches Ziel 2: Ein grünerer, CO₂-armer Übergang zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft und einem widerstandsfähigen Europa

-
- **Priorität 2: Ein grünerer, CO₂-armer Übergang zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft und einem widerstandsfähigen Europa**
 - Spezifisches Ziel: Förderung von Energieeffizienz und Verringerung von Treibhausgasemissionen
 - Spezifisches Ziel: Entwicklung intelligenter Energiesysteme, Netze und Speichersysteme außerhalb des transeuropäischen Energienetzwerks (TEN-E)
 - **Priorität 3: Eine nachhaltige multimodale städtische Mobilität im Rahmen des Übergangs zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft**
 - Spezifisches Ziel: Förderung einer nachhaltigen, multimodalen städtischen Mobilität im Rahmen des Übergangs zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft

Umweltzustand sowie Trend bei Nichtdurchführung des Programms (Nullvariante)

Die ausgewählten Ziele des Umweltschutzes bilden die Grundlage für die Bewertung des aktuellen Umweltzustands sowie die Beurteilung der Umweltwirkungen, die aus der Umsetzung des EFRE-OP 2021–2027 in Hessen resultieren. Entsprechend § 2 UVPG wurden die Umweltschutzgüter entsprechend der nachfolgenden Schutzgütern zusammengefasst bzw. kategorisiert:

- Menschliche Gesundheit
- Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)
- Boden, Fläche
- Kulturelles Erbe und Landschaftsbild
- Wasser
- Luft
- Klima und Energie
- Natürliche Ressourcen

Menschliche Gesundheit

Die menschliche Gesundheit wird unterteilt in die Bereiche Lärm (Vermeidung von schädlichen Auswirkungen durch Lärm) sowie Erholungsflächen (Sicherstellung des Erholungswertes). Die Lärmbelastung in Hessen ist ungleich verteilt, beispielsweise geht mit den Hauptverkehrswegen sowie in der Nähe von Gewerbe- und Ballungsgebieten eine hohe Lärmbelastung einher, während in Südhessen der Frankfurter Flughafen zur Lärmbelastung beiträgt. Erholungsflächen (und Friedhofsflächen) erhöhen insbesondere die Wohn- und Aufenthaltsqualität in Städten und leisten ihren Beitrag zur Gesundheitsvorsorge und Verbesserung der Lebensqualität. Zudem übernehmen sie wichtige Funktionen in der Grundwasserneubildung und in der Regulierung des lokalen Klimas. Eine Trendbewertung kann diesbezüglich nicht eindeutig durchgeführt werden, da die Entwicklung des Indikators stark durch demografische Veränderungen beeinflusst wird und die Daten über die Zeitreihe hinweg teilweise nicht vergleichbar sind.

Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)

Für die Bewertung des Schutzgutes wurden die primären Ziele „Erhalt der biologischen Vielfalt durch Sicherung der Lebensräume“ sowie „Schutz des Waldes/Verbesserung des Waldzustands“ herangezogen. Während sich bei letzterem primären Ziel ein gleichbleibender bzw. positiver Trend für die Nullvariante ergibt, zeigt sich für die Bestandsentwicklung repräsentativer Arten eine negative Entwicklung. Der Anteil bundeseinheitlich streng geschützter Gebiete des Naturschutzes an der Landesfläche ist in etwa gleichgeblieben, im Hinblick auf den Zerschneidungsgrad ist keine Trendbewertung möglich.

Boden, Fläche

Ein zunehmender Verlust an hochwertigen Böden wirkt sich negativ auf das Landökosystem und die biologische Vielfalt aus. Bei der Bewertung des Umweltzustandes sowie dem Trend bei der Nichtdurchführung erfolgt eine differenzierte Betrachtung für die Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Bodens (Säureeintrag/Stickstoffeintrag aus der Atmosphäre durch nasse Deposition auf Freiflächen im Wald, Deposition von Staubbiederschlag Gesamtdosition) sowie der Reduktion der Flächeninanspruchnahme. Während beim Säureeintrag eine positive Entwicklung bzw. beim Staubbiederschlag eine gleichbleibende Entwicklung in der Nullvariante festzustellen ist, zeigt sich bei der Reduktion der Flächeninanspruchnahme eine negative Entwicklung. Verglichen mit dem Jahr 2000 erhöhte sich der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Landesfläche von 14,9 % auf 16,1 % im Jahr 2018.

Kulturelles Erbe und Landschaftsbild

In der Beschreibung des Umweltzustandes sowie in der Bewertung werden die Erhaltung von Kulturdenkmälern sowie der Schutz des Landschaftsbildes berücksichtigt. Im Jahr 2019 lag der Anteil der streng geschützten Gebiete des Naturschutzes an der Landesfläche bei 2,3 %. Da sich die Umweltgefahren für die verschiedenen Schutzgebiete in Hessen regional stark unterscheiden können, ist eine Trendabschätzung schwer durchzuführen.

Wasser

Berücksichtigt wird sowohl der Zustand des Grundwassers als auch der Oberflächengewässer in Hessen. Aufgrund eingeschränkter Datenlage ist eine Bewertung in der Nullvariante für den Schutz der Oberflächengewässer nicht möglich. Der Schutz des Grundwassers und die Sicherung der Wasserversorgung wurde als gleichbleibend (Nitratgehalt) bzw. negativ bewertet (Grundwasserneubildung).

Luft

Die Luftqualität hat sich in Deutschland und in vielen Ländern Europas in den letzten Jahrzehnten deutlich verbessert und auch in Hessen zeigt sich bei den Luftschadstoffen (NO, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}) in den letzten Jahren eine rückläufige bzw. leicht abnehmende Tendenz. Im Gegensatz dazu lässt sich bei Ozon über die Jahre 2000 bis 2019 kein klarer Trend erkennen.

Klima und Energie

Im Bereich Klima und Energie zeigt sich ein differenziertes Bild. Während sich die energiebedingten Kohlendioxidemissionen, einwohnerbezogen leicht positiv entwickelt haben, zeigt sich insbesondere für viele Indikatoren der Klimaanpassung in der Nullvariante ein negativer Trend

(z.B. Beginn der Apfelblüte). Im Gegensatz dazu war beim Anteil erneuerbarer Energien sowie beim einwohnerbezogenen Primärenergieverbrauch ein positiver Trend festzustellen.

Natürliche Ressourcen

Berücksichtigt werden sowohl die Reduktion des Abfallaufkommens als auch die Ressourcenschonung (gemessen über das Verhältnis des Bruttoinlandsprodukts zum Rohstoffverbrauch). Bei der Reduktion des Abfallaufkommens zeigt sich ein positiver Trend, im Bereich der Ressourcenschonung ist seit dem Jahr 2011 ein Rückgang sowie eine Stagnation von 2015 auf 2016 zu beobachten.

Umweltwirkungen des Programms

Um die voraussichtlichen Umweltwirkungen des Operationellen Programms zu bewerten, wird überprüft, inwiefern durch die Umsetzung des Programms der Umweltzustand der Nullvariante (und damit ein Ausbleiben des Programms) beeinflusst wird. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass entsprechend dem Programmcharakter konkrete Umsetzungen zum derzeitigen Stand nicht bekannt sind und die Auswirkungen lediglich auf Ebene des Förderprogramms bewertet werden können. Die Bewertung orientiert sich demnach an einer qualitativen Analyse und bildet potenzielle Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung ab. Im Allgemeinen liegt der Fokus auf der Bewertung von Maßnahmen, bei denen mit stärkeren Umweltwirkungen zu rechnen ist. Dazu zählen beispielsweise investive Maßnahmen, während bei weichen Maßnahmen (z.B. Beratungsleistungen) geringere Umweltwirkungen zu erwarten sind. Sind investive Maßnahmen hingegen zeitlich stark eingegrenzt (z.B. Bau- und Errichtungsphase), finden diese temporären Wirkungen in der nachfolgenden Bewertung keinen Eingang. Berücksichtigt werden sowohl direkte Effekte (d.h. jene Effekte, die auf die Umsetzung der Maßnahmen zurückzuführen sind) als auch indirekte Effekte, die sich als Folgewirkungen ergeben.

Tabelle 1 fasst die potenziellen Wirkungen der Maßnahmen zusammen.

Tabelle 1: Potenzielle Wirkungen der Maßnahmen

Maßnahme	Schutzgüter								
	Menschliche Gesundheit		Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)	Boden, Fläche	Kulturelles Erbe und Landschaftsbild	Wasser	Luft	Klima und Energie	Natürliche Ressourcen
	Lärm	Erholungsflächen							
Förderung von Forschungsinfrastruktur und Forschungsgrößgeräten an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in Unternehmen	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Förderung von Wissens- und Technologietransfer	0	0	0	0/-	0	0	0	0	0
Förderung der Gründungsbereitschaft und des Unternehmertums	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Förderung von Investitionen und technologischer Modernisierung in KMU	0	0	0	0/-	0	0	0	0	0
Förderung von Überbetrieblichen Berufsbildungsstätten	0	0	0	0/-	0	0	0	X	0
Förderung von Pilot- und Demonstrations- und Entwicklungsvorhaben	0	0	0/-	0/-	0	0/-	+/-	+	+
Förderung von Investitionen in den produktionsintegrierten Umweltschutz (PIUS – Invest)	0	0	0	0	0	0	0	+	+
Förderung einer effizienten und CO ₂ -armen Abwärmenutzung	0	0	0	0	0	0	0/+	+	+
Förderung von intelligenten, effizienten und CO ₂ -armen Wärmenetzen	0	0	0	0/-	0	0	+	+	+
Förderung von umwelt- und klimafreundlicher urbaner Mobilität	0/+	0	0	0	0	0	+	+	0

Quelle: Eigene Darstellung; ++ erhebliche positive Auswirkungen, +: positive Auswirkungen. 0: keine/vernachlässigbare Auswirkungen, -: negative Auswirkungen, --: erhebliche negative Auswirkungen, X: Bewertung nicht möglich.

Entsprechend der Bewertungsergebnisse kann folgendes festgehalten werden:

- Bei Durchführung des Programms ist mit keinen erheblichen negativen Umweltwirkungen zu rechnen, negative Effekte werden primär bei Bauaktivitäten und der etwaigen Neuinanspruchnahme von Flächen beim Schutzgut „Boden/Fläche“ erwartet.
- Insbesondere bei Maßnahmen, die dem Politischen Ziel 2 zuzuordnen sind, ist mit positiven Effekten zu rechnen.
 - Vor allem für die Schutzgüter „Klima- und Energie“, „Natürliche Ressourcen“ sowie teils auch „Luft“ ist durch diese Maßnahmen mit positiven Effekten zu rechnen.
- Bei Maßnahmen, die unter das Politische Ziel 1 fallen, wird im Hinblick der Vermeidung negativer Effekte insbesondere empfohlen, bei der Projektauswahl den Fokus auf Faktoren wie die Vermeidung des Neubaus auf der „grünen Wiese“ zu legen. Darüber hinaus kann eine verstärkte Fokussierung der Förderungsaktivitäten auf Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsaktivitäten im Bereich der Energie- und Ressourceneffizienz sowie der Vermeidung von THG-Emissionen indirekte, positive Effekte mit sich bringen und wird aus Umweltperspektive angeregt.

Hinweise auf Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Angaben

Für die Dokumentation des Umweltzustands liegt in Hessen eine ausführliche Datenbasis vor. Entsprechend dem Programmcharakter gilt zu berücksichtigen, dass zum aktuellen Zeitpunkt keine Informationen über die geförderten Projekte (sowohl räumlich als auch konkret inhaltlich) vorliegen. Aufgrund des geringen Detailgrades sowie der damit einhergehenden fehlenden räumlichen Konkretisierung ist eine Ex-ante-Bewertung des Einflusses auf bestimmte (schützenswerte) Gebiete nicht möglich. Damit kann eine exakte Beurteilung möglicher Umweltwirkungen erst auf Ebene der Projekte durchgeführt werden.

Monitoring

Die Bewertung der Umweltwirkungen des Operationellen Programms des Landes Hessen Förderperiode 2021–2027 im Rahmen der SUP hat ergeben, dass mit keinen erheblichen Wirkungen auf die Umwelt zu rechnen ist, dementsprechend besteht keine Verpflichtung, Überwachungsmaßnahmen zu ergreifen. Sofern Baumaßnahmen vorgesehen sind, können sich negative Wirkungen auf das Schutzgut „Boden, Fläche“ (zusätzliche Flächeninanspruchnahme) ergeben. Um negative Wirkungen zu reduzieren, wird empfohlen, bei Bauprojekten einen Indikator einzuführen, der die Neuversiegelung von Flächen abbildet und diesen in den jährlichen Durchführungsberichten auszuweisen.

OPERATIONELLES PROGRAMM – KURZDARSTELLUNG

3.1 ZIELE, STRUKTUR UND INHALTE

Das Land Hessen gehört zu den wirtschaftsstärksten und innovationsfähigsten Regionen innerhalb Deutschlands und der Europäischen Union. Mit einem BIP-Wert von 83.319 Euro je Erwerbstätigen ist Hessen das wirtschaftlich leistungsstärkste Flächenland in Deutschland, die Arbeitslosigkeit liegt mit 4,6 % unterhalb des gesamtdeutschen Wertes (5,2 %) und mit einer FuE-Quote von 3,02 % rangiert das Land auf Platz 5 unter den deutschen Bundesländern.

Als wirtschafts- und innovationsstarkes Land muss Hessen im internationalen Wettbewerbsumfeld auch künftig große Anstrengungen unternehmen, um seinen fortgeschrittenen Stand zu sichern und auszubauen. Die Hessische Landesregierung hat sich für die Förderperiode 2021–2027 das Ziel gesetzt, mit den EFRE-Mitteln strategische Investitionen für ein intelligenteres und grüneres, CO₂-freies Europa zu unterstützen. Im Sinne der modernisierten Kohäsionspolitik für die neue Förderperiode soll mit dem konzentrierten Einsatz der EFRE-Mittel auf die beiden Politischen Ziele 1 und 2 ein Beitrag zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit in allen Regionen der EU geleistet und eine Sogwirkung gegenüber weniger wachstums- und innovationsstarken Regionen entfaltet werden. Dabei ist zu beachten, dass auch innerhalb Hessens große räumliche Unterschiede bestehen. Um die Wirtschaftskraft und Innovationskraft in allen Regionen des Landes nachhaltig zu erhöhen und das Ausgleichsziel mit dem Wachstumsziel zu verbinden, werden mit den EFRE-Mitteln gezielt auch Instrumente gefördert, die den weniger leistungsstarken Regionen in Hessen in besonderem Maße zugutekommen werden.

Das Operationelle Programm 2021–2027 EFRE Hessen orientiert sich an den Politischen Zielen „Ein wettbewerbsfähigeres und intelligenteres Europa durch die Förderung eines innovativen und intelligenten wirtschaftlichen Wandels und der regionalen IKT-Konnektivität“ sowie „Ein grünerer, CO₂-armer Übergang zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft und einem widerstandsfähigen Europa“. Thematisch fokussiert sich das Programm auf drei Prioritätsachsen und die in diesem Rahmen definierten Spezifischen Ziele und Fördermaßnahmen (siehe Tabelle 2 und Tabelle 3).

Tabelle 2: Prioritätsachsen, Politische Ziele und Verteilung der EU-Mittel

Politische Ziele	Prioritätsachsen	Verteilung der EU-Mittel
PZ 1: Ein wettbewerbsfähigeres und intelligenteres Europa durch die Förderung eines innovativen und intelligenten wirtschaftlichen Wandels und der regionalen IKT-Konnektivität	Prioritätsachse 1: Ein wettbewerbsfähigeres und intelligenteres Europa	55,0%
PZ 2: Ein grünerer, CO ₂ -armer Übergang zu einer CO ₂ -neutralen Wirtschaft und einem widerstandsfähigen Europa	Prioritätsachse 2: Ein grünerer, CO ₂ -armer Übergang zu einer CO ₂ -neutralen Wirtschaft und einem widerstandsfähigen Europa	32,5%
	Prioritätsachse 3: Eine nachhaltige, multimodale städtische Mobilität im Rahmen des Übergangs zu einer CO ₂ -neutralen Wirtschaft	12,5%

Quelle: Operationelles Programm 2021–2027 EFRE Hessen

Tabelle 3: Übersicht über das Interventionssystem des Operationellen Programms

Interventionssystem
<p>Prioritätsachse 1 (PZ 1) Ein wettbewerbsfähigeres und intelligenteres Europa (Anteil geplanter Finanzmittel: 55,0%)</p> <p><u>Spezifisches Ziel: Entwicklung und Ausbau der Forschungs- und Innovationskapazitäten und Einführung fortschrittlicher Technologien</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderung von Forschungsinfrastruktur und Forschungsgroßgeräten an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen • Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in Unternehmen • Förderung von Wissens- und Technologietransfer <p><u>Spezifisches Ziel: Steigerung des nachhaltigen Wachstums und der Wettbewerbsfähigkeit von KMU sowie Schaffung von Arbeitsplätzen in KMU, unter anderem durch produktive Investitionen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderung der Gründungsbereitschaft und des Unternehmertums • Förderung von Investitionen und technologischer Modernisierung in KMU • Förderung von Überbetrieblichen Berufsbildungsstätten
<p>Prioritätsachse 2 (PZ 2) Ein grünerer, CO₂-armer Übergang zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft und einem widerstandsfähigen Europa (Anteil geplanter Finanzmittel: 32,5%)</p> <p><u>Spezifisches Ziel: Förderung von Energieeffizienz und Verringerung von Treibhausgasemissionen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderung von Pilot-, Demonstrations- und Entwicklungsvorhaben • Förderung von Investitionen in den produktionsintegrierten Umweltschutz (PIUS – Invest) • Förderung einer effizienten und CO₂-armen Abwärmenutzung <p><u>Spezifisches Ziel: Entwicklung intelligenter Energiesysteme, Netze und Speichersysteme außerhalb des transeuropäischen Energienetzwerks (TEN-E):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderung von intelligenten, effizienten und CO₂-armen Wärmenetzen
<p>Prioritätsachse 3 (PZ 3) Eine nachhaltige, multimodale städtische Mobilität im Rahmen des Übergangs zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft (Anteil geplanter Finanzmittel 12,5%)</p> <p><u>Spezifisches Ziel: Förderung einer nachhaltigen, multimodalen städtischen Mobilität im Rahmen des Übergangs zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderung von umwelt- und klimafreundlicher urbaner Mobilität

Quelle: Operationelles Programm 2021–2027 EFRE Hessen

3.2 BEZIEHUNG ZU RELEVANTEN PLÄNEN UND PROGRAMMEN

Die Entwicklung von Strategie und Instrumenten der künftigen EFRE-Förderung in Hessen erfolgte in enger Orientierung an den länderspezifischen Empfehlungen des Rates sowie dem von der Europäischen Kommission für Deutschland 2019 vorgelegten Länderbericht einschließlich den dort enthaltenen Investitionsleitlinien für die Strukturfonds. In Übereinstimmung hiermit wird das Land Hessen durch den EFRE seine Investitionen in Bildung, Forschung und Innovation sowie zur Erreichung der nationalen und europäischen Energie- und Klimaziele erhöhen. Für die konkrete Ausgestaltung des zukünftigen EFRE-Programms und seiner Instrumente waren die regionalspezifischen Investitionsbedarfe und die relevanten Landesstrategien bestimmend, insbesondere die Hessische Innovationsstrategie 2021–2027 (HIS2027).

Das EFRE-Programm baut auf den Erfahrungen der vergangenen EFRE-Förderung auf. Die bislang vorliegenden Resultate der begleitenden Evaluierung haben die Relevanz der Strategie und die Wirksamkeit der Förderinstrumente im Grundsatz bestätigt. In der Förderperiode 2021–2027 werden auf Ebene der Maßnahmen daher erprobte und effektive Instrumente, von denen spürbare Beiträge zu den neuen Politischen und Spezifischen Zielen erwartet werden können – bei teilweiser Modifizierung – fortgeführt. Darüber hinaus wird das Förderinstrumentarium gezielt um neue Instrumente und Ansätze ergänzt.

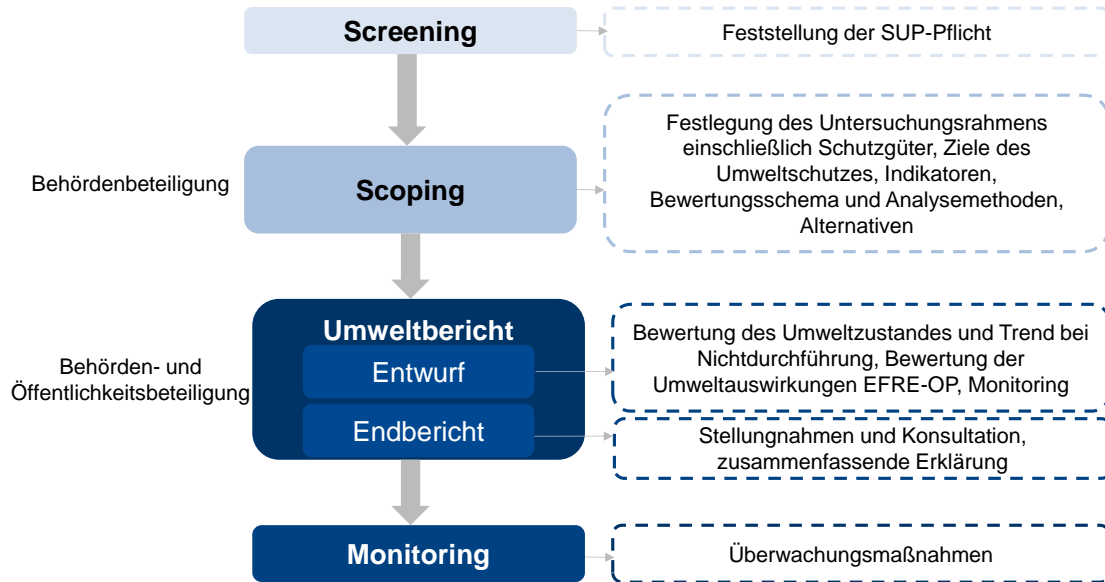
Im Einklang mit dem neuen strategischen Ansatz und den fünf Politikzielen der Kohäsionspolitik konzentriert sich der EFRE auf die beiden Politischen Ziele 1 und 2. Die koordinierte und eng abgestimmte Umsetzung des EFRE mit anderen Förderinstrumenten auf nationaler und europäischer Ebene wird durch Verfahren gewährleistet, die sich bereits in vergangenen Förderperioden bewährt haben. Auf der strategischen Ebene ist die Übereinstimmung von Zielen und Instrumenten in Teilbereichen des Programms gewollt, um ein gemeinsames und möglichst synergetisches Zusammenwirken der Maßnahmen zu ermöglichen. Auf der instrumentellen Ebene erfordert dies, ein besonderes Augenmerk auf die Abgrenzung und Koordinierung der Interventionen zu legen, um einerseits innerhalb der beihilferechtlichen Vorgaben Kumulierungen zu ermöglichen sowie andererseits Überschneidungen und Doppelförderungen zu vermeiden. Dies erfolgt durch eine eindeutige Zuordnung der Zuständigkeiten sowie intensive Abstimmungen und klar festgelegte Abgrenzungskriterien zwischen den Programmen und Maßnahmen (z.B. inhaltlicher, sektoraler, räumlicher oder größenabhängiger Art). Hessen wird seine Förderung aus EFRE-Mitteln in klarer Abgrenzung zum Deutschen Aufbau- und Resilienzplan (DARP) umsetzen. Die Spezifischen Ziele werden im EFRE durch Maßnahmen untersetzt, die in klarer Abgrenzung zu den investiven Maßnahmen des DARP stehen und bei denen bereits geprüft wurde, dass entweder eine Unterstützung aus dem DARP nicht vorgesehen ist bzw. nicht möglich sein wird, oder aber bei komplementärem Einsatz zur Erzielung von Synergieeffekten eine Doppelförderung ausgeschlossen wird.

4.1 METHODIK

Die Strategische Umweltprüfung zielt darauf ab, bereits vor Beschluss des Operationellen Programms die Auswirkungen auf die Umwelt zu prüfen und mögliche Alternativen einzubeziehen. Rechtliche Grundlage für die SUP stellen die Richtlinie 2001/E42/EG (SUP-Richtlinie) sowie das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. März 2021 (BGBl. I S. 540)) dar. Die SUP-Pflicht für das Operationelle Programm EFRE 2021–2027 in Hessen ergibt sich entsprechend § 35 bzw. Anhang 5 Nr. 2.7. Der vorliegende Umweltbericht zielt insbesondere darauf ab, „die voraussichtlichen erheblichen Umweltauswirkungen der Durchführung des Plans oder Programms“ (§ 40 Abs. 1 UVPG) zu ermitteln sowie entsprechende Alternativen zu bewerten.

Basis für die Bewertung stellt das Operationelle Programm des Landes Hessen „Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) Operationelles Programm des Landes Hessen Förderperiode 2021 bis 2027 Entwurf Stand vom 15. November 2021“ dar.

Der gesamte Prozess der SUP ist mehrstufig und bezieht sowohl die relevanten Behörden als auch die Öffentlichkeit mit ein (vgl. Abbildung 1). Nach Feststellung der SUP-Pflicht startete der Scoping-Prozess. Im Wesentlichen wurde dabei der Untersuchungsrahmen unter Einbezug der Behörden festgelegt. Basierend auf den Ergebnissen des Scopings (vgl. Abschnitt 0) erfolgte in der dritten Phase der SUP die Erstellung des vorläufigen Umweltberichts. Nach Vorliegen des vorläufigen Umweltberichts startete die Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung.

Abbildung 1: Phasen der Strategischen Umweltprüfung

4.2 SCOPING-ERGEBNISSE

Die programmverantwortliche Stelle für die Durchführung der SUP ist das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen. Im Rahmen des Scoping-Prozesses wurden das Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, das Hessische Ministerium für Soziales und Integration sowie das Hessische Ministerium für Wissenschaft und Kunst im Zeitraum vom 27.11.2020 bis zum 04.01.2021 beteiligt. Die Rückmeldungen der beteiligten Behörden wurden bei der Erstellung des Umweltberichts berücksichtigt. Darüber hinaus erhalten die Behörden in weiterer Folge auch die Möglichkeit, zum Entwurf des Umweltberichts Stellung zu nehmen.

Entsprechend § 39 UVPG wurde der Untersuchungsrahmen für die SUP festgelegt sowie die räumliche, zeitliche und inhaltliche Abgrenzung vorgenommen.

Zeitliche Abgrenzung

Der zeitliche Rahmen der betrachteten Umweltwirkungen erstreckt sich im Wesentlichen auf die Programmperiode 2021 bis 2027, endet jedoch mit Jahresende 2029 und umfasst dementsprechend den aktuell geltenden förderfähigen Zeitraum. Damit wird der gesamte Zeitraum abgedeckt, innerhalb dessen Auszahlungen in der Programmperiode 2021–2027 möglich sind. Darüber hinaus finden längerfristige Umweltauswirkungen (z.B. Klima) über Zielbestimmungen von einzelnen Schutzgütern Berücksichtigung.

Räumliche Abgrenzung

Die Betrachtung der räumlichen Auswirkungen erfolgt gemäß EFRE-OP 2021–2027 für das Bundesland Hessen. Sowohl die Analyse und Abbildung des aktuellen Umweltzustands als auch die voraussichtlichen Auswirkungen bei einer Nullvariante (Nichtdurchführung des Programms) beziehen sich auf den Raum Hessen. Zudem werden etwaige grenzüberschreitende Wirkungen (beispielsweise Luft und Wasser) in die SUP miteinbezogen und die damit in Verbindung stehenden Auswirkungen auf die relevanten Schutzgüter (insbesondere Klima) berücksichtigt.

Inhaltliche Abgrenzung

Im Zuge der SUP werden die voraussichtlichen Umweltwirkungen für das EFRE-OP 2021–2027 in Hessen erfasst und bewertet. Die zugrundeliegenden Zielvorgaben umfassen dabei sowohl internationale Ziele, Ziele auf EU-Ebene sowie nationale Zielsetzungen und Zielsetzungen auf Landesebene. Die Abgrenzung der Schutzgüter erfolgt gemäß § 2 UVPG. Unter Berücksichtigung des Programmcharakters des EFRE-OP 2021–2027 können die Auswirkungen auf Maßnahmenebene, nicht jedoch auf Projektebene bewertet werden, da konkrete Umsetzungen (sowohl räumlicher als auch technischer Natur) zum Bewertungszeitpunkt noch nicht bekannt sind. Die Prüftiefe korreliert demnach eng mit der Programmgestaltung.

Umweltschutzziele, Indikatoren und Schutzgüter

Im Rahmen des Scoping-Prozesses wurden die Umweltschutzziele erarbeitet, die wiederum die Grundlage für die Bewertung des aktuellen Umweltzustands sowie die Beurteilung der Umweltwirkungen darstellen, die aus der Umsetzung des EFRE-OP 2021–2027 in Hessen resultieren. Grundlage für die Zielauswahl stellt das EFRE-OP 2021–2027 in Hessen dar, ergänzt um die aktualisierten Rechtsmaterien sowie neue Strategien. Berücksichtigt wurden dabei internationale Umweltschutzziele sowie nationale und landesspezifische Ziele. Den jeweiligen Umweltschutzzielen wurden wiederum entsprechende Indikatoren zugeordnet (vgl. Abschnitt 5). Entsprechend § 2 UVPG wurden die Umweltschutzgüter wie folgt zusammengefasst bzw. kategorisiert:

- Menschliche Gesundheit
- Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)
- Boden, Fläche
- Kulturelles Erbe und Landschaftsbild
- Wasser
- Luft
- Klima und Energie
- Natürliche Ressourcen

ZIELE DES UMWELTSCHUTZES

In diesem Kapitel werden die Umweltschutzziele der einzelnen Umweltschutzgüter für das Land Hessen dargelegt. Die Umweltschutzziele basieren auf Rechtsinstrumenten wie Verordnungen, Richtlinien, Gesetzen und Strategiepapieren, auf internationaler, europäischer, nationaler und Landesebene.

Die ausgewählten Ziele des Umweltschutzes bilden die Grundlage für die Bewertung des aktuellen Umweltzustands, die Beurteilung der Umweltwirkungen, die aus der Umsetzung des EFRE-OP 2021–2027 in Hessen resultieren sowie die Beurteilung von Alternativen. Grundlage für die Zielauswahl stellt das EFRE-OP 2021–2027 in Hessen dar, ergänzt um die aktualisierten Rechtsmaterien und neuen Strategien.

Zur Beschreibung des aktuellen Umweltzustands der Schutzgüter und zur Bestimmung eines Trends werden Umweltindikatoren herangezogen. Auf der Ebene von Hessen stehen drei Indikatorensysteme zur Verfügung:

- Umweltindikatoren Hessen des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) ¹.
- Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) des Bundes und der Länder ².
- Zielindikatoren der Nachhaltigkeitsstrategie Hessen, welche auf den „Sustainable Development Goals“ der Vereinten Nationen basieren. Die 13 Zielangaben wurden 2020 aktualisiert und auf das Jahr 2030 ausgerichtet ³.

Nachfolgend geben Tabellen einen Überblick über die Umweltschutzziele der jeweiligen Umweltschutzgüter und ihre rechtlichen Rahmenbedingungen.

5.1 MENSCHLICHE GESUNDHEIT

Primäre Ziele zum Schutz der menschlichen Gesundheit sind die Vermeidung von schädlichen Auswirkungen durch Lärm und die Sicherstellung des Erholungswertes. Darauf basierend setzen die EU-Umgebungslärmrichtlinie (RL 2002/49/EG), das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), die 34. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) und das Bundesnatur-

¹ <https://www.hlnug.de/themen/uatlas/umweltindikatoren-hessen>

² <https://www.lanuv.nrw.de/liki/>

³ Das Land Hessen (2020): Ziele und Indikatoren: Rahmen für ein nachhaltiges Hessen, https://www.hessen-nachhaltig.de/files/content/downloads/ziele_und_indikatoren/2020_uebersicht_Zielindikatoren_NHS.pdf (abgerufen am 04.02.2021).

schutzgesetz (BNatSchG) maßgebliche Umweltschutzziele (vgl. Tabelle 4). Die EU-Umgebungslärmrichtlinie (RL 2002/49/EG) sieht insbesondere vor, schädliche Auswirkungen, einschließlich Belästigung durch Umgebungslärm, zu verhindern, vorzubeugen und zu vermindern. Zudem setzen das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und die 34. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) das Ziel, unter anderem die menschliche Gesundheit vor Emissionen, einschließlich Geräuschen, zu schützen. Gemäß § 47 d BImSchG müssen Lärmaktionspläne entwickelt werden. Darüber hinaus betont das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) die Wichtigkeit von Grünflächen zum Zweck der Erholung für die menschliche Gesundheit.

Tabelle 4: Menschliche Gesundheit

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
<p>EU-Umgebungslärmrichtlinie RL 2002/49/EG Schädliche Auswirkungen, einschließlich Belästigung, durch Umgebungslärm verhindern, vorbeugen und mindern.</p> <p>Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) + 34. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) (Verordnung über die Lärmkartierung) Schutz von Menschen, Tieren und Pflanzen, Boden, Wasser, Atmosphäre sowie Kultur- und sonstigen Sachgütern vor schädlichen Umweltwirkungen (Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft) und Vorbeugung schädlicher Umwelteinwirkungen. „Emissionen im Sinne dieses Gesetzes sind die von einer Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Erscheinungen“ (§ 3 Abs. 3 BImSchG).</p>	Vermeidung von schädlichen Auswirkungen durch Lärm	<p>Länderinitiative Kernindikatoren – C2 – Lärmbelastung/Umweltindikatoren Hessen – Lärmbelastung Anteil Betroffener von $L_{den} > 65$ dB an der Gesamtbevölkerung in [%] Anteil Betroffener von $L_{night} > 55$ dB an der Gesamtbevölkerung (nachts) in [%]</p>
<p>Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) „Zur dauerhaften Sicherung der Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie des Erholungswertes von Natur und Landschaft sind insbesondere (...) zum Zweck der Erholung in der freien Landschaft nach ihrer Beschaffenheit und Lage geeignete Flächen vor allem im besiedelten und siedlungsnahen Bereich zu schützen und zugänglich zu machen“ (§1 Abs. 4 BNatSchG).</p>	Sicherstellung des Erholungswertes	<p>Länderinitiative Kernindikatoren – C4 – Erholungsflächen/Umweltindikatoren Hessen – Erholungsflächen Erholungs-, Sport-, Freizeitflächen sowie Friedhofsflächen in Städten (nach Größenklassen) [m^2/Einwohner]</p>

Quelle: Eigene Darstellung

5.2 BIOLOGISCHE VIelfALT (FAUNA, FLORA, LEBENSRAÜME)

Der Schutz der biologischen Vielfalt umfasst die Erhaltung der biologischen Vielfalt durch Sicherung der Lebensräume als auch den Schutz des Waldes beziehungsweise die Verbesserung des Waldzustandes. Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Umweltziele und ihre rechtlichen Grundlagen. Die UN-Biodiversitätskonvention von 1992 hat sich den Erhalt der biologischen Vielfalt sowie die nachhaltige Nutzung und gerechte Aufteilung ihrer Bestandteile zum Ziel gesetzt. Die Vogelschutzrichtlinie 2009/147/EG, die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie

(92/43/EWG) und die Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV) setzen zudem die Rahmenbedingungen für den Erhalt wildlebender Tiere und Pflanzen. Gesetze wie das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG), das Hessische Naturschutzgesetz (HEnatG) oder auch das Bundesraumordnungsgesetz (ROG) betonen die Wichtigkeit des nachhaltigen Schutzes der biologischen Vielfalt. Für Hessen stellt die Biodiversitätsstrategie 2016 ein wichtiges Strategiepapier hinsichtlich biologischer Vielfalt dar. Ziel dieses Papiers ist der Erhalt des Anteils an artenreichem Grünland und die Verbesserung des Zustands von Lebensräumen und Arten auch außerhalb der Natura-2000-Kulisse, insbesondere in Naturschutzgebieten. Währenddessen gibt der Zielindikator der Nachhaltigkeitsstrategie Hessen die Bestandsentwicklung repräsentativer Arten auf 100 % bis 2030 vor⁴. Hinsichtlich des Schutzes des Waldes sind insbesondere zwei Gesetze von Bedeutung, nämlich das Bundeswaldgesetz (BWaldG) und das Hessische Waldgesetz (HWaldG).

Tabelle 5: Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
UN-Biodiversitätskonvention 1992 Der Erhalt der biologischen Vielfalt, die nachhaltige Nutzung ihrer Bestandteile und die ausgewogene und gerechte Aufteilung, die sich aus der Nutzung der genetischen Ressourcen ergeben.	Erhaltung der biologischen Vielfalt durch Sicherung der Lebensräume	Länderinitiative Kernindikatoren – B2 – Artenvielfalt und Landschaftsqualität Bestandsentwicklung repräsentativer Arten: Index zum Ziel 2030, Einheit: [2030 = 100 %] Zielindikator der Nachhaltigkeitsstrategie Hessen Bestandsentwicklung repräsentativer Arten, Einheit: [2030 = 100 %] Länderinitiative Kernindikatoren – B3 – Naturschutzflächen/Umweltindikatoren Hessen – Naturschutzflächen Anteil der bundeseinheitlich streng geschützten Gebiete des Naturschutzes an der Landesfläche, Einheit: [%]
Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie 92/43/EWG „Sicherung der Artenvielfalt durch die Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen im europäischen Gebiet der Mitgliedstaaten“ (...) (Artikel 2 Abs. 1 RICHTLINIE 92/43/EWG).		
Vogelschutzrichtlinie 2009/147/EG Diese Richtlinie betrifft die Erhaltung sämtlicher wildlebender Vogelarten, die im europäischen Gebiet der Mitgliedstaaten, auf das der Vertrag Anwendung findet, heimisch sind (Artikel 1 Abs. 1 Richtlinie 2009/147/EG).		
Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG), Hessisches Naturschutzgesetz (HEnatG) Die biologische Vielfalt, die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts einschließlich der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter sowie die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft sind für zukünftige Generationen zu sichern (§ 1 Abs. 1 BNatSchG).		
Bundesraumordnungsgesetz (ROG) „Der Raum ist in seiner Bedeutung für die Funktionsfähigkeit der Böden, des Wasserhaushalts, der Tier- und Pflanzenwelt sowie des Klimas einschließlich der jeweiligen Wechselwirkungen zu entwickeln, zu sichern oder, soweit erforderlich, möglich und angemessen, wiederherzustellen“ (...). (§ 2 Abs. 2 6. ROG).		
Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV) Schutz wildlebender Tier- und Pflanzenarten.		

⁴ Vgl. Land Hessen (2020).

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
Hessische Biodiversitätsstrategie 2016 Erhalt des Anteils an artenreichem Grünland und Verbesserung des Zustands von Lebensräumen und Arten auch außerhalb der Natura-2000-Kulisse, insbesondere in Naturschutzgebieten.		
Hessische Biodiversitätsstrategie 2016 „Umfassende Berücksichtigung der naturschutzrechtlichen Anforderungen des Arten- und Biotopschutzes bei den Infrastrukturvorhaben durch (...) 6 b Minimierung der Zerschneidungswirkung von Lebensräumen infolge neuer Straßeninfrastrukturvorhaben durch die Errichtung von Grünbrücken in Bereichen wertvoller Vernetzungskorridore.“	Erhaltung der biologischen Vielfalt durch Sicherung der Lebensräume	Länderinitiative Kernindikatoren B1 – Landschaftszerschneidung/Umweltindikatoren Hessen – Landschaftszerschneidung Anteil UZVR über 100 [km ²] an der Landesfläche [%] Mittlerer Zerschneidungsgrad (effektive Maschenweite m_{eff})[km ²]
Bundeswaldgesetz (BWaldG), Hessisches Waldgesetz (HWaldG) „Zweck dieses Gesetzes ist insbesondere, den Wald wegen seines wirtschaftlichen Nutzens (Nutzfunktion) und wegen seiner Bedeutung für die Umwelt, insbesondere für die dauernde Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, das Klima, den Wasserhaushalt, die Reinhaltung der Luft, die Bodenfruchtbarkeit, das Landschaftsbild, die Agrar- und Infrastruktur und die Erholung der Bevölkerung (Schutz- und Erholungsfunktion) zu erhalten, erforderlichenfalls zu mehren und seine ordnungsgemäße Bewirtschaftung nachhaltig zu sichern (...)“ (§ 1 BWaldG).	Schutz des Waldes/Verbesserung des Waldzustands	Länderinitiative Kernindikatoren – B4 – Waldzustand/Hessische Umweltindikatoren – Waldzustand – durchschnittlicher Nadel- und Blattverlust Anteil der deutlich geschädigten Bäume der Stufe 2 und größer (Kombinationsschadstufe 2-4), Einheit: [%] Länderinitiative Kernindikatoren – B5 – Säure- und Stickstoffeintrag/ Stickstoffeintrag/ Umweltindikatoren Hessen – Säure- und Stickstoffeintrag Säureeintrag aus der Atmosphäre durch nasse Deposition auf Freiflächen im Wald, Einheit: [keq/(ha*a)] Stickstoffeintrag aus der Atmosphäre durch nasse Deposition auf Freiflächen im Wald, Einheit: [keq/(ha*a)]

Quelle: Eigene Darstellung

5.3 BODEN, FLÄCHE

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die primären Ziele des Schutzgutes Boden bzw. Fläche. Diese umfassen die Reduktion der Flächeninanspruchnahme und die Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Bodens. Deutsche Gesetze veranlassen wichtige Elemente zum Bodenschutz: Das Raumordnungsgesetz (ROG) sieht vor, die erstmalige Inanspruchnahme von Freiflächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke zu verringern. Zudem setzt das Baugesetzbuch (BauGB) einen sparsamen und schonenden Umgang mit Grund und Boden zum Ziel. Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) setzt die Rahmenbedingungen dafür, dass Böden

zu erhalten sind, damit sie ihre Funktion im Naturhaushalt erfüllen können. Ebenso sollen nicht mehr genutzte Flächen renaturiert oder der natürlichen Entwicklung überlassen werden. Ferner setzen das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und das Hessische Altlasten- und Bodenschutzgesetz (HAltBodSchG) das Gebot, die Funktionen des Bodens nachhaltig zu sichern. In diesem Sinn sollen schädliche Bodenveränderungen abgewehrt, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerunreinigungen saniert und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden getroffen werden.

Tabelle 6: Boden, Fläche

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
<p>Bundesraumordnungsgesetz (ROG) „(...) Bei der Gestaltung räumlicher Nutzungen sind Naturgüter sparsam und schonend in Anspruch zu nehmen; Grundwasservorkommen und die biologische Vielfalt sind zu schützen. Die erstmalige Inanspruchnahme von Freiflächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist zu verringern, insbesondere durch quantifizierte Vorgaben zur Verringerung der Flächeninanspruchnahme sowie durch die vorrangige Ausschöpfung der Potenziale für die Wiedernutzbarmachung von Flächen, für die Nachverdichtung und für andere Maßnahmen zur Innenentwicklung der Städte und Gemeinden sowie zur Entwicklung vorhandener Verkehrsflächen (...)“ (§ 2 Abs. 2 6. ROG).</p>	<p>Reduktion der Flächeninanspruchnahme</p>	<p>Länderinitiative Kernindikatoren – D1 – Flächenverbrauch/Umweltindikatoren Hessen – Flächenverbrauch Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche, absolut [ha/d] Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Landesfläche bis 2015 [%] Anteil der Fläche für Siedlung und Verkehr an der Landesfläche ab 2016 [%]</p>
<p>Baugesetzbuch (BauGB) „Mit Grund und Boden soll sparsam und schonend umgegangen werden; dabei sind zur Verringerung der zusätzlichen Inanspruchnahme von Flächen für bauliche Nutzungen die Möglichkeiten der Entwicklung der Gemeinde insbesondere durch Wiedernutzbarmachung von Flächen, Nachverdichtung und andere Maßnahmen zur Innenentwicklung zu nutzen sowie Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu begrenzen (...)“ (§ 1a Abs. 2 BauGB).</p>		<p>Zielindikator der Nachhaltigkeitsstrategie Hessen Senkung der Flächeninanspruchnahme bzw. der Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche auf unter 2,5 Hektar pro Tag (bezogen auf den 4-Jahresdurchschnitt)</p>
<p>Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) „Zur dauerhaften Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts sind insbesondere Böden so zu erhalten, dass sie ihre Funktion im Naturhaushalt erfüllen können; nicht mehr genutzte versiegelte Flächen sind zu renaturieren, oder, soweit eine Entsiegelung nicht möglich oder nicht zumutbar ist, der natürlichen Entwicklung zu überlassen“ (...) (§ 1 Abs. 3 BNatSchG).</p>	<p>Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Bodens</p>	<p>Länderinitiative Kernindikatoren – B5 – Säure- und Stickstoffeintrag/Umweltindikatoren Hessen – Säure- und Stickstoffeintrag Säureeintrag aus der Atmosphäre durch nasse Deposition auf Freiflächen im Wald Einheit: [keq/(ha*a)] Stickstoffeintrag aus der Atmosphäre durch nasse Deposition auf Freiflächen im Wald Einheit: [keq/(ha*a)]</p>
<p>Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG), Hessische Altlasten- und Bodenschutzgesetz (HAltBodSchG) „Zweck dieses Gesetzes ist es, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerunreinigungen zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen (...)“ (§ 1 BBodSchG).</p>		<p>Umweltindikatoren Hessen - Depositionen von Staubbiederschlag Depositionszeitreihen – Gesamtdosition [mg/(m²*d)]</p>

Quelle: Eigene Darstellung

5.4 KULTURELLES ERBE UND LANDSCHAFTSBILD

Der Erhalt der Kulturdenkmäler und der Schutz des Landschaftsbilds sind bezüglich des kulturellen Erbes und des Landschaftsbilds die primären Umweltschutzziele (vgl. Tabelle 7). Rechtlich geregelt wird der Denkmalschutz in Hessen durch das Hessische Denkmalschutzgesetz (HDSchG). Es setzt die Rahmenbedingungen für den Schutz der Kulturdenkmäler. Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) und das Hessische Naturschutzgesetz (HEnatG) widmen sich unter anderem ebenso dem Schutz des kulturellen Erbes. Auf internationaler Ebene ist das UNESCO-Übereinkommen zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt zusätzlich zu erwähnen. Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Wahrung von Kulturlandschaften setzen das Raumordnungsgesetz (ROG) ebenso wie das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) und das Hessische Naturschutzgesetz (HEnatG).

Tabelle 7: Kulturelles Erbe und Landschaftsbild

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
Hessisches Denkmalschutzgesetz (HDSchG) „Es ist die Aufgabe von Denkmalschutz und Denkmalpflege, die Kulturdenkmäler als Quellen und Zeugnisse menschlicher Geschichte und Entwicklung nach Maßgabe dieses Gesetzes zu schützen und zu erhalten sowie darauf hinzuwirken, dass sie in die städtebauliche Entwicklung, Raumordnung und den Erhalt der historisch gewachsenen Kulturlandschaft einbezogen werden.“ (§ 1 Abs. 1 HDSchG)	Erhaltung von Kulturdenkmälern	Anzahl (und Zustand) der Kulturdenkmäler Anzahl UNESCO-Welterbestätten
UNESCO-Übereinkommen zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt Achtung und Schutz des kulturellen Erbes (gem. Artikel 1: Denkmäler, Ensembles und Stätten).	Schutz des Landschaftsbilds	Bestand der Landschaftsschutzgebiete
Raumordnungsgesetz (ROG) „5. Kulturlandschaften sind zu erhalten und zu entwickeln. Historisch geprägte und gewachsene Kulturlandschaften sind in ihren prägenden Merkmalen und mit ihren Kultur- und Naturdenkmälern sowie dem UNESCO-Kultur- und Naturerbe der Welt zu erhalten. (...)“ (§ 2 Abs. 2 ROG).		
Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) Hessisches Naturschutzgesetz (HEnatG) „Zur dauerhaften Sicherung der Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie des Erholungswertes von Natur und Landschaft sind insbesondere 1. Naturlandschaften und historisch gewachsene Kulturlandschaften, auch mit ihren Kultur-, Bau- und Bodendenkmälern, vor Verunstaltung, Zersiedelung und sonstigen Beeinträchtigungen zu bewahren (...)“ (§ 1 Abs. 4 BNatSchG). „1. Die Kulturlandschaften des Landes sind in ihrer Vielgestaltigkeit zu erhalten und ihren naturräumlichen Eigenarten entsprechend zu entwickeln und zu gestalten; dazu gehören eine ordnungsgemäße Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Lebensräume, Vielfalt, Schönheit und Erholungswert von Natur und Landschaft auch aus der Vielfalt der menschlichen Nutzung herrühren“ (§ 1 Abs. 2 HEnatG).		

Quelle: Eigene Darstellung

5.5 WASSER

Hinsichtlich des Schutzgutes Wasser veranschaulicht Tabelle 8 das primäre Umweltschutzziel des Schutzes des Grund- und Oberflächengewässers sowie der Sicherstellung der Wasserversorgung. Auf der EU-Ebene sind zahlreiche Rechtsakte diesem Schutzgut gewidmet: die Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG WRRL), die Nitratrichtlinie (RL 91/676/EWG), die Richtlinie über die Qualität des Wassers für den menschlichen Gebrauch (RL 98/83/EG), die Richtlinie zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (RL 2006/118/EG), als auch die Trinkwasserverordnung (TrinkwV). Auf Bundesebene setzen das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) und das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) rechtliche Rahmenbedingungen für einen nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser. Die Hessische Biodiversitätsstrategie beinhaltet auch Ziele hinsichtlich dieses Schutzgutes. So soll ein ökologisch günstiger Zustand der hessischen Gewässer erreicht, die Durchgängigkeit der Fließgewässer für wandernde Fischarten hergestellt und der Zustand der an Wasser gebundenen biologischen Vielfalt verbessert werden.

Tabelle 8: Wasser

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
Wasserrahmenrichtlinie RL 2000/60/EG „Ziel dieser Richtlinie ist die Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers“ (...) (Artikel 1 RL 2000/60/EG).	Schutz des Grund- und Oberflächengewässers/Sicherstellung der Wasserversorgung	Länderinitiative Kernindikatoren – B8 – Ökologischer Zustand oberirdischer Binnengewässer/Umweltindikatoren Hessen – Ökologischer Zustand oberirdischer Binnengewässer Anteil der Wasserkörper der Fließgewässer mit gutem oder sehr gutem Zustand an der Gesamtanzahl der bewerteten Wasserkörper, Einheit: [%] Anteil der Oberflächenwasserkörper der Seen mit gutem oder sehr gutem Zustand an der Gesamtanzahl der bewerteten Wasserkörper, Einheit: [%]
Nitratrichtlinie RL 91/676/EWG „Diese Richtlinie hat zum Ziel, — die durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verursachte oder ausgelöste Gewässerverunreinigung zu verringern und — weiterer Gewässerverunreinigung dieser Art vorzubeugen“ (Artikel 1 RL 91/676/EWG).		
Richtlinie über die Qualität des Wassers für den menschlichen Gebrauch RL 98/83/EG „Ziel dieser Richtlinie ist es, die menschliche Gesundheit vor den nachteiligen Einflüssen, die sich aus der Verunreinigung von für den menschlichen Gebrauch bestimmtem Wasser ergeben, durch Gewährleistung seiner Genussstauglichkeit und Reinheit zu schützen“ (Artikel 1 Abs. 2 RL 98/83/EG).		
Richtlinie zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung RL 2006/118/EG Verhinderung und Begrenzung der Grundwasserverschmutzung mit Kriterien für die Beurteilung des guten chemischen Zustands des Grundwassers und Kriterien für die Ermittlung und Umkehrung signifikanter und anhaltend steigender Trends sowie für die Festlegung der Ausgangspunkte für die Trendumkehr.		

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
		Länderinitiative Kernindikatoren – C5 – Nitrat im Grundwasser Anteil der Messstellen mit Nitratgehalten über 25 mg/l, Einheit: [%] Anteil der Messstellen mit Nitratgehalten über 50 mg/l, Einheit: [%]
Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) „Zur dauerhaften Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts sind insbesondere 3. Meeres- und Binnengewässer vor Beeinträchtigungen zu bewahren und ihre natürliche Selbstreinigungsfähigkeit und Dynamik zu erhalten; dies gilt insbesondere für natürliche und naturnahe Gewässer einschließlich ihrer Ufer, Auen und sonstigen Rückhalteflächen; Hochwasserschutz hat auch durch natürliche oder naturnahe Maßnahmen zu erfolgen; für den vorsorgenden Grundwasserschutz sowie für einen ausgeglichenen Niederschlags-Abflusshaushalt ist auch durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege Sorge zu tragen“ (§1 Abs. 3 BNatSchG).	Schutz des Grund- und Oberflächen- gewässers/Sicherstellung der Wasserversorgung	Länderinitiative Kernindikatoren – B9 – Gewässerstruktur/Umweltindikatoren Hessen – Gewässerstruktur Grad der Veränderung der Gewässerstruktur, Einheit: 7 Klassen Anteil der Querbauwerke mit einer guten fischökologischen Durchgängigkeit in Fließgewässern, Einheit: [%]
Trinkwasserverordnung (TrinkwV) „Zweck der Verordnung ist es, die menschliche Gesundheit vor den nachteiligen Einflüssen, die sich aus der Verunreinigung von Wasser ergeben, das für den menschlichen Gebrauch bestimmt ist, durch Gewährleistung seiner Genussstauglichkeit und Reinheit nach Maßgabe der folgenden Vorschriften zu schützen“ (§ 1 TrinkwV). Die Trinkwasserverordnung sieht einen Grenzwert von 50 mg/l Nitrat im Trinkwasser vor.		Umweltindikatoren Hessen - Grundwasserneubildung Jährlicher Mittelwert [mm/a]
Wasserhaushaltsgesetz (WHG) „Zweck dieses Gesetzes ist es, durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen“ (§ 1 WHG).		Zielindikator Nachhaltigkeitsstrategie Hessen Senkung des Anteils der Messstellen mit Nitratgehalten über 50 mg/l an den Messstellen insgesamt auf 0 %
Hessische Biodiversitätsstrategie 2016 „Erreichung eines ökologisch günstigen Zustands der hessischen Gewässer, wesentliche Herstellung der Durchgängigkeit der Fließgewässer für wandernde Fischarten (gemäß Wasser- rahmenrichtlinie bis zum Jahr 2027) und Verbesserung des Zustands der an Wasser gebundenen biologischen Vielfalt.“		

Quelle: Eigene Darstellung

5.6 LUFT

Das primäre Ziel des Schutzgutes Luft ist die Vermeidung von gesundheitsgefährdenden Luftverschmutzungen. Auf EU-Ebene gibt es zahlreiche Richtlinien, die der Vermeidung von Luftverschmutzung gewidmet sind. Dazu zählen die EU-Luftqualitätsrichtlinie (RL 2008/50/EG), die EU-Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (RL 2008/1/EG) sowie die Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (RL 2001/81/EG). Auf Bundesebene sind es zudem das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG), welche Grenzwerte hinsichtlich der Vermeidung von Luftverschmutzung setzen. Für Ozon wurden hier nur Zielwerte festgelegt⁵.

Tabelle 9: Luft

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
EU-Luftqualitätsrichtlinie RL 2008/50/EG „Zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt insgesamt ist es von besonderer Bedeutung, den Ausstoß von Schadstoffen an der Quelle zu bekämpfen und die effizientesten Maßnahmen zur Emissionsminderung zu ermitteln und auf lokaler, nationaler und gemeinschaftlicher Ebene anzuwenden“ (...)	Vermeidung von gesundheitsgefährdenden Luftverschmutzungen	Länderinitiative Kernindikatoren – C1 – Luftqualität Jahresmittelwert der PM ₁₀ -Immissionskonzentration im städtischen Hintergrund, Einheit: [µg/m ³]
EU-Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung RL 2008/1/EG Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von Emissionen aus den genannten Tätigkeiten in Luft, Wasser und Boden.		Jahresmittelwert der PM _{2,5} -Immissionskonzentration im städtischen Hintergrund, Einheit: [µg/m ³]
Richtlinie über die nationalen Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe RL 2001/81/EG „Ziel dieser Richtlinie ist die Begrenzung der Emissionen versauernder und eutrophierender Schadstoffe sowie der Ozonvorläufer, um in der Gemeinschaft den Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit gegen die Risiken der Versauerung, der Eutrophierung des Bodens und des bodennahen Ozons zu verbessern und dem langfristigen Ziel der Einhaltung kritischer Konzentrationen und Eintragsraten und des wirksamen Schutzes aller Menschen gegen bekannte Gesundheitsgefahren durch Luftverschmutzung durch Festlegung nationaler Emissionshöchstmengen (...)“ (Artikel 1 RL 2001/81/EG).		Jahresmittelwert der NO ₂ -Immissionskonzentration im städtischen Hintergrund, Einheit: [µg/m ³] Ozonkonzentrationen; Anzahl der 1-Stunden-Messwerte (Stundenmittelwerte) größer als 180 µg/m ³ pro Jahr im städtischen Hintergrund, Einheit: Anzahl

⁵ Vgl. HLNUG (2021f).

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
<p>Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) Vermeidung und Verminderung schädlicher Umwelteinwirkungen durch Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen.</p>	Vermeidung von gesundheitsgefährdenden Luftverschmutzungen	<p>Umweltindikatoren Hessen – Immissionen charakteristischer Luftschadstoffe Jahresmittelwerte für Stickstoffmonoxidkonzentrationen (NO), Stickstoffdioxidkonzentrationen (NO₂) und Schwebstaubkonzentrationen (PM₁₀-Fraktion und PM_{2,5}-Fraktion) [µg/m³,a] Anzahl der Überschreitungen der Informationsschwelle für Ozon (Ozonstundenmittelwerte > 180 µg/m³) pro Jahr – gemittelt über alle Stationen</p>
<p>Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) „Zur dauerhaften Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts sind insbesondere 4. Luft und Klima auch durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege zu schützen; dies gilt insbesondere für Flächen mit günstiger lufthygienischer oder klimatischer Wirkung wie Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete oder Luftaustauschbahnen; dem Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung insbesondere durch zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien kommt eine besondere Bedeutung zu“ (§ 1 Abs. 3 BNatSchG).</p>		<p>Umweltindikator Hessen Aktuelle Messwerte für Ozon [µg/m³] Aktuelle Messwerte für Feinstaub PM₁₀ [µg/m³] Aktuelle Messwerte für Feinstaub OM_{2,5} [µg/m³]</p> <p>Länderinitiative Kernindikatoren – C4 – Erholungsflächen/Umweltindikatoren Hessen – Erholungsflächen Erholungs-, Sport-, Freizeitflächen sowie Friedhofsflächen in Städten (nach Größenklassen) [m²/Einwohner]</p>

Quelle: Eigene Darstellung

5.7 KLIMA UND ENERGIE

Auf Basis des Schutzgutes Klima und Energie zeigt Tabelle 10 die primären Schutzziele – Senkung der Treibhausgasemissionen, Klimaanpassung sowie Stärkung des Anteils erneuerbarer Energien – und ihre rechtlichen Rahmenbedingungen.

Zur Reduktion der Treibhausgasemissionen setzt zunächst auf völkerrechtlicher Basis die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2010 die Rahmenbedingungen für eine Begrenzung des Temperaturanstiegs weltweit auf weniger als zwei Grad gegenüber dem Niveau vor Beginn der Industrialisierung. Ambitionierte Ziele der Treibhausgasreduktion setzt der European Green Deal. Dieser sieht bis zum Jahr 2050 eine völlige Klimaneutralität vor. Das Zwi-

schenziel ist eine Reduktion von 55 % bzw. mindestens 50 % im Jahr 2030⁶. Der Klimaschutzplan 2050 der Deutschen Bundesregierung orientiert sich ebenfalls an einer Klimaneutralität im Jahr 2050 und einer Reduktion der THG-Emissionen im Jahr 2030 von 55 % im Vergleich zum Jahr 1990⁷. Mit dem „Integrierten Klimaschutzplan Hessen 2025“ unterstreicht die Hessische Landesregierung ihre zentrale Aufgabe, den anthropogenen Klimawandel einzudämmen, um zukünftigen Generationen eine lebenswerte Umwelt zu hinterlassen. Im Vergleich zum Basisjahr 1990 sollen im Jahr 2025 40 % der THG-Emissionen und bis zum Jahr 2050 mindestens 90 % der THG-Emissionen eingespart werden. Damit würde Hessen bis zur Mitte des Jahrhunderts klimaneutral werden und seinen Teil zu den internationalen Klimaschutzbemühungen leisten⁸⁹.

Auf Bundesebene ist das Strategiepapier zur Klimaanpassung „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ hervorzuheben. Es setzt das langfristige Ziel der Vermeidung der Verletzlichkeit bzw. des Erhalts und der Steigerung der Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme an die unvermeidbaren Auswirkungen des globalen Klimawandels¹⁰. Gesetzliche Grundlagen zur Vermeidung von negativen Folgen des Klimawandels bieten unter anderem das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) sowie das Baugesetzbuch (BauGB). Im Bundesnaturschutzgesetz werden Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege festgelegt und es wird speziell auch auf die Nutzung erneuerbarer Energien eingegangen. Im Baugesetzbuch definierte Bauleitpläne zielen auf die Sicherung einer menschenwürdigen Umwelt und den Schutz natürlicher Lebensgrundlagen ab. Als Ziele des Integrierten Klimaschutzplans Hessen 2025 gelten darin die Stärkung von bestehenden Anpassungsstrategien, die Verbesserung der Informationsbasis, der Schutz vulnerabler Sektoren sowie die Unterstützung internationaler Klimaanpassungsaktivitäten¹¹.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen zur Stärkung der erneuerbaren Energien und Erhöhung der Energieeffizienz werden von zahlreichen Gesetzen vorgegeben. Darunter fallen das Raumordnungsgesetz (ROG), das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) und das Hessische Energiezukunftsgesetz (HEG). Das Hessische Energiezukunftsgesetz (HEG) und die Strategie „die Energiewende in Hessen“ setzen das Ziel einer Deckung des Endenergieverbrauchs von Strom und Wärme möglichst zu 100 % aus erneuerbaren Energien im Jahr 2050¹². Rahmenbedingungen für Hessen werden ebenso durch die Nachhaltigkeitsstrategie Hessen vorgegeben. Das Ziel in der Nachhaltigkeitsstrategie ist der Anstieg des Anteils der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch der Industrie, der Haushalte und der übrigen Verbraucher auf 30 % im Jahr 2030. Überdies schafft die Nachhaltigkeitsstrategie Hessen zudem das qualitative Ziel, den Endenergieverbrauch der privaten Haushalte kontinuierlich abzusenken¹³.

⁶ Vgl. Europäische Kommission (2019).

⁷ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2016).

⁸ Vgl. Hessisches Statistisches Landesamt (2016).

⁹ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2017).

¹⁰ Vgl. Deutsche Bundesregierung (2008).

¹¹ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2017).

¹² Vgl. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2016).

¹³ Vgl. Hessisches Statistisches Landesamt (2016).

Tabelle 10: Klima und Energie

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
<p>Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2010 Begrenzung des Temperaturanstiegs weltweit auf weniger als zwei Grad gegenüber dem Niveau vor Beginn der Industrialisierung.</p> <p>European Green Deal Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030 um 55 % bzw. mindestens 50 % im Vergleich zum Jahr 1990.</p> <p>Klimaschutzplan 2050 der Deutschen Bundesregierung Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 55 % gegenüber 1990, bis 2050 um mindestens 80 % gegenüber 1990.</p> <p>Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025 Bis 2025 sollen die Treibhausgasemissionen in Hessen um 40 %, bis 2030 um 55 % und bis 2050 um mindestens 90 % im Vergleich zum Basisjahr 1990 vermindert werden.</p>	Reduktion der Treibhausgasemissionen	<p>Länderinitiative Kernindikatoren – A2 – Kohlendioxidemissionen/Umweltindikatoren Hessen – Kohlendioxidemissionen Energiebedingte Kohlendioxidemissionen, einwohnerbezogen [t/(E*a)] Kraftstoffbedingte Kohlendioxidemissionen des Verkehrs, einwohnerbezogen [t/(E*a)] Kraftstoffbedingte Kohlendioxidemissionen des Verkehrs, absolut (mit gesonderter Darstellung des Anteils aus dem internationalen Luftverkehr) [1.000 t/a]</p> <p>Zielindikator der Nachhaltigkeitsstrategie Hessen Senkung des Indexes der Treibhausgasemissionen auf 50 im Jahr 2030 (IW in Messzahlen; 1990 = 100)</p>
<p>Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel Langfristiges Ziel der Deutschen Anpassungsstrategie ist die Verminderung der Verletzlichkeit bzw. der Erhalt und die Steigerung der Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme an die unvermeidbaren Auswirkungen des globalen Klimawandels.</p>	Klimaanpassung	<p>Länderinitiative Kernindikatoren – A1 – Klimawandel und Vegetationsentwicklung Beginn der Apfelblüte [Tag des Jahres] Dauer der Vegetationsperiode [d]</p> <p>Umweltindikatoren Hessen – Pollenbelastung für Allergiker Beginn der Hasel [Tag des Jahres]</p> <p>Umweltindikatoren Hessen – Hitzewarntage Hitzewarntage [Tag pro Jahr]</p>
<p>Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) „Zur dauerhaften Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts sind insbesondere (...) Luft und Klima auch durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege zu schützen; dies gilt insbesondere für Flächen mit günstiger lufthygienischer oder klimatischer Wirkung wie Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete oder Luftaustauschbahnen; dem Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung insbesondere durch zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien kommt eine besondere Bedeutung zu“ (...) (§ 1 Abs. 3 BNatSchG).</p>		

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
<p>Baugesetzbuch (BauGB) „Die Bauleitpläne sollen (...) dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln sowie den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern, sowie die städtebauliche Gestalt und das Orts- und Landschaftsbild baukulturell zu erhalten und zu entwickeln“ (...) (§ 1 Abs. 5 BauGB).</p>		<p>Umweltindikatoren Hessen – Reifentwicklung der Weinreben Termine Austrieb und Blühbeginn der Weinreben vom Referenzweinberg [Abweichung in Tagen]</p>
<p>Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025 Qualitative Ziele der Klimaanpassung: Stärkung von bestehenden Anpassungsstrategien, Verbesserung der Informationsbasis für Entscheidungen/Wissen bereitstellen, informieren, befähigen, Schutz vulnerabler Sektoren, Unterstützung internationaler Klimaanpassungsaktivitäten</p>		<p>Umweltindikatoren Hessen – Weinhaltstoffe des Rieslings Weinhaltstoffe des Rieslings zur Lese [Mostgewicht in Grad Oechsle]</p> <p>Umweltindikatoren Hessen – Rebsorteneignung Wärmesumme nach Huglin für Geisenheim [Huglin-Index]</p> <p>Umweltindikatoren Hessen – Wärmebelastung bei Geflügel Mittlere Anzahl der Tage mit Hitzestress für Geflügel [Anzahl Tage pro Jahr]</p> <p>Umweltindikatoren Hessen – Ertragsschwankungen des Winterweizens Abweichung des jährlichen Ertrags [in dt/ha] vom durchschnittlichen Ertrag der jeweils vorangegangenen sechs Jahre [%]</p> <p>Umweltindikatoren Hessen – Arealverschiebung der Flechten Mittlere Häufigkeit der klimawandelanzeigenden Flechten auf Dauerbeobachtungsflächen</p> <p>Umweltindikatoren Hessen – Waldbrandgefährdung Mittelwert Kanadischer Waldbrandindex [Anzahl Tage]</p>

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
		<p>Umweltindikatoren Hessen – Mortalitäten aller Baumarten Mortalitäten in hessischen Wäldern [%]</p> <p>Umweltindikatoren Hessen – Waldschäden durch Insekten Insektenschäden an Eichen der Eichenfraßgesellschaft [Anteil der Eichen mit jeweiliger Schadstufe]</p> <p>Umweltindikatoren Hessen – Hoch-, Mittel- und Niedrigwasser der Fließgewässer Hochwasserdauer [Anzahl Tage pro Jahr] Halbjahres-Abflussregime [%] Niedrigwassertage [Tage-Index]</p> <p>Umweltindikatoren Hessen – Mitteltemperatur Lufttemperatur in Hessen als Jahresmittelwert [°C]</p> <p>Umweltindikatoren Hessen – Niederschlags-höhe Jahresniederschlag Hessen [mm]</p> <p>Umweltindikatoren Hessen – Meteorologische Kenntage Anzahl der Sommertage [Anzahl Tage pro Jahr] Anzahl der heißen Tage [Anzahl Tage pro Jahr] Anzahl der Frosttage [Anzahl Tage pro Jahr]</p> <p>Umweltindikatoren Hessen – Häufigkeit und Intensität von Wärmeinselsituationen am Beispiel „Frankfurt am Main“ Wärmeinselleffekt mittlere Temperaturdifferenz [°C]</p>

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
<p>Raumordnungsgesetz (ROG) „4. (...) Den räumlichen Erfordernissen für eine kostengünstige, sichere und umweltverträgliche Energieversorgung einschließlich des Ausbaus von Energienetzen ist Rechnung zu tragen“ (...) (§ 2 Abs. 2).</p>	Stärkung des Anteils erneuerbarer Energien	<p>Länderinitiative Kernindikatoren – A4 – Erneuerbare Energien/Umweltindikatoren Hessen – Erneuerbare Energien Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch [%] Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch [%] Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch [%]</p>
<p>Gesetz zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz – EEWärmeG) „Zweck dieses Gesetzes ist es, insbesondere im Interesse des Klimaschutzes, der Schonung fossiler Ressourcen und der Minderung der Abhängigkeit von Energieimporten, eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien zu fördern“ (§ 1 Abs. 1 EEWärmeG).</p>		<p>Länderinitiative Kernindikatoren – D5 – Energieproduktivität/ Umweltindikatoren Hessen – Energieproduktivität Verhältnis des Bruttoinlandsprodukts zum Endenergieverbrauch (Index) [1991 = 100]</p>
<p>Energiewende in Hessen – Monitoringbericht 2016 (Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung) Deckung des Endenergieverbrauches in Hessen von Strom und Wärme möglichst zu 100 % aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2050.</p>		<p>Länderinitiative Kernindikatoren – A3 – Energieverbrauch/Umweltindikatoren Hessen – Energieverbrauch Primärenergieverbrauch, einwohnerbezogen [GJ/(a*E)] Primärenergieverbrauch, absolut [PJ/a] Endenergieverbrauch des Sektors private Haushalte, absolut [TJ/a] Endenergieverbrauch des Sektors privater Haushalte, einwohnerbezogen [GJ/E*a]</p>
<p>Nachhaltigkeitsstrategie Hessen Anstieg des Anteils der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch der Industrie, der Haushalte und der übrigen Verbraucher auf 30 % im Jahr 2030 (IW in %).</p>		
<p>Hessisches Energiezukunftsgesetz (HEG) „Ziele dieses Gesetzes sind die Deckung des Endenergieverbrauchs von Strom und Wärme möglichst zu 100 % aus erneuerbaren Energiequellen bis zum Jahr 2050 sowie die Anhebung der jährlichen energetischen Sanierungsquote im Gebäudebestand auf mindestens 2,5 bis 3 %“ (§ 1 Abs. 1 HEG).</p>		<p>Zielindikator der Nachhaltigkeitsstrategie Hessen Qualitatives Ziel: Endenergieverbrauch der privaten Haushalte kontinuierlich absenken</p>

Quelle: Eigene Darstellung

5.8 NATÜRLICHE RESSOURCEN

Die primären Ziele des Schutzgutes natürliche Ressourcen sind die Reduktion des Abfallaufkommens und die Ressourcenschonung (vgl. Tabelle 11). Der Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa sieht bis zum Jahr 2050 eine Wirtschaft vor, welche sowohl wettbewerbsfähig ist, als auch einen hohen Lebensstandard mit geringer Umweltbelastung und einer nachhaltigen Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen garantiert¹⁴. Auf Bundesebene fordert das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) die Schonung natürlicher Ressourcen. Die Hessische Ressourcenschutzstrategie setzt die Schwerpunkte, die Ressourceneffizienz zu steigern, Stoffkreisläufe zu schließen, den Einsatz von Sekundärrohstoffen zu stärken, eine chancenorientierte Kommunikation der Ressourceneffizienz zu garantieren und die Forschungsschwerpunkte auf nachhaltige Ressourcennutzung zu legen¹⁵. Des Weiteren gelten im Abfallwirtschaftsplan Hessen die Ziele der Vermeidung von Abfällen, der Wiederverwendung von gebrauchten Erzeugnissen, der Förderung der Kreislaufwirtschaft sowie der Sicherstellung einer umweltverträglichen Abfallentsorgung und Gewährleistung der Entsorgungssicherheit¹⁶.

Tabelle 11: Natürliche Ressourcen

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
<p>Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle „Mit dieser Richtlinie werden Maßnahmen zum Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit festgelegt, indem die schädlichen Auswirkungen der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen vermieden oder verringert, die Gesamtauswirkungen der Ressourcennutzung reduziert und die Effizienz der Ressourcennutzung verbessert werden“ (Artikel 1 RL 2008/98/EG über Abfälle).</p>	Reduktion des Abfallaufkommens	<p>Länderinitiative Kernindikatoren – D3 – Abfallaufkommen/Umweltindikatoren Hessen – Abfallaufkommen Aufkommen ausgewählter Siedlungsabfälle (Haus- und Sperrmüll), einwohnerbezogen [kg/(E*a)] Aufkommen ausgewählter Siedlungsabfälle (Haus- und Sperrmüll sowie getrennt erfasste Wertstoffe aus Haushalten und Bioabfälle), einwohnerbezogen [kg/(E*a)]</p>
<p>Abfallwirtschaftsplan Hessen Siedlungs- und industrielle Abfälle 2015 Für die Abfallbewirtschaftung in Hessen gelten folgende Ziele: Vermeidung von Abfällen bei der Rohstoffgewinnung und -verarbeitung, Produktion sowie beim Handel und Konsum, Förderung der Wiederverwendung von gebrauchten Erzeugnissen, Förderung der Kreislaufwirtschaft durch die Getrennterfassung von Wertstoffen, Ausweitung des Sammlungsangebots und verstärkte Kaskadennutzung (Vergärung, Kompostierung, Gärreste) für getrennt gesammelte Bioabfälle, Schadstoffentfrachtung von angefallenen und gesammelten Abfällen, Sicherstellung einer umweltverträglichen Abfallentsorgung, Gewährleistung von Entsorgungssicherheit.</p>		

¹⁴ Vgl. Europäische Kommission (2011).

¹⁵ Vgl. HLNUG (2021g) und Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2018a).

¹⁶ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2015).

Umweltziel (inkl. rechtlicher Grundlage)	Primäres Ziel	Indikatoren
<p>Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa „Die Vision: Bis 2050 ist die Wirtschaft der Europäischen Union auf eine Weise gewachsen, die die Ressourcenknappheit und die Grenzen des Planeten respektiert, und trägt so zu einer weltweiten wirtschaftlichen Umgestaltung bei. Unsere Wirtschaft ist wettbewerbsfähig und integrativ und bietet einen hohen Lebensstandard bei deutlich geringerer Umweltbelastung. Alle Ressourcen werden nachhaltig bewirtschaftet, von Rohstoffen bis hin zu Energie, Wasser, Luft, Land und Böden. Die Etappenziele des Klimaschutzes wurden erreicht, während die Biodiversität und die Ökosystemleistungen, die sie unterstützt, geschützt und wertbestimmt werden und im Wesentlichen wiederhergestellt sind.“</p>	Ressourcenschonung	Länderinitiative Kernindikatoren – D6 – Rohstoffproduktivität/Umweltindikatoren Hessen – Rohstoffproduktivität Verhältnis des Bruttoinlandsprodukts zum Rohstoffverbrauch (Index) [1994=100]
<p>Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) „Zweck des Gesetzes ist es, die Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen zu fördern und den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherzustellen“ (§ 1 KrWG).</p>		
<p>Ressourcenschutzstrategie Hessen 2018 Ressourcen schonen und Ressourceneffizienz steigern Schließen von Stoffkreisläufen Stärkung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen Chancenorientierte Kommunikation der Ressourceneffizienz Forschung im Bereich nachhaltiger Ressourcennutzung und -bewirtschaftung</p>		

Quelle: Eigene Darstellung

UMWELTZUSTAND SOWIE TREND BEI NICHTDURCHFÜHRUNG DES PROGRAMMS (NULLVARIANTE)

Abschnitt 6 analysiert den aktuellen Umweltzustand sowie dessen voraussichtliche Entwicklung bei Nichtdurchführung des Operationellen Programms (Nullvariante). Das Augenmerk liegt auf den Umweltschutzgütern entsprechend § 2 Abs. 1 UVPG bzw. den im Scoping-Prozess erarbeiteten Kategorien (vgl. Abschnitt 0). Die Umweltzustandsbeschreibung bildet damit die Basis für eine Beurteilung der Umweltauswirkungen durch das Operationelle Programm. Neben der textlichen Beschreibung des Umweltzustands werden zudem auf Grundlage der vorliegenden Daten der Umweltschutzgüter Trendbewertungen durchgeführt.

Als Quellen für die Umweltdaten und Indikatoren dienen die Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI)¹⁷, die Umweltindikatoren Hessen des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG)¹⁸ sowie die Zielindikatoren der Nachhaltigkeitsstrategie Hessen^{19,20}. Die Trendbewertung der Nullvariante orientiert sich dabei an den Entwicklungen sowie konkreten Daten der Vergangenheit, den relevanten Zielsetzungen und, falls vorhanden, Prognosen für die Zukunft. Die Analyse bedient sich dabei einer Skala zur Trendbewertung, wobei zwischen positiven (+) und negativen (-) sowie gleichbleibenden Entwicklungen (0) differenziert wird. Ist eine Bewertung nicht möglich, wird dies mit dem Buchstaben „X“ gekennzeichnet (vgl. Tabelle 12).

Tabelle 12: Bewertungsskala Nullvariante

+	Positiver Trend
0	Gleichbleibend
-	Negativer Trend
X	Bewertung nicht möglich

Quelle: Eigene Darstellung

¹⁷ <https://www.lanuv.nrw.de/liki/>

¹⁸ <https://www.hlnug.de/themen/uatlas/umweltindikatoren-hessen>

¹⁹ <http://www.hessen-nachhaltig.de/de/der-hessische-prozess-im-ueberblick.html>

²⁰ Vgl. Land Hessen (2020).

6.1 MENSCHLICHE GESUNDHEIT

Die menschliche Gesundheit gehört zu den Umweltschutzgütern des UVPG, weil sie durch Umweltbelastungen wie Lärm bzw. durch einen Mangel an Erholungsflächen, insbesondere in Städten, stark beeinträchtigt werden kann. Direkt oder auch indirekt wirken sich Verschmutzungen von Wasser, Boden oder Luft auf die menschliche Gesundheit aus. Diese Einflussfaktoren werden jedoch bei den entsprechenden Schutzgütern diskutiert.

6.1.1 VERMEIDUNG VON SCHÄDLICHEN AUSWIRKUNGEN DURCH LÄRM

Dauerbelastung durch Lärm kann nachhaltige gesundheitliche Beeinträchtigungen mit sich ziehen. Dabei können Schäden bereits bei geringen Lärmpegeln entstehen. Zu den gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Lärm zählen insbesondere Stress, Risiko für Bluthochdruck, höheres Herzinfarktrisiko oder auch Schlafstörungen²¹. Gemäß § 47 d BImSchG müssen Lärmaktionspläne entwickelt werden. Lärmaktionspläne wurden in Hessen für Ballungsräume, Luftverkehrsräume, Schienenverkehrslärm sowie Straßenverkehrslärm erstellt²².

Der hier untersuchte Indikator für die Lärmbelastung lässt sich in zwei Teilindikatoren aufsplitteln: Anteil Betroffener von L_{den} größer als 65 Dezibel (dB) an der Gesamtbevölkerung in % und Anteil Betroffener von L_{night} größer 55 dB an der Gesamtbevölkerung (nachts) in %. Der Indikator zur Lärmbelastung gibt also den prozentuellen Anteil der Bevölkerung in geräuschbelasteten Regionen an, der dauerhaft einem bestimmten Geräuschpegel ausgesetzt ist.

Abbildung 2 lässt erkennen, dass im Vergleich zum Jahr 2014 der Anteil an Betroffenen im Jahr 2018 von $L_{den} > 65$ dB an der Gesamtbevölkerung zurückgegangen ist. Wo im Jahr 2014 noch 6,0 % der Gesamtbevölkerung von $L_{den} > 65$ dB betroffen waren, waren es im Jahr 2018 nur noch 4,6 %. Gleichermäßen ist ebenso gegenüber 2014 der Anteil Betroffener von $L_{night} > 55$ dB nachts gesunken (vgl. Abbildung 3). Im Jahr 2014 lag der Anteil an Betroffenen noch bei 9,2 %, während der Anteil im Jahr 2018 auf 6,5 % gesunken ist²³.

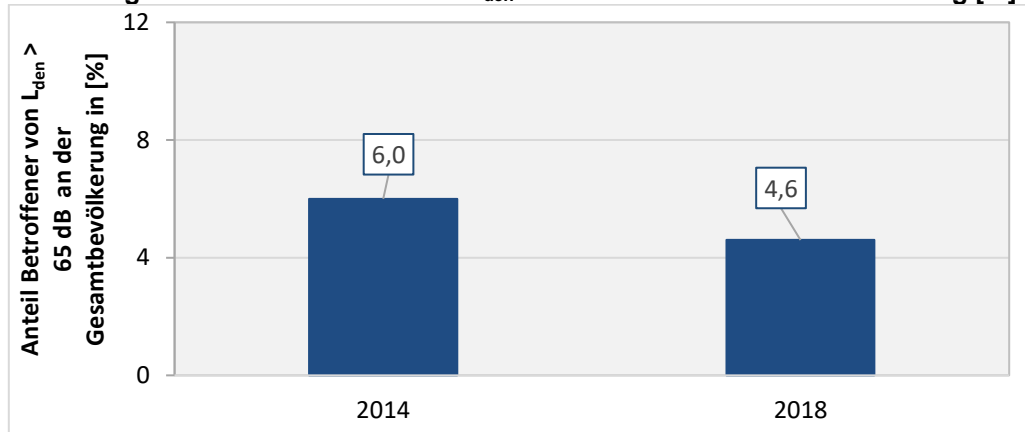
Die Lärmkartierung in Abbildung 4 zeigt eine ungleiche Verteilung der Lärmbelastung im Land Hessen. Eine hohe Lärmbelastung gibt es insbesondere an den Hauptverkehrswegen sowie in der Nähe von Gewerbe- und Ballungsgebieten. In Südhessen gibt es besondere Risiken durch Lärmbelastung durch den Frankfurter Flughafen²⁴.

²¹ Vgl. Umweltbundesamt (2021a).

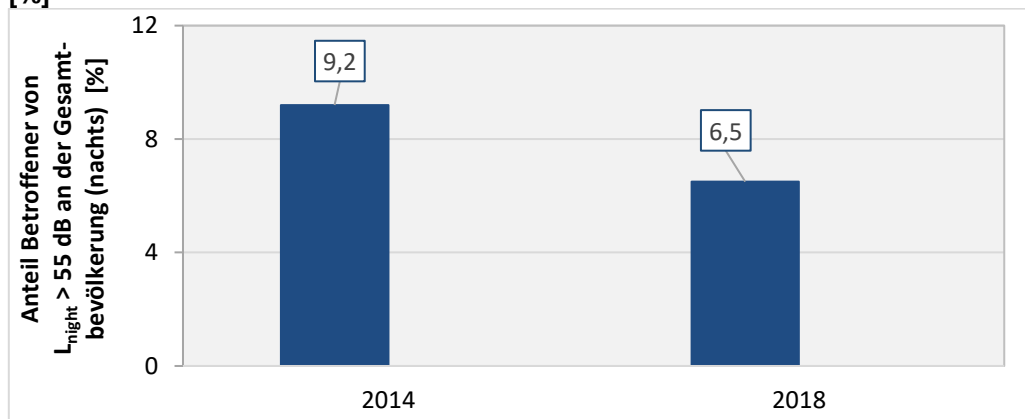
²² Vgl. Hessen Regierpräsidium Darmstadt (2021).

²³ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Lärmbelastung, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/laermbelastung>, Stand Juli 2020.

²⁴ HLNUG und Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (2021): Lärmviewer Hessen, <http://laerm.hessen.de/mapapps/resources/apps/laerm/index.html?lang=de> (abgerufen am 04.01.2021).

Abbildung 2: Anteil Betroffener von $L_{den} > 65$ dB an der Gesamtbevölkerung [%]

Quelle: LIKI (2021)²⁵ und HLNUG (2021), eigene Darstellung²⁶

Abbildung 3: Anteil Betroffener von $L_{night} > 55$ dB an der Gesamtbevölkerung (nachts) [%]

Quelle: LIKI (2021)²⁷ und HLNUG (2021)²⁸, eigene Darstellung

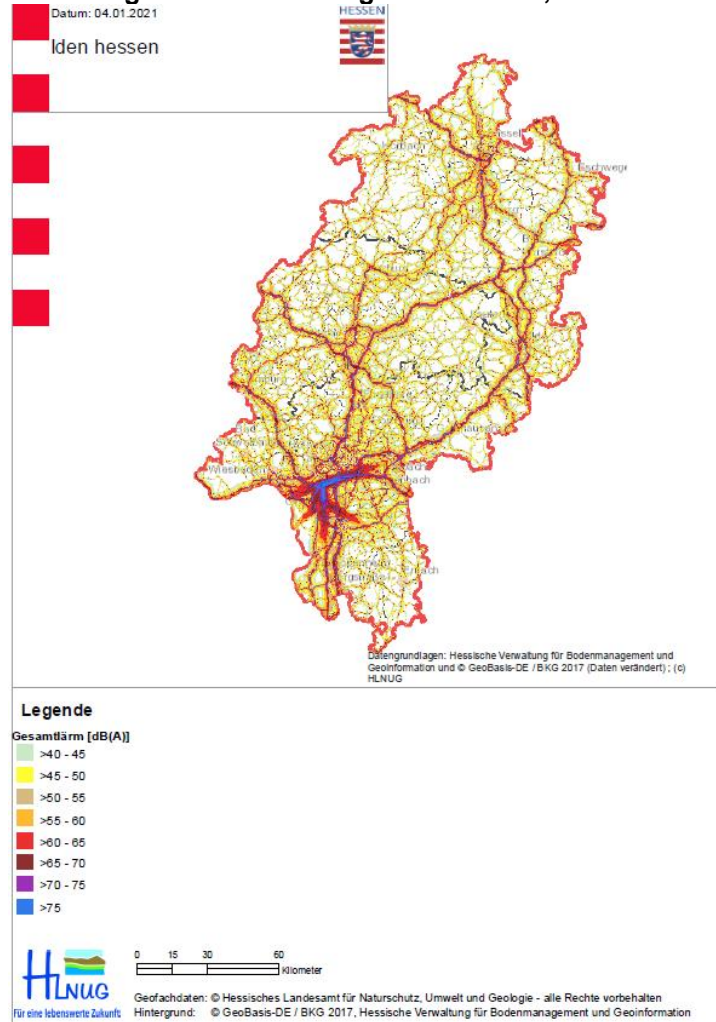
²⁵ LIKI (2021): C2 Lärmbelastung, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=23&aufzu=3&mode=indi>, Stand Juli 2020.

²⁶ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Lärmbelastung, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/laermbelastung>, Stand Juli 2020.

²⁷ LIKI (2021): C2 Lärmbelastung, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=23&aufzu=3&mode=indi>, Stand Juli 2020.

²⁸ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Lärmbelastung, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/laermbelastung>, Stand Juli 2020.

Abbildung 4: Lärmkartierung Hessen 2017, Gesamtlärm L_{den} [dB(A)]



Quelle: HLNUG und Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (2021)²⁹

6.1.2 SICHERSTELLUNG DES ERHOLUNGSWERTES

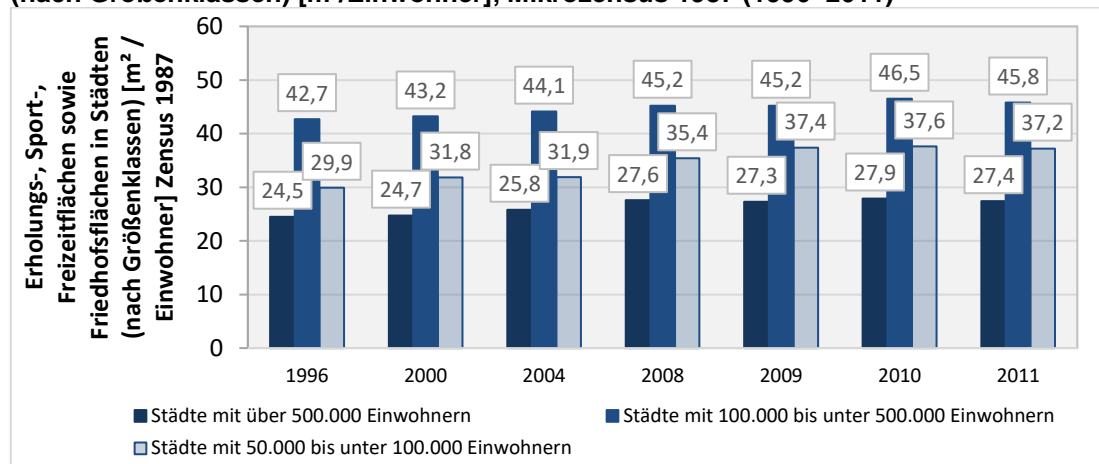
Erholungsflächen (und Friedhofsflächen) sind überwiegend grüne, weniger versiegelte Flächen. Beispiele dafür sind Sportflächen, Grünanlagen oder auch Campingplätze. Sie erhöhen

²⁹ HLNUG und Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (2021): Lärmviewer Hessen, <http://laerm.hessen.de/mapapps/resources/apps/laerm/index.html?lang=de> (abgerufen am 04.01.2021).

insbesondere die Wohn- und Aufenthaltsqualität in Städten und leisten ihren Beitrag zur Gesundheitsvorsorge und Verbesserung der Lebensqualität. Zudem übernehmen sie wichtige Funktionen in der Grundwasserneubildung und in der Regulierung des lokalen Klimas³⁰.

Die Fläche an Erholungs-, Sport-, Freizeitflächen sowie Friedhofsflächen in Städten pro Einwohner ist in Hessen von 1996 bis 2011 leicht angestiegen (vgl. Abbildung 5). Von 2011 bis 2015 ist die Erholungsfläche pro Einwohner in den Städten unterschiedlicher Größenklassen stagniert bzw. leicht zurückgegangen. Über die letzten Jahre von 2016 bis 2018 ist die Erholungsfläche pro Einwohner in den Städten ebenso mehr oder weniger gleichgeblieben (vgl. Abbildung 6). Eine Trendbewertung hinsichtlich Erholungsflächen kann hier nicht eindeutig durchgeführt werden, da die Entwicklung des Indikators stark durch demografische Veränderungen beeinflusst wird und die Daten über die Zeitreihe hinweg teilweise nicht vergleichbar sind³¹.

Abbildung 5: Erholungs-, Sport-, Freizeitflächen sowie Friedhofsflächen in Städten (nach Größenklassen) [m²/Einwohner], Mikrozensus 1987 (1996–2011)



Quelle: LIKI (2021)³² und HLNUG (2021)³³, eigene Darstellung

*Seit 2011 wird nicht mehr der Mikrozensus von 1987, sondern jener von 2011 verwendet.

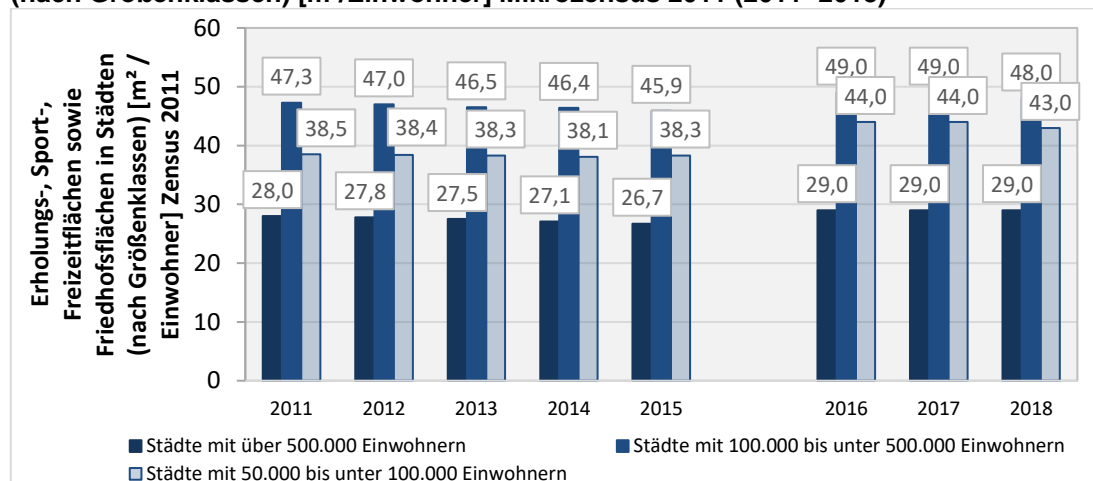
³⁰ Vgl. HLNUG (2021a).

³¹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Erholungsflächen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/erholungsflaechen>, Stand Juli 2020.

³² LIKI (2021): C4 Erholungsflächen, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=604&aufzu=3&mode=indj>, Stand Juli 2020.

³³ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Erholungsflächen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/erholungsflaechen>, Stand Juli 2020.

Abbildung 6: Erholungs-, Sport-, Freizeitflächen sowie Friedhofsflächen in Städten (nach Größenklassen) [m²/Einwohner] Mikrozensus 2011 (2011–2018)



Quelle: LIKI (2021)³⁴ und HLNUG (2021)³⁵, eigene Darstellung

*Ab 2016 wurden erstmals die Daten auf Basis des neu strukturierten AdV-Nutzungsartenkataloges berechnet. Aus diesem Grund sind die Daten ab 2016 nicht mehr mit den Daten bis 2015 vergleichbar.

Tabelle 13: Bewertung des Schutzgutes Menschliche Gesundheit – Nullvariante

Schutzgut	Primäres Ziel	Indikator	Nullvariante
Menschliche Gesundheit	Vermeidung von schädlichen Auswirkungen durch Lärm	Anteil Betroffener von $L_{den} > 65$ dB an der Gesamtbevölkerung in [%] Anteil Betroffener von $L_{night} > 55$ dB an der Gesamtbevölkerung (nachts) in [%]	X
	Sicherstellung des Erholungswertes	Erholungs-, Sport-, Freizeitflächen sowie Friedhofsflächen in Städten (nach Größenklassen) [m ² /Einwohner]	X

Quelle: Eigene Darstellung

6.2 BIOLOGISCHE VIelfALT (FAUNA, FLORA, LEBENSRAÜME)

Die biologische Vielfalt ist Voraussetzung für einen intakten Naturhaushalt, der lebenserhaltende Dienstleistungen bereitstellt und somit die Lebensgrundlage des Menschen schafft. Der Schutz von Lebensräumen sowie der Erhalt von Biodiversität für zukünftige Generationen

³⁴ LIKI (2021): C4 Erholungsflächen, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=604&aufzu=3&mode=indj>, Stand Juli 2020.

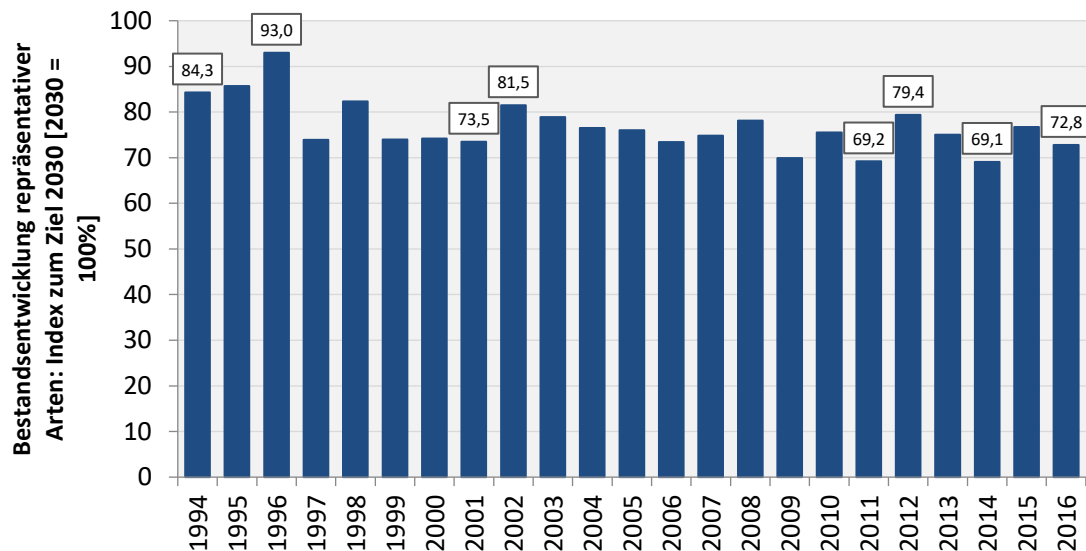
³⁵ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Erholungsflächen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/erholungsflaechen>, Stand Juli 2020.

stellt somit eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe dar. Jedoch ist seit Jahrzehnten ein drastischer Rückgang an biologischer Vielfalt zu vernehmen. Internationale Untersuchungen des Weltbiodiversitätsrates belegen den global besorgniserregenden Zustand der Natur³⁶.

6.2.1 ERHALTUNG DER BIOLOGISCHEN VIELFALT DURCH SICHERUNG DER LEBENSÄUERE

In Abbildung 7 wird die quantitative Bestandsentwicklung repräsentativer Vogelarten in Hessen dargestellt. Die Nachhaltigkeitsstrategie Hessen hat einen Index zum Ziel 2030 von 100 % an repräsentativen Arten festgelegt³⁷. Im langjährigen Trend von 1994 bis 2016 zeigt sich, dass sich der Indexwert tendenziell vom Zielwert 2030 entfernt. Während der Wert im Jahr 1994 noch bei 84,3 % lag, liegt er im Jahr 2016 nur noch bei 72,8 %³⁸.

Abbildung 7: Bestandsentwicklung repräsentativer Arten: Index zum Ziel 2030



Quelle: LIKI (2021)³⁹ und HLNUG (2021)⁴⁰, eigene Darstellung

³⁶ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2018).

³⁷ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2016).

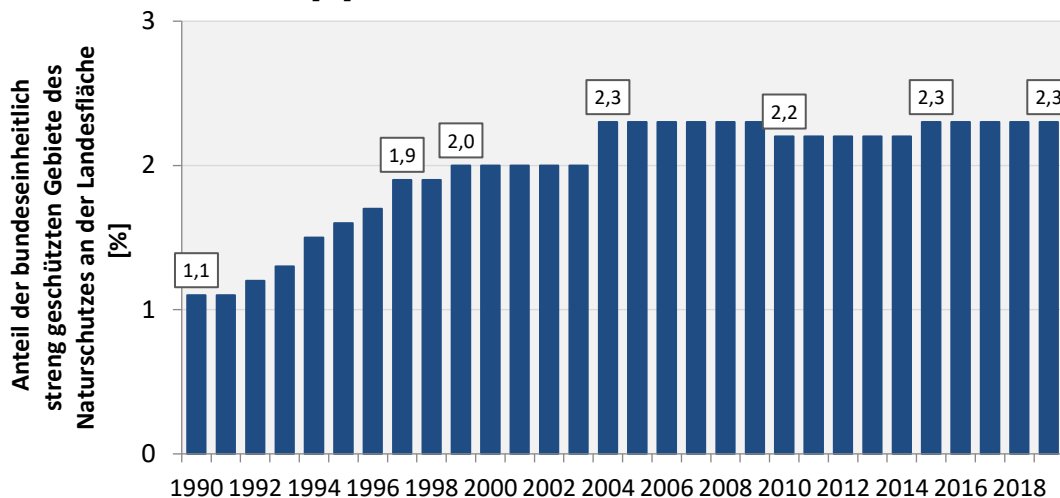
³⁸ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Artenvielfalt und Landschaftsqualität, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/artenvielfalt-und-landschaftsqualitaet>, Stand November 2019.

³⁹ LIKI (2021): B2 Artenvielfalt und Landschaftsqualität, <https://lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=29&aufzu=2&mode=indi>, Stand Juli 2020.

⁴⁰ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Artenvielfalt und Landschaftsqualität, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/artenvielfalt-und-landschaftsqualitaet> Stand November 2019.

Abbildung 8 zeigt den Anteil der bundeseinheitlich streng geschützten Gebiete des Naturschutzes an der Landesfläche über die Jahre 1990 bis 2019. Der Anteil der streng geschützten Naturgebiete an der Landesfläche Hessen ist von 1990 bis 2004 stetig gestiegen. Nach 2004 ist der Anteil an Naturschutzgebieten jedoch in etwa gleichgeblieben. Seit dem Jahr 2015 liegt der Anteil konstant bei 2,3 % an der Landesfläche (vgl. Abbildung 8)⁴¹.

Abbildung 8: Anteil der bundeseinheitlich streng geschützten Gebiete des Naturschutzes an der Landesfläche [%]



Quelle: LIKI (2021)⁴² und HLNUG (2021)⁴³, eigene Darstellung

Die Ausweisung neuer Bauflächen und der wachsende Verkehr führen zum zunehmenden Verlust an Lebensräumen. Aus der Hessischen Biodiversitätsstrategie 2016 ist zu entnehmen, dass die Zerschneidungswirkung von Lebensräumen infolge neuer Straßeninfrastrukturvorhaben durch die Errichtung von Grünbrücken in Bereichen wertvoller Vernetzungskorridore minimiert werden soll⁴⁴. Wie aus Abbildung 9 zu entnehmen ist, ist der Anteil der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume (UZVR) über 100 km² an der Landesfläche vom Jahr 2005 auf 2010 von 15,37 % auf 15,33 % gesunken, aber im Jahr 2015 wieder auf 18,79 % angestiegen. Dasselbe Bild ist hinsichtlich des mittleren Zerschneidungsgrades an Landschaftsflächen zu beobachten (vgl. Abbildung 10). Von 2005 auf 2010 sinkt der mittlere Zerschneidungsgrad

⁴¹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Naturschutzflächen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/naturschutzflaechen>, Stand Juli 2020.

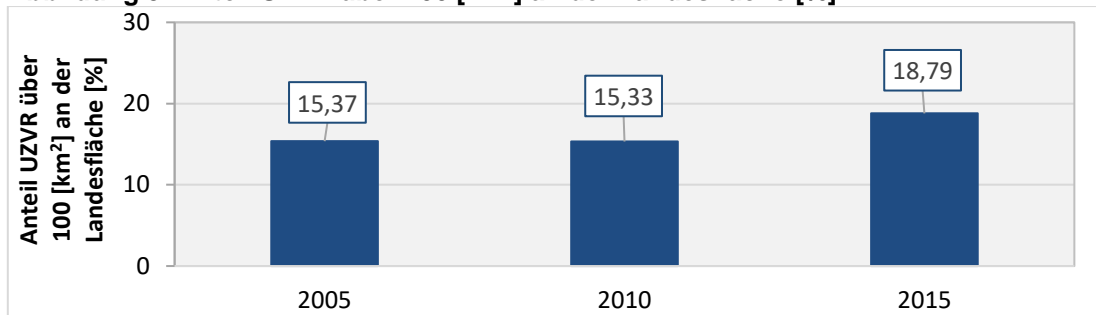
⁴² LIKI (2021): B3 Naturschutzflächen, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=28&aufzu=2&mode=indi>, Stand August 2020.

⁴³ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Naturschutzflächen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/naturschutzflaechen>, Stand Juli 2020.

⁴⁴ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2018).

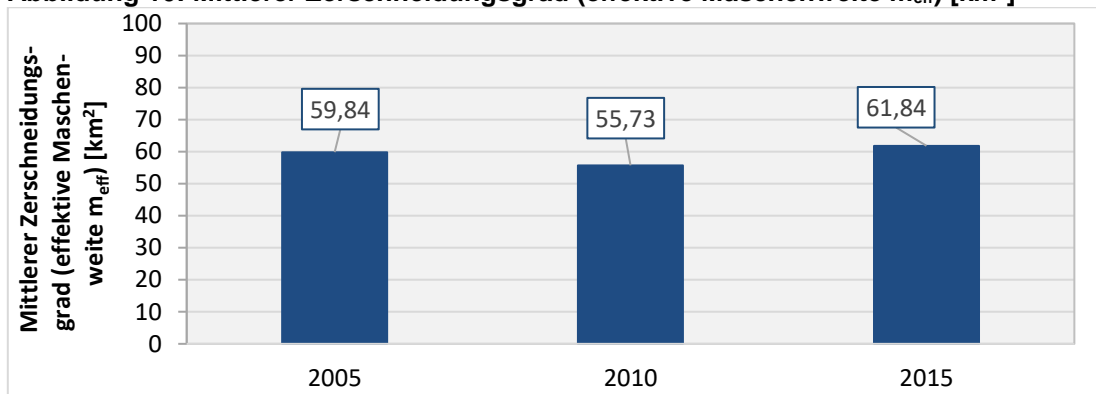
zwar von 59,84 km² auf 55,73 km², jedoch ist er im Jahr 2015 wieder auf 61,84 km² angestiegen⁴⁵.

Abbildung 9: Anteil UZVR über 100 [km²] an der Landesfläche [%]



Quelle: LIKI (2021)⁴⁶ und HLNUG (2021)⁴⁷, eigene Darstellung

Abbildung 10: Mittlerer Zerschneidungsgrad (effektive Maschenweite m_{eff}) [km²]



Quelle: LIKI (2021)⁴⁸ und HLNUG (2021)⁴⁹, eigene Darstellung

⁴⁵ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Landschaftszerschneidung, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/landschaftszerschneidung>, Stand Jänner 2019.

⁴⁶ LIKI (2021): B1 Landschaftszerschneidung, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=28&aufzu=2&mode=indi>, Stand Jänner 2019.

⁴⁷ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Landschaftszerschneidung, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/landschaftszerschneidung>, Stand Jänner 2019.

⁴⁸ LIKI (2021): B1 Landschaftszerschneidung, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=28&aufzu=2&mode=indi>, Stand Jänner 2019.

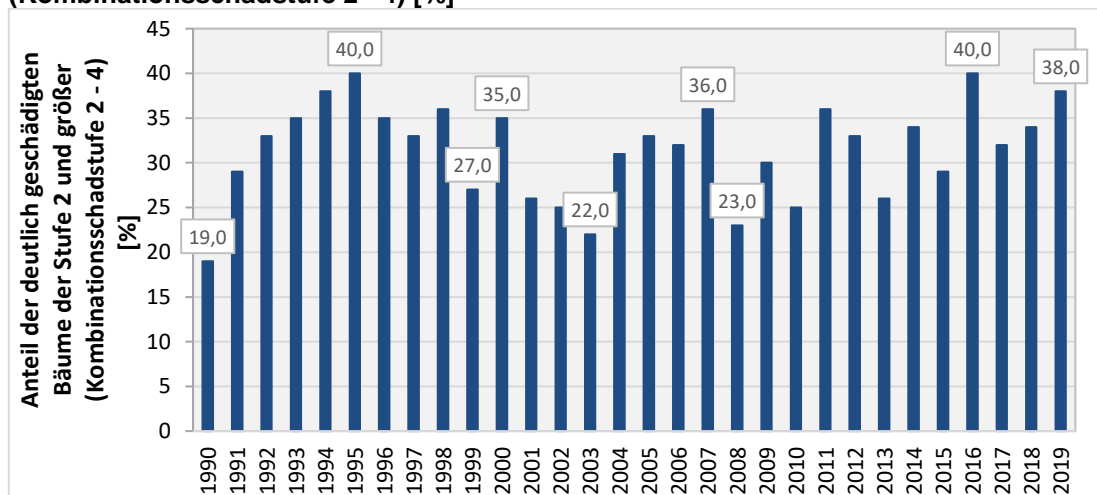
⁴⁹ HLNUG (2020): Umweltindikatoren Hessen – Landschaftszerschneidung, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/landschaftszerschneidung>, Stand Jänner 2019.

6.2.2 SCHUTZ DES WALDES/VERBESSERUNG DES WALDZUSTANDS

Für Waldschäden sind verschiedene abiotische und biotische Faktoren mit zeitlicher und räumlicher Variation verantwortlich. Schadstoffeinträge in Wäldern beeinflussen sowohl oberirdische Teile von Pflanzen als auch ihre Wurzeln und beeinträchtigen somit auch die Funktionsfähigkeit des Bodens. Klimawandelbedingte Wetterextreme wirken sich zusätzlich negativ auf Wälder aus⁵⁰.

Der Indikator der deutlich geschädigten Bäume zeigt die witterungsbedingten Schwankungen von 1990 bis 2019. Diese Schwankungen erschweren eine Trendinterpretation (vgl. Abbildung 11)⁵¹. Ein weiterer Indikator für den Waldzustand ist der Säure- bzw. Stickstoffeintrag aus der Atmosphäre durch nasse Deposition auf Freiflächen im Wald, welcher näher im Unterkapitel Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Bodens betrachtet wird (vgl. Abbildung 12 und Abbildung 13).

Abbildung 11: Anteil der deutlich geschädigten Bäume der Stufe 2 und größer (Kombinationsschadstufe 2 - 4) [%]



Quelle: LIKI (2021)⁵² und HLNUG (2021)⁵³, eigene Darstellung

⁵⁰ Vgl. HLNUG (2021b).

⁵¹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Waldzustand – durchschnittlicher Nadel- und Blattverlust <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/waldzustand-durchschnittlicher-nadel-und-blattverlust>, Stand Juni 2020.

⁵² LIKI (2021): B4 Waldzustand, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=30&aufzu=2&mode=indi>, Stand August 2020.

⁵³ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Waldzustand – durchschnittlicher Nadel- und Blattverlust <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/waldzustand-durchschnittlicher-nadel-und-blattverlust>, Stand Juni 2020.

Tabelle 14: Bewertung des Schutzgutes Biologische Vielfalt – Nullvariante

Schutzgut	Primäres Ziel	Indikator	Nullvariante
Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)	Erhalt der biologischen Vielfalt durch Sicherung der Lebensräume	Bestandsentwicklung repräsentativer Arten: Index zum Ziel 2030	-
		Anteil der bundeseinheitlich streng geschützten Gebiete des Naturschutzes an der Landesfläche [%]	0
		Anteil UZVR über 100 [km ²] an der Landesfläche [%]	X
		Mittlerer Zerschneidungsgrad (effektive Maschenweite m_{eff}) [km ²]	X
	Schutz des Waldes/Verbesserung des Waldzustands	Anteil der deutlich geschädigten Bäume der Stufe 2 und größer (Kombinationsschadstufe 2 - 4) [%]	0
		Säureeintrag aus der Atmosphäre durch nasse Deposition auf Freiflächen im Wald [keq/(ha*a)] Stickstoffeintrag aus der Atmosphäre durch nasse Deposition auf Freiflächen im Wald [keq/(ha*a)]	+

Quelle: Eigene Darstellung

6.3 BODEN, FLÄCHE

Boden und Fläche gehören zu den schützenswerten Ressourcen, denn sie bilden die Grundlage vieler Landökosysteme, filtern das Wasser, binden Nährstoffe und sind als Wurzelraum von Pflanzen essenziell für die Ernährung des Menschen. Doch Böden können durch äußere Belastungen wie Schadstoffeinträge oder Verdichtungen ihre natürliche Funktions- und Ertragsfähigkeit verlieren. Ein zunehmender Verlust an hochwertigen Böden wirkt sich negativ auf das Landökosystem und die biologische Vielfalt aus. Darüber hinaus gehen Ausweitungen der Siedlungs- und Verkehrsflächen mit einer zunehmenden Bodenversiegelung und Verknappung der Ressource einher. Fruchtbare Böden werden dadurch dauerhaft der Produktion von Rohstoffen entzogen. Zudem führt der wachsende Flächenverbrauch zu einem steigenden Rohstoff- und Energiebedarf für Infrastruktur, Gebäude, Verkehrswege, was wiederum zu Umweltbelastungen in Form von Emissionen von Schadstoffen und Treibhausgasen führt⁵⁴.

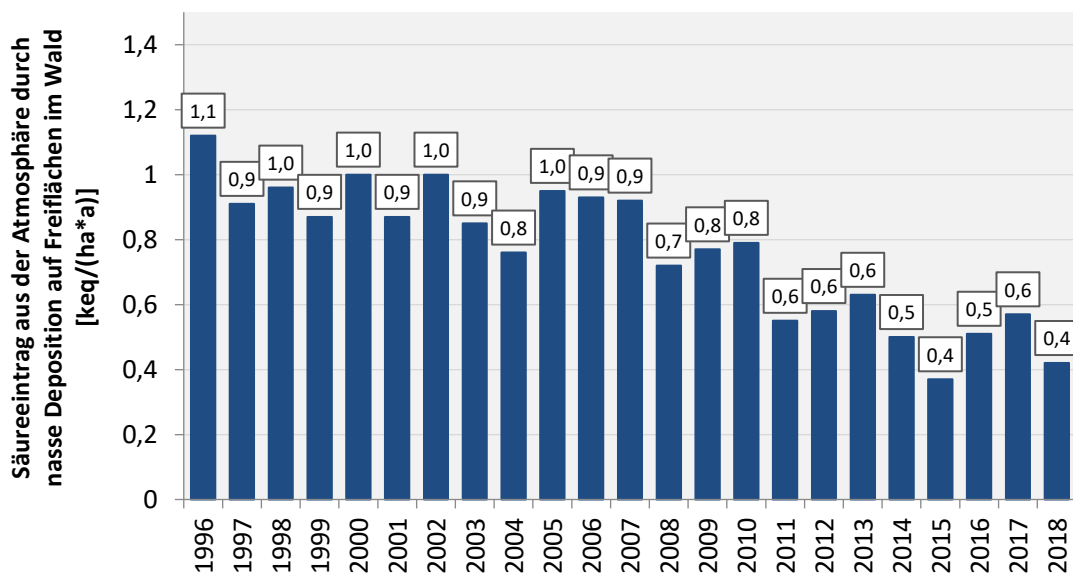
6.3.1 ERHALTUNG DER FUNKTIONSFÄHIGKEIT DES BODENS

Die ersten beiden Umweltindikatoren zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Bodens geben den Säure- bzw. Stickstoffeintrag aus der Atmosphäre durch nasse Deposition auf Freiflächen

⁵⁴ Vgl. Umweltbundesamt (2021b).

im Wald im Zeitverlauf an. Ein Überangebot an säurebildenden Stoffen und Nährstoffen verursacht Veränderungen chemischer und biologischer Bodenparameter⁵⁵. Wie aus Abbildung 12 zu entnehmen ist, ist ein deutlicher Abwärtstrend von 1996 bis 2018 hinsichtlich des Säureeintrags aus der Atmosphäre zu beobachten. Ein ähnliches Bild ist in Abbildung 13 hinsichtlich des Stickstoffeintrags zu sehen. Im Allgemeinen lässt sich hier über die Jahre von 1996 bis 2018 ebenso eine Verbesserung erkennen. In den Jahren 2016, 2017 ist jedoch sowohl der Säureeintrag als auch der Stickstoffeintrag wieder etwas angestiegen⁵⁶.

Abbildung 12: Säureeintrag aus der Atmosphäre durch nasse Deposition auf Freiflächen im Wald [keq/(ha*a)]



Quelle: LIKI (2021)⁵⁷ und HLNUG (2021)⁵⁸, eigene Darstellung

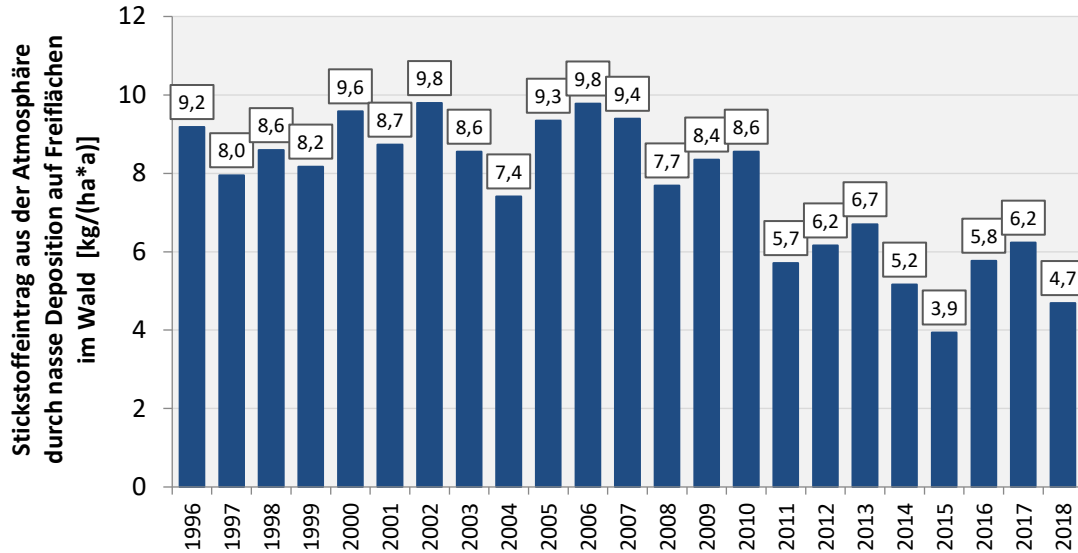
⁵⁵ Vgl. HLNUG (2021c).

⁵⁶ Vgl. HLNUG (2021c).

⁵⁷ LIKI (2021): B5 Säure- und Stickstoffeintrag, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=12&aufzu=2&mode=indi> Stand, November 2020.

⁵⁸ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Säure- und Stickstoffeintrag, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/saeure-und-stickstoffeintrag>, Stand November 2019.

Abbildung 13: Stickstoffeintrag aus der Atmosphäre durch nasse Deposition auf Freiflächen im Wald [kg/(ha*a)]



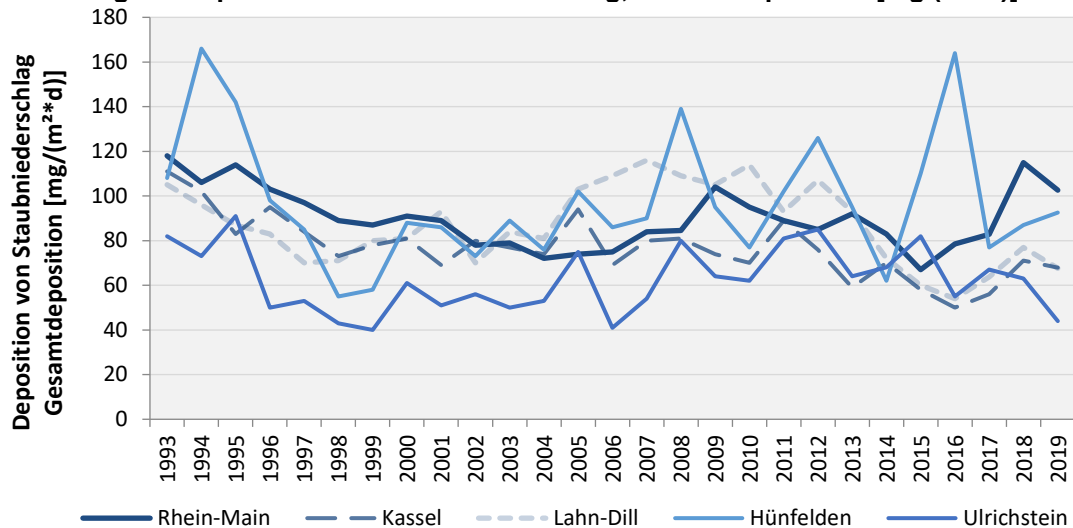
Quelle: LIKI (2021)⁵⁹ und HLNUG (2021)⁶⁰, eigene Darstellung

Abbildung 14 zeigt die Entwicklung der Deposition von Staubbiederschlag differenziert nach den Ballungszentren in Hessen über den Zeitraum von 1993 bis 2019. Die Zeitreihe ermöglicht einen Überblick über den Schadstoffeintrag aus der Atmosphäre in den Boden und in Ökosysteme. Über die Jahre hinweg ist jedoch kein eindeutiger Trend in den einzelnen Ballungszentren zu erkennen⁶¹.

⁵⁹ LIKI (2021): B5 Säure- und Stickstoffeintrag, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=12&aufzu=2&mode=indi>, Stand November 2020.

⁶⁰ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Säure- und Stickstoffeintrag, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/saeure-und-stickstoffeintrag>, Stand November 2019.

⁶¹ Vgl. HLNUG (2021d).

Abbildung 14: Deposition von Staubbiederschlag, Gesamtdeposition [mg/(m²*d)]

Quelle: HLNUG (2021)⁶², eigene Darstellung

6.3.2 REDUKTION DER FLÄCHENINANSPRUCHNAHME

Wie bereits angeführt, ist die Zunahme von Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke ein Schlüsselindikator für die Nachhaltigkeit in der Raumnutzung. Die damit einhergehenden direkten und indirekten Umweltschäden treten erst über längere Zeiträume auf. Abbildung 15 illustriert die jährliche und absolute Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche. Von 2001 bis 2018 ist kein eindeutiger Trend zu erkennen. Gegenüber 2017 ist die absolute Zunahme im Jahr 2018 etwas geringer geworden. Sie lag 2018 bei 2,8 Hektar pro Tag (ha/d)⁶³. Der Zuwachs der Siedlungs- und Verkehrsfläche soll jedoch ab dem Jahr 2020 auf 2,5 ha/d begrenzt werden. Das Zwischenziel, den Flächenverbrauch auf 3,1 ha/d ab 2012 zu begrenzen, wurde nicht erreicht. Ein weiteres Zwischenziel liegt bei 2,8 ha/d im Jahr 2016. Leider kann die Erreichung dieses Teilzieles nicht überprüft werden, da für das Jahr 2016 keine Daten vorliegen⁶⁴.

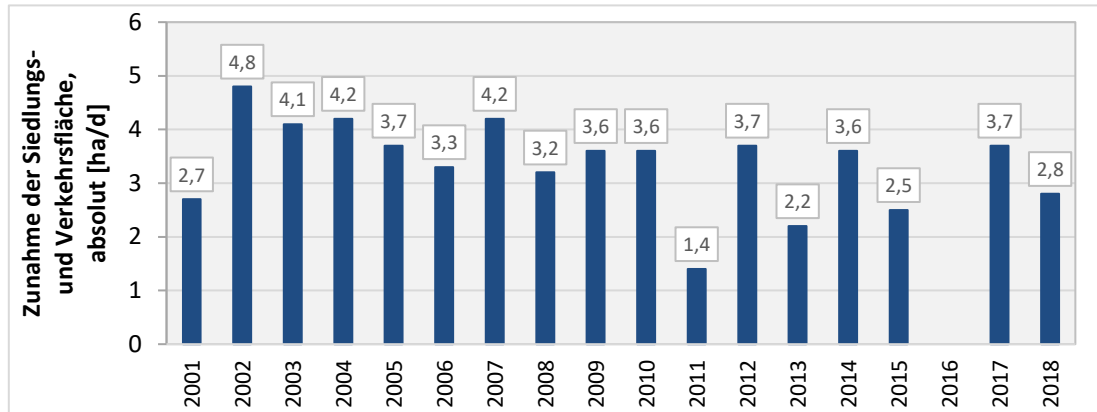
⁶² HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Depositionen von Staubbiederschlag, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/depositionen-von-staubniederschlag>, Stand Oktober 2020.

⁶³ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Flächenverbrauch, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/laechenverbrauch>, Stand Juli 2020.

⁶⁴ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2016).

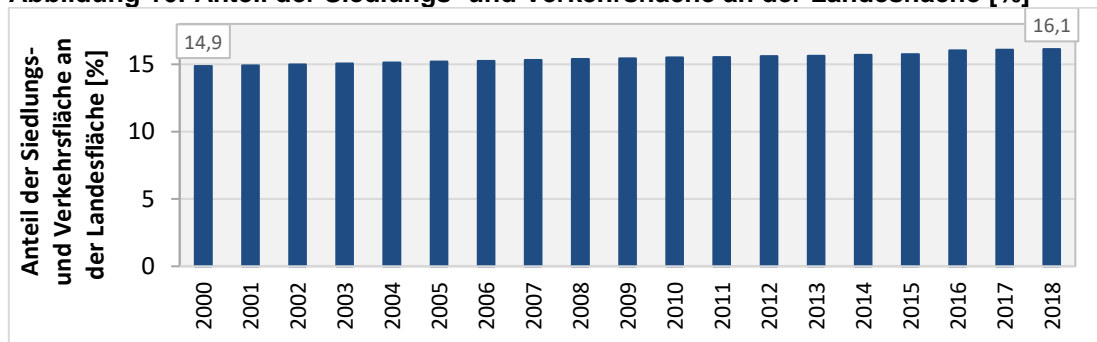
Der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Landesfläche ist über die Jahre von 2000 bis 2018 angestiegen (vgl. Abbildung 16). Lag der Anteil im Jahr 2000 noch bei 14,9 %, waren es im Jahr 2018 bereits 16,1 %⁶⁵.

Abbildung 15: Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche, absolut [ha/d]



Quelle: LIKI (2021)⁶⁶ und HLNUG (2021)⁶⁷, eigene Darstellung; für das Jahr 2016 liegen keine Daten vor

Abbildung 16: Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Landesfläche [%]



Quelle: LIKI (2021)⁶⁸ und HLNUG (2021)⁶⁹, eigene Darstellung

⁶⁵ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Flächenverbrauch, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/flaechenverbrauch>, Stand Juli 2020.

⁶⁶ LIKI (2021): D1 Flächenverbrauch, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=8&aufzu=4&mode=indi>, Stand Januar 2020.

⁶⁷ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Flächenverbrauch, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/flaechenverbrauch>, Stand Juli 2020.

⁶⁸ LIKI (2021): D1 Flächenverbrauch, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=8&aufzu=4&mode=indi>, Stand Januar 2020.

⁶⁹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Flächenverbrauch, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/flaechenverbrauch>, Stand Juli 2020.

Tabelle 15: Bewertung des Schutzgutes Boden, Fläche – Nullvariante

Schutzgut	Primäres Ziel	Indikator	Nullvariante
Boden, Fläche	Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Bodens	Säureeintrag aus der Atmosphäre durch nasse Deposition auf Freiflächen im Wald [keq/(ha*a)]	+
		Stickstoffeintrag aus der Atmosphäre durch nasse Deposition auf Freiflächen im Wald [kg/(ha*a)]	
		Deposition von Staubbiederschlag Gesamtdeposition [mg/(m ² *d)]	0
	Reduktion der Flächeninanspruchnahme	Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche, absolut [ha/d] Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Landesfläche [%]	-

Quelle: eigene Darstellung

6.4 KULTURELLES ERBE UND LANDSCHAFTSBILD

Dieses Kapitel betrachtet zunächst Kulturdenkmäler als Umweltschutzgut. Kulturdenkmäler sind Bauwerke und sonstige Objekte, welche dadurch gekennzeichnet sind, dass sie in der Vergangenheit von Menschenhand geschaffen wurden. Sie verraten sehr viel über frühe Zeiten der Menschheitsgeschichte und sind daher schützenswert. Zu den Kulturdenkmälern zählen insbesondere Baudenkmäler, Bauten und Gesamtanlagen von stadtbaugeschichtlicher Bedeutung, Kleindenkmäler als auch einzelne Ausstattungselemente wie Skulpturen⁷⁰.

Ein weiteres wichtiges Schutzgut dieses Kapitels ist das Landschaftsbild. Die Unterschutzstellung von Natur- und Landschaftsschutzgebieten soll die besondere Funktion dieser Gebiete nachhaltig sichern. Schutzgebiete unterscheiden sich hinsichtlich Größe, Schutzziel und Nutzungseinschränkungen. Die wichtigsten Kategorien sind Naturschutzgebiete, Nationalparks, Biosphärenreservate, Landschaftsschutzgebiete und Naturparks sowie die Schutzgebiete gemäß Natura 2000⁷¹.

6.4.1 ERHALTUNG VON KULTURDENKMÄLERN

Das Landesamt für Denkmalschutz Hessen stellt zum Erhalt von Kulturdenkmälern eine Datenbank namens DenkXweb zur Verfügung, welche Kulturdenkmäler systematisch erfasst. Es bietet damit die Möglichkeit, eine Auflistung von Denkmälern in Kreisen oder Orten zu finden

⁷⁰ Vgl. Landesamt für Denkmalpflege Hessen (2021).

⁷¹ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2021).

bzw. den Zustand einzelner Denkmäler (Denkmalwert) zu überprüfen⁷². Besonders schützenswerte Kulturdenkmäler in Hessen wurden zu UNESCO-Welterbestätten ernannt. Dazu zählen⁷³:

- Kloster Lorsch und Altenmünster,
- Grube Messel, Fossilienfundstätte (Weltnaturerbe)
- Oberes Mittelrheintal als Kulturlandschaft,
- Obergermanisch-Raetischer Limes als Bestandteil der Welterbestätte Grenzen des Römischen Reiches,
- Teilgebiet Kellerwald im Nationalpark Kellerwald-Edersee als Bestandteil der Welterbestätte „Alte Buchenwälder und Buchenurwälder der Karpaten und anderer Regionen Europas“ (Weltnaturerbe),
- Bergpark Wilhelmshöhe als Kulturlandschaft einschließlich der Wasserspiele,
- Mathildenhöhe Darmstadt.

Kulturdenkmäler werden durch diverse Gesetze umfassend geschützt. Eine Veränderung in der Anzahl oder im Zustand der Kulturdenkmäler ist jedoch derzeit nicht abschätzbar.

6.4.2 SCHUTZ DES LANDSCHAFTSBILDS

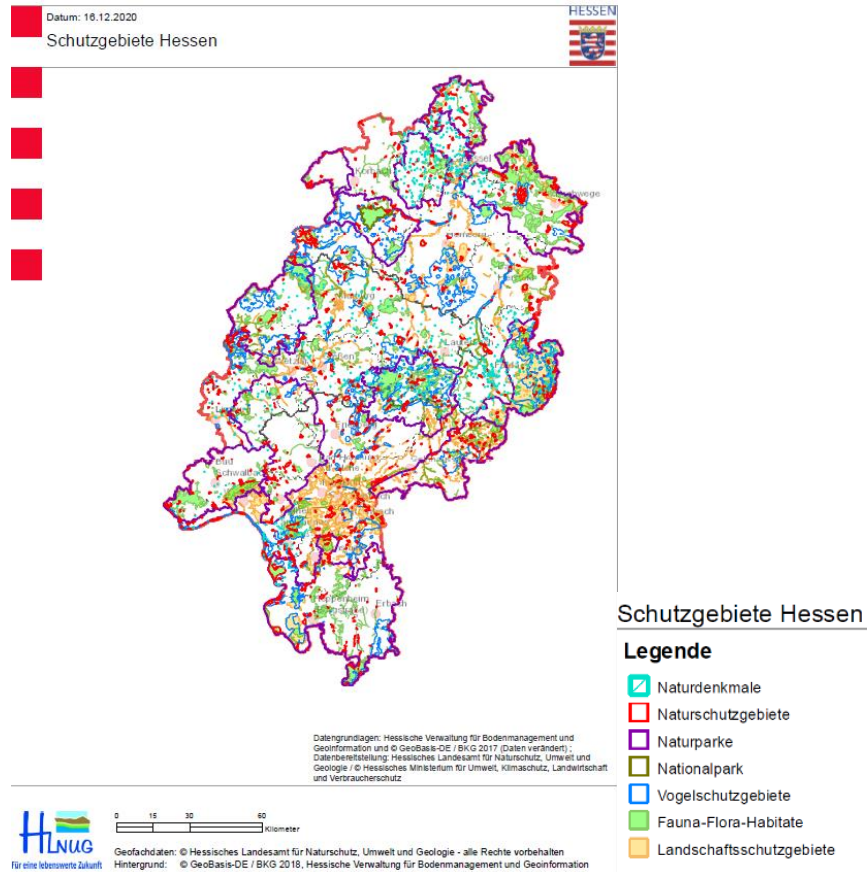
Der Anteil der streng geschützten Gebiete des Naturschutzes lag im Jahr 2019 bei 2,3 % an der Landesfläche (vgl. Abbildung 8)⁷⁴. Abbildung 17 zeigt eine Karte von Hessen inklusive der Hessischen Natur- und Landschaftsschutzgebiete. Die Umweltgefahren für die verschiedenen Schutzgebiete in Hessen können sich regional stark unterscheiden. Aus diesem Grund ist eine detaillierte Darstellung der potenziellen Risikofaktoren nicht sinnvoll und eine allgemeine Trendabschätzung schwer durchzuführen.

⁷² Vgl. Landesamt für Denkmalpflege Hessen (2021a).

⁷³ Vgl. Deutsche UNESCO-Kommission e.V. (o.J.): Welterbe in Deutschland. Welterbestätten in Deutschland, <https://www.unesco.de/kultur-und-natur/welterbe/welterbe-deutschland/welterbestaetten-deutschland>, Dezember 2021.

⁷⁴ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Naturschutzflächen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/naturschutzflaechen-Stand>, Juli 2020.

Abbildung 17: Landschaftsschutzgebiete in Hessen



Quelle: HLNUG und Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (2020)⁷⁵

⁷⁵ HLNUG und Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation (2020): Natureg-Viewer Hessen, <https://umwelt.hessen.de/umwelt-natur/naturschutz/schutzgebiete> (abgerufen am 16.12.2020).

Tabelle 16: Bewertung des Schutzgutes Kulturelles Erbe und Landschaftsbild – Nullvariante

Schutzgut	Primäres Ziel	Indikator	Nullvariante
Kulturelles Erbe und Landschaftsbild	Erhaltung von Kulturdenkmälern	Anzahl (und Zustand) der Kulturdenkmäler	X
		Anzahl UNESCO-Welterbestätten	
	Schutz des Landschaftsbilds	Bestand der Landschaftsschutzgebiete	X
		Anteil der bundeseinheitlich streng geschützten Gebiete des Naturschutzes an der Landesfläche [%]	0

Quelle: eigene Darstellung

6.5 WASSER

Bäche, Flüsse, Seen, Feuchtgebiete und Meere sind der Lebensraum von Pflanzen, Tieren und wichtigen Bestandteilen der Natur – Wasser ist damit die Grundlage des Lebens. Der Schutz und ein nachhaltiger Umgang mit den Wasserressourcen ist die Grundlage für die Biodiversität⁷⁶. Dieses Kapitel widmet sich sowohl dem Zustand des Grundwassers als auch der Oberflächengewässer in Hessen.

6.5.1 SCHUTZ DES GRUNDWASSERS UND SICHERUNG DER WASSERVERSORGUNG

Im Untergrund liegt das größte Aufkommen an Süßwasser weltweit, das Grundwasser ist damit die wichtigste Quelle für die Wasserversorgung. Grundwasser ist Teil des Wasserkreislaufs und stammt überwiegend aus Regenwasser, rund 74 % des Trinkwassers in Deutschland stammen aus Grundwasser. Grundwasservorkommen nahe an den Oberflächen versorgen Pflanzen mit Wasser, zudem speist Grundwasser Bäche und Flüsse. Die Qualität und Menge des Grundwassers beeinflusst auch maßgeblich das Oberflächengewässer. In Deutschland bestehen im Hinblick auf die verfügbaren Grundwassermengen keine Probleme, jedoch ist die Qualität des Grundwassers durch diffuse Einträge von Stickstoff und Pestiziden aus der Landwirtschaft, aus Industrie und Verkehr sowie aus Altstandorten, Altablagerungen, Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen oder undichten Abwasserkanälen gefährdet. Ein zu hoher Nitratgehalt im Trinkwasser kann die menschliche Gesundheit beeinträchtigen⁷⁷.

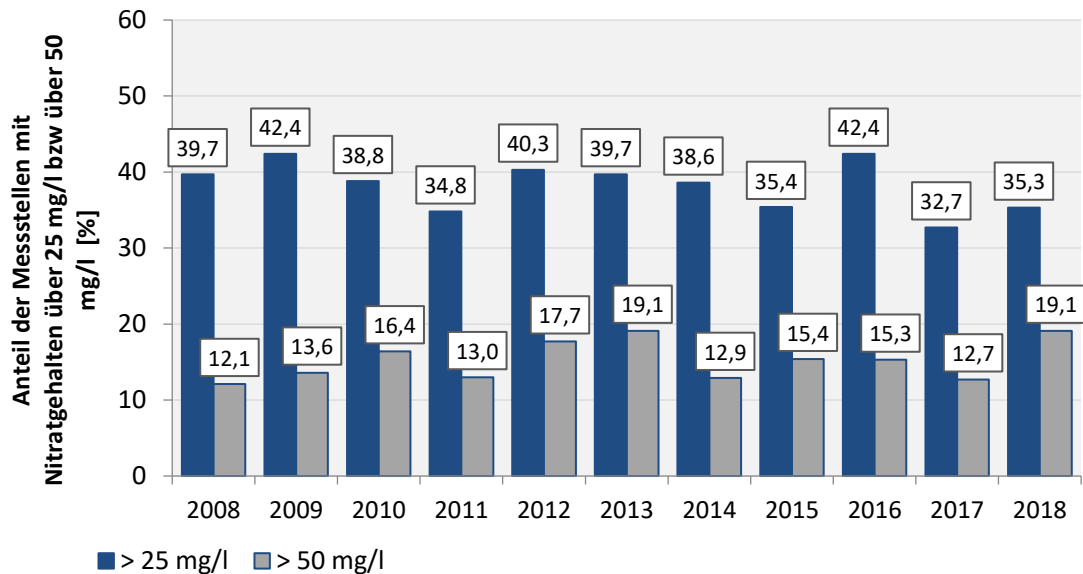
Hinsichtlich des Anteils der Messstellen mit Nitratgehalt über 25 bzw. über 50 Milligramm pro Liter (mg/l) zeigt sich im Jahresverlauf von 2008 bis 2018 weder eine Verbesserung noch eine Verschlechterung. Im Vergleich zu den Jahren 2014 bis 2017 ist der Nitratgehalt über 50 mg/l im Jahr 2018 wieder auf einen höheren Wert, nämlich auf 19,1 %, gestiegen, während die Werte in den Jahren 2014 bis 2017 auf einem geringeren Niveau lagen (zwischen

⁷⁶ Vgl. Umweltbundesamt (2021c).

⁷⁷ Vgl. Umweltbundesamt (2021d).

12,7 und 15,4 %) (vgl. Abbildung 18)⁷⁸. Währenddessen setzt die Nachhaltigkeitsstrategie Hessen einen Zielwert zur Senkung des Anteils der Messstellen mit Nitratgehalten über 50 mg/l an den Messstellen insgesamt auf 0 %⁷⁹.

Abbildung 18: Anteil der Messstellen mit Nitratgehalten über 25 bzw. über 50 mg/l [%]



Quelle: LIKI (2021)⁸⁰, HLNUG (2021)⁸¹, eigene Darstellung

Für eine nachhaltige Nutzung der Grundwasserressourcen hat die Ermittlung der Grundwassererneubildungsraten Bedeutung. Abbildung 19 zeigt die Grundwassererneubildung im Jahresmittel in Millimeter pro Jahr (mm/a). Die Abbildung zeigt den starken Einfluss der Witterung und des Niederschlagsregimes auf die Grundwassererneubildungsrate, der eine Trendbewertung erschwert. Seit dem Jahr 2003 scheint jedoch die Grundwassererneubildung auf einem niedrigeren Niveau zu fluktuieren⁸².

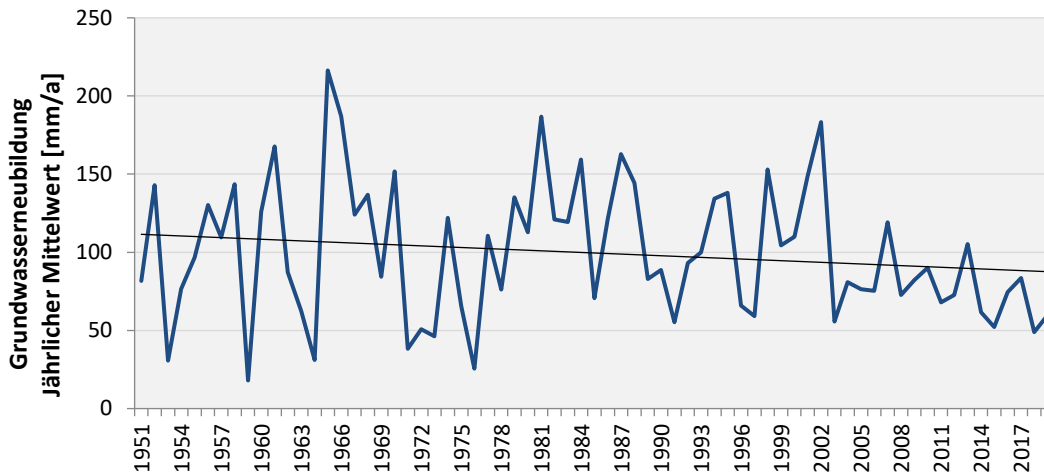
⁷⁸ LIKI (2021): C5 Nitrat im Grundwasser, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=25&aufzu=3&mode=indi>, Stand November 2019.

⁷⁹ Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2016).

⁸⁰ LIKI (2021): C5 Nitrat im Grundwasser, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=25&aufzu=3&mode=indi>, Stand November 2019.

⁸¹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Wasserqualität des Grundwassers, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/wasserqualitaet-des-grundwassers-nitratgehalt>, Stand Oktober 2020.

⁸² Vgl. HLNUG (2021e).

Abbildung 19: Grundwasserneubildung Jahresmittelwert [mm/a]

Quelle: HLNUG (2021)⁸³, eigene Darstellung

6.5.2 SCHUTZ DER OBERFLÄCHENGEWÄSSER

Fließgewässer und Seen bieten mit ihren Uferzonen, Wasserkörpern und Böden den Lebensraum für verschiedene Tier- und Pflanzenarten. Seen und Fließgewässer unterliegen den Einflüssen und Belastungen aus der Umwelt. Besonders problematisch für Oberflächengewässer sind der zunehmende Nutzungsdruck, die Nährstoffeinträge und die damit einhergehende Überdüngung. Im Vergleich zu Seen zeigen Fließgewässer indessen in der Reduktion von Nährstoffeinträgen eine schnelle Wirkung, Seen reagieren nur mit großer Verzögerung. Eine besondere Belastung für Oberflächengewässer stellt der Eingriff durch Querbauwerke zur Trinkwassergewinnung, Bewässerung oder auch Wasserkraftnutzung dar. Damit wird die Durchgängigkeit des Gewässers unterbrochen, strömungsangepasste Arten werden verdrängt, Auenstandorte gehen verloren und die Selbstreinigungskraft des Gewässers wird abgeschwächt^{84,85}.

Mit der Einführung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG WRRL) wird ein ganzheitlicher Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers verfolgt. Um das Ziel eines „guten Zustands“ für alle Oberflächenwasserkörper zu erreichen, werden Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne entwickelt und in drei Bewirtschaftungszyklen bis 2027 umgesetzt⁸⁶. Den Schutz

⁸³ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Grundwasserneubildung, <https://www.hlnug.de/themen/uatlas/umweltindikatoren-hessen/grundwasserneubildung>, Stand Oktober 2020.

⁸⁴ Vgl. Umweltbundesamt (2021e).

⁸⁵ Vgl. Umweltbundesamt (2021f).

⁸⁶ Vgl. Umweltbundesamt (2021g).

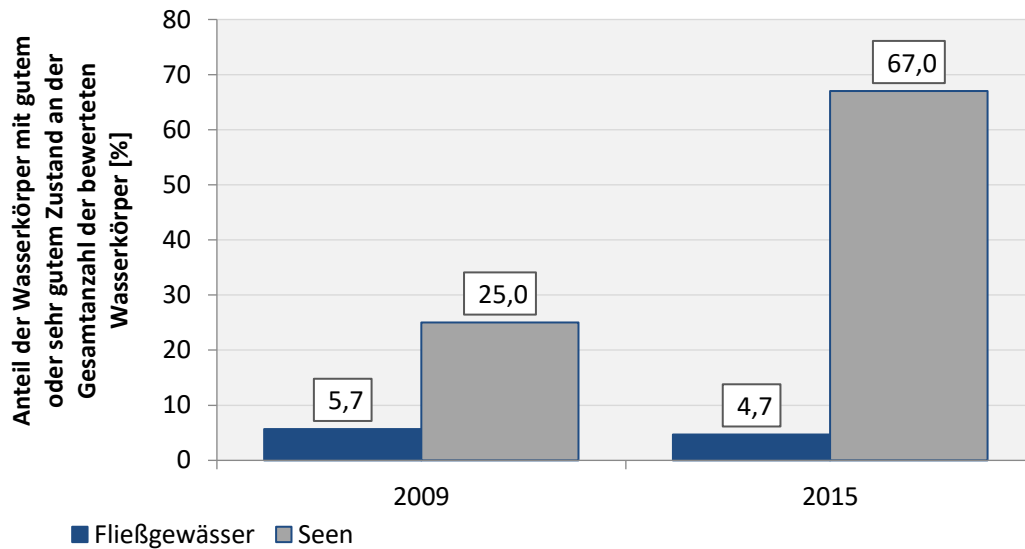
der Oberflächengewässer haben außerdem die Nitratrichtlinie (RL 91/676/EWG), das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) und das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) zum Ziel. Insbesondere strebt die Biodiversitätsstrategie Hessen unter anderem eine wesentliche Herstellung der Durchgängigkeit der Fließgewässer für wandernde Fischarten und eine Verbesserung des Zustands der an Wasser gebundenen biologischen Vielfalt an⁸⁷. Zudem setzt die Nitratrichtlinie (RL 91/676/EWG) auf EU-Ebene die Rahmenbedingungen dafür, die durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verursachte Gewässerverunreinigung zu verringern und vorzubeugen.

Der Anteil der Fließgewässer mit gutem oder sehr gutem Zustand hat sich vom Jahr 2009 bis zum Jahr 2015 um einen Prozentpunkt verschlechtert. Der Anteil lag im Jahr 2009 bei 5,7 %, während er im Jahr 2015 nur mehr bei 4,7 % lag. Umgekehrt verhält es sich bei den Seen, wo eine signifikante Verbesserung stattgefunden hat. Im Jahr 2009 hatte ein Viertel (25,0 %) der Seen einen guten oder sehr guten Zustand, während es im Jahr 2015 bereits 67,0 % waren (vgl. Abbildung 20)⁸⁸.

⁸⁷ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2018).

⁸⁸ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Ökologischer Zustand oberirdischer Binnengewässer <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/oekologischer-zustand-oberirdischer-binnengewasser>, Stand Januar 2017.

Abbildung 20: Anteil der Wasserkörper mit gutem oder sehr gutem Zustand an der Gesamtanzahl der bewerteten Wasserkörper [%]



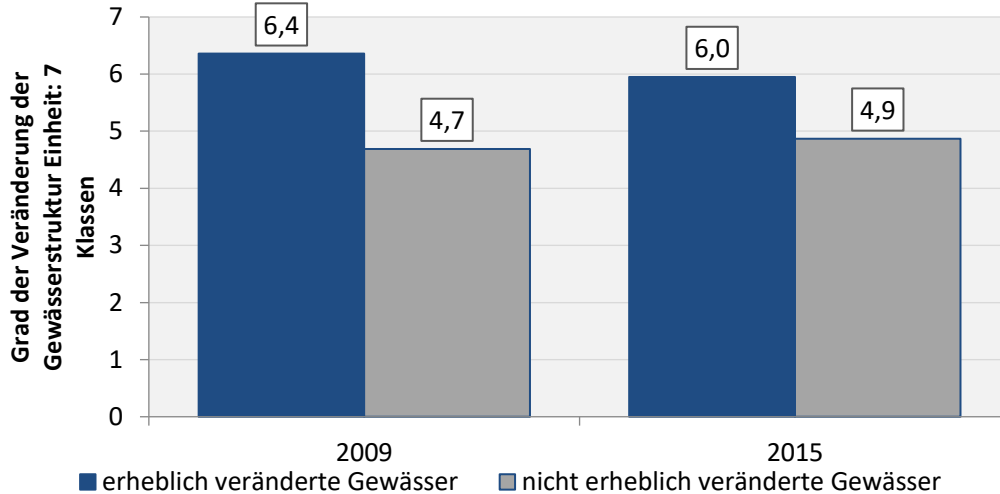
Quelle: LIKI (2021)⁸⁹ und HLNUG (2021)⁹⁰, eigene Darstellung

Abbildung 21 gibt den Grad der Veränderung der Gewässerstruktur für Gewässer an, die als erheblich verändert eingestuft wurden, sowie für Gewässer, welche als nicht erheblich verändert eingestuft wurden. Der Grad der Veränderung in der Gewässerstruktur wird in einem 7-Klassen-System angegeben. Es zeigt sich, dass erheblich veränderte Gewässer einen Rückgang im Veränderungsgrad der Grundwasserstruktur vom Jahr 2009 zu 2015 aufweisen, während der Veränderungsgrad bei nicht erheblich veränderten Gewässern etwas gestiegen ist⁹¹.

⁸⁹ LIKI (2021): B8 Ökologischer Zustand oberirdischer Binnengewässer, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=33&aufzu=2&mode=indi>, Stand Mai 2016.

⁹⁰ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Ökologischer Zustand oberirdischer Binnengewässer <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/oekologischer-zustand-oberirdischer-binnengewasser>, Stand Januar 2017.

⁹¹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Gewässerstruktur, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/oekologischer-zustand-oberirdischer-binnengewasser>, Stand Januar 2017.

Abbildung 21: Grad der Veränderung der Gewässerstruktur [7 Klassen]

Quelle: LIKI (2021)⁹² und HLNUG (2021)⁹³, eigene Darstellung

*1 = unverändert, 2 = gering verändert, 3 = mäßig verändert, 4 = deutlich verändert, 5 = stark verändert, 6 = sehr stark verändert, 7 = vollständig verändert

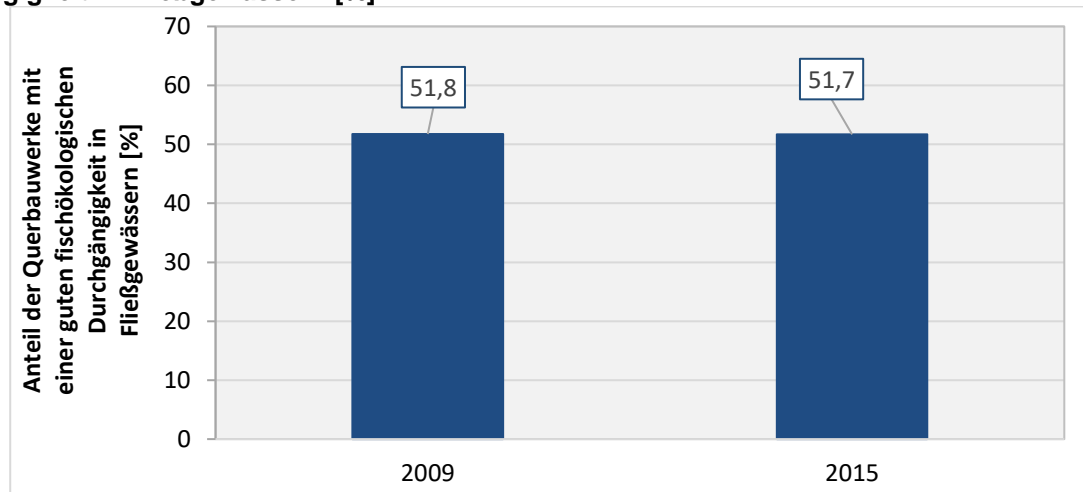
Währenddessen ist der Anteil der Querbauwerke mit einer guten fischökologischen Durchgängigkeit in Fließgewässern im Jahr 2015 im Vergleich zum Jahr 2009 in etwa gleichgeblieben. 2009 lag der Anteil bei 51,8 % und im Jahr 2015 bei 51,7 %⁹⁴ (vgl. Abbildung 22).

⁹² LIKI (2021): B9 Gewässerstruktur, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=32&aufzu=2&mode=indi>, Stand Mai 2016.

⁹³ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Gewässerstruktur, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/oekologischer-zustand-oberirdischer-binnengewasser>, Stand Januar 2017.

⁹⁴ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Gewässerstruktur, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/oekologischer-zustand-oberirdischer-binnengewasser>, Stand Januar 2017.

Abbildung 22: Anteil der Querbauwerke mit einer guten fischökologischen Durchgängigkeit in Fließgewässern [%]



Quelle: LIKI (2021)⁹⁵ und HLNUG (2021)⁹⁶, eigene Darstellung

⁹⁵ LIKI (2021): B9 Gewässerstruktur, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=32&aufzu=2&mode=indi>, Stand Mai 2016.

⁹⁶ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Gewässerstruktur, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/oekologischer-zustand-oberirdischer-binnengewasser>, Stand Januar 2017.

Tabelle 17: Bewertung des Schutzgutes Wasser – Nullvariante

Schutzgut	Primäres Ziel	Indikator	Nullvariante
Wasser	Schutz des Grundwassers und Sicherung der Wasserversorgung	Anteil der Messstellen mit Nitratgehalten über 25 mg/l [%]	0
		Anteil der Messstellen mit Nitratgehalten über 50 mg/l [%]	
		Grundwasserneubildung Jahresmittelwert [mm/a]	-
	Schutz des Oberflächengewässers	Anteil der Wasserkörper der Fließgewässer mit gutem oder sehr gutem Zustand an der Gesamtanzahl der bewerteten Wasserkörper [%]	X
		Anteil der Oberflächenwasserkörper der Seen mit gutem oder sehr gutem Zustand an der Gesamtanzahl der bewerteten Wasserkörper [%]	
		Grad der Veränderung der Gewässerstruktur [7 Klassen] Anteil der Querbauwerke mit einer guten fischökologischen Durchgängigkeit in Fließgewässern [%]	X

Quelle: eigene Darstellung

6.6 LUFT

Wir Menschen beeinflussen die Zusammensetzung der Luft. Luftinhaltsstoffe über bestimmten Konzentrationsgrenzwerten sind nicht nur für Menschen und Tiere schädlich, sondern auch für Pflanzen, Gewässer, Böden sowie Bauwerke oder Materialien⁹⁷. Die Luftqualität hat sich in Deutschland und in vielen Ländern Europas in den letzten Jahrzehnten deutlich verbessert. Trotzdem ist die Luftverschmutzung noch nicht zu einem Niveau zurückgegangen, bei dem nachteilige gesundheitlichen Schäden nicht mehr vorkommen würden⁹⁸.

6.6.1 VERMEIDUNG VON GESUNDHEITSGEFÄHRDENDEN LUFTVERSCHMUTZUNGEN

Zu den Immissionen charakteristischer Luftschadstoffe zählen die Stickstoffoxide Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂), Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) und Ozon (O₃). Stickstoffdioxide sind eindeutig gesundheitsschädlich. Zusammen mit flüchtigen Kohlenwasserstoff-

⁹⁷ Vgl. (2021h).

⁹⁸ Vgl. (2021i).

fen sind Stickstoffoxide für die Ozonbildung verantwortlich und tragen auch zur Feinstaubbildung bei. Bodennahes Ozon als auch Feinstaub bringen wiederum hohe Gesundheitsrisiken für den Menschen mit sich⁹⁹.

Abbildung 23 und Abbildung 24 zeigen den Verlauf der Jahresmittelwerte der charakteristischen Luftschadstoffe NO, NO₂, PM₁₀ und PM_{2,5} in Städten über die Jahre von 2000 bis 2019. Gemäß 39. BImSchV ist für NO₂ und PM₁₀ ein Jahresmittel als Grenzwert von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m³) und für PM_{2,5} ein Grenzwert von 25 µg/m³ festgesetzt. Die Luftschadstoffe haben sich in den letzten Jahren folgendermaßen entwickelt¹⁰⁰:

- NO: Von 2000 bis 2008 abnehmend, von 2008 bis 2014 stagnierend, seit 2015 wieder leicht abnehmend.
- NO₂: Von 2000 bis 2019 rückläufige Tendenz.
- PM₁₀-Fraktion: Von 2000 bis 2003 leicht ansteigend, bis 2008 wieder abnehmend, dann bis 2015 stagnierend, von 2015 bis 2019 wieder leicht abnehmend.
- PM_{2,5}-Fraktion: Seit 2008 rückläufige Tendenz.

Die Messwerte für PM₁₀ und PM_{2,5} werden auf der Seite des HLNUG halbstündlich aktualisiert. Somit können die aktuellen Messwerte zu jeder Zeit abgerufen werden¹⁰¹¹⁰².

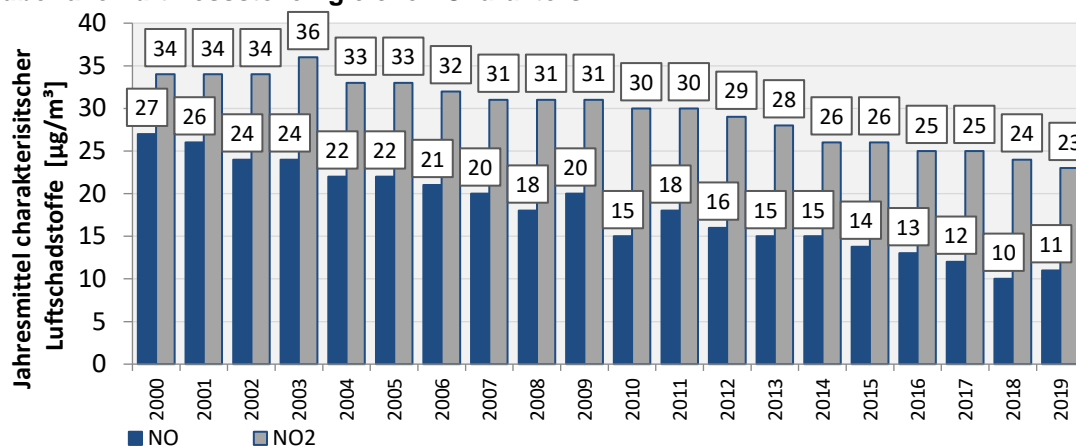
⁹⁹ Vgl. Umweltbundesamt (2021h).

¹⁰⁰ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Immissionen charakteristischer Luftschadstoffe, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/immissionen-charakteristischer-luftschadstoffe>, Stand November 2020.

¹⁰¹ HLNUG (2021): Messwerte Luftschadstoffe Feinstaub PM₁₀, <https://www.hlnug.de/messwerte/luft/luftschadstoffe/pm10-feinstaub> (abgerufen 14.01.2021).

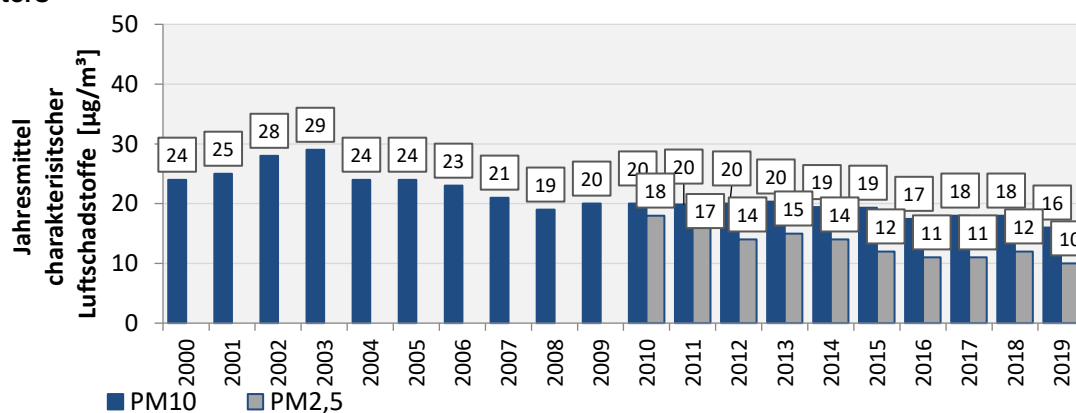
¹⁰² HLNUG (2021): Messwerte Luftschadstoffe Feinstaub PM_{2,5}, <https://www.hlnug.de/messwerte/luft/luftschadstoffe/pm25-feinstaub> (abgerufen 14.01.2021).

Abbildung 23: Jahresmittelwerte für Stickstoffmonoxid-Konzentrationen (NO) und Stickstoffdioxid-Konzentrationen (NO₂) in Städten [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] – als arithmetisches Mittel über alle Luftmessstellen gleichen Charakters



Quelle: HLNUG (2021)¹⁰³, eigene Darstellung

Abbildung 24: Jahresmittelwerte für Feinstaub-Konzentrationen (PM₁₀ und PM_{2,5}) in Städten [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] – als arithmetisches Mittel über alle Luftmessstellen gleichen Charakters



Quelle: HLNUG (2021)¹⁰⁴, eigene Darstellung

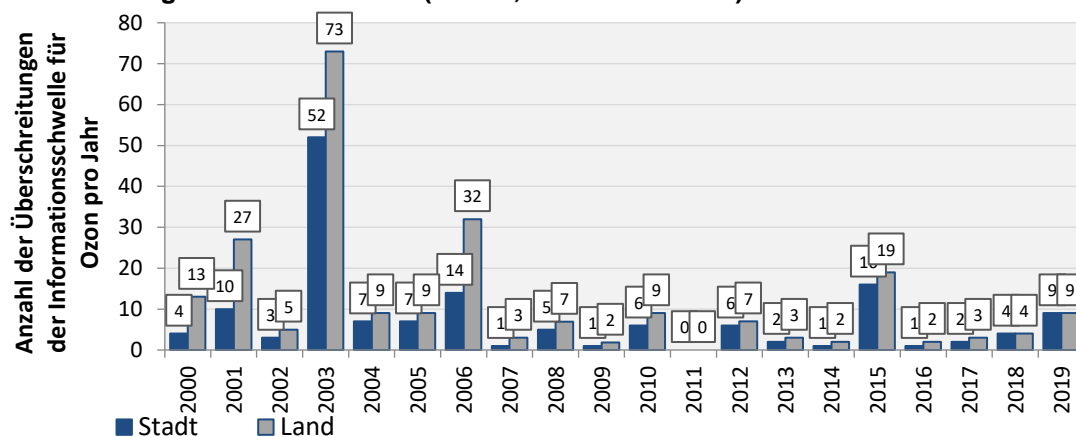
* Für PM_{2,5} liegen Daten erst ab 2010 vor.

¹⁰³ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Immissionen charakteristischer Luftschadstoffe, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/immissionen-charakteristischer-luftschadstoffe>, Stand November 2020.

¹⁰⁴ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Immissionen charakteristischer Luftschadstoffe, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/immissionen-charakteristischer-luftschadstoffe>, Stand November 2020.

Die Anzahl der Überschreitungen der Informationsschwelle für Ozon erreichte im Jahr 2003 ihren Höhepunkt. Daneben gab es noch relativ hohe Werte in den Jahren 2001, 2006 und 2015. Über die Jahre von 2000 bis 2019 ist kein klarer Trend zu erkennen. Seit 2016 lässt sich jedoch ein geringer Anstieg in der Anzahl der Überschreitungen erkennen (vgl. Abbildung 25)¹⁰⁵. Die Messwerte für Ozon werden auf der Seite des HLNUG halbstündlich aktualisiert. Somit können die aktuellen Messwerte von Ozon zu jeder Zeit abgerufen werden¹⁰⁶.

Abbildung 25: Anzahl der Überschreitungen der Informationsschwelle für Ozon (Ozonstundenmittelwerte > 180 µg/m³) pro Jahr – als arithmetisches Mittel über alle Luftmessstellen gleichen Charakters (Städte, ländlicher Raum)



Quelle: HLNUG (2021)¹⁰⁷, eigene Darstellung

Nicht nur für die Gesundheit spielen Erholungsflächen eine wichtige Rolle, auch hinsichtlich der Luftqualität in Städten haben sie eine wichtige Funktion, denn Erholungs-, Sport- und Freizeitflächen sowie Friedhofsflächen haben wichtige lufthygienische und klimatische Wirkungen. In Abbildung 6, welche bereits im Unterkapitel Sicherstellung des Erholungswertes diskutiert wurde, zeigt sich, dass die Erholungsfläche pro Einwohner in den Städten von 2016 bis 2018 stagniert¹⁰⁸.

¹⁰⁵ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Immissionen charakteristischer Luftschadstoffe, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/immissionen-charakteristischer-luftschadstoffe>, Stand November 2020.

¹⁰⁶ HLNUG (2021): Messwerte Luftschadstoffe Ozon, <https://www.hlnug.de/messwerte/luft/luftschadstoffe/ozon> (abgerufen 14.01.2021).

¹⁰⁷ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Immissionen charakteristischer Luftschadstoffe, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/immissionen-charakteristischer-luftschadstoffe>, Stand November 2020.

¹⁰⁸ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Erholungsflächen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/erholungsflaechen>, Stand Juli 2020.

Tabelle 18: Bewertung des Schutzgutes Luft – Nullvariante

Schutzgut	Primäres Ziel	Indikator	Nullvariante
Luft	Vermeidung von gesundheitsgefährdender Luftverschmutzung	Jahresmittelwerte für Stickstoffmonoxid-Konzentrationen (NO), Stickstoffdioxid-Konzentrationen (NO ₂) und Feinstaub-Konzentrationen (PM ₁₀ und PM _{2,5}) in Städten [µg/m ³]	+
		Aktuelle Messwerte für Ozon [µg/m ³]	
		Aktuelle Messwerte für Feinstaub PM ₁₀ [µg/m ³]	
		Aktuelle Messwerte für Feinstaub PM _{2,5} [µg/m ³]	
		Anzahl der Überschreitungen der Informationsschwelle für Ozon (Ozonstundenmittelwerte > 180 µg/m ³) pro Jahr – als arithmetisches Mittel über alle Luftmessstellen gleichen Charakters (Städte, ländlicher Raum)	X
		Erholungs-, Sport-, Freizeitflächen sowie Friedhofsflächen in Städten (nach Größenklassen) [m ² /Einwohner]	X

Quelle: eigene Darstellung

6.7 KLIMA UND ENERGIE

Die Freisetzung von Treibhausgasen durch die Nutzung fossiler Energieträger wie Kohle, Öl und Erdgas, Änderungen in der Landnutzung sowie die steigende Intensität in der Landwirtschaft zur Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung führt zu einer globalen Veränderung im Klimasystem. Die Auswirkungen des Klimawandels zeigen sich in Europa im Besonderen durch die Zunahme von Wetterextremen wie Hitzeperioden oder Starkregenereignissen. Die negativen Effekte des Klimawandels können auch in Hessen nachgewiesen werden. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts ist die mittlere Jahrestemperatur in Hessen um 0,8 % gestiegen. Des Weiteren ist seit den 60er-Jahren die Anzahl der besonders kalten Tage nachweislich zurückgegangen, während die heißen Tage stark zugenommen haben. Ebenso ist die Niederschlagsmenge, besonders im Winter, angestiegen. Diese Klimaänderungen treten auch in Hessen räumlich verteilt auf. Im Odenwald, der Rhön und der nordwestlichen Landesgrenze sind die stärksten absoluten Zunahmen der Starkregentage zu erwarten. Die absolute Abnahme an Frosttagen ist im Norden eine stärkere als im Süden, während die Zunahme der Jahresmitteltemperatur in ganz Hessen ähnlich hoch ist. Der Schwerpunkt des Anstiegs der Anzahl an tropischen Nächten wird im Raum Frankfurt und der Bergstraße erwartet. Nicht

zuletzt wird die Zunahme heißer Trockenperioden im Süden stärker ausfallen als im Norden¹⁰⁹¹¹⁰.

6.7.1 REDUKTION DER TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Das prioritäre Ziel des Klimaschutzes ist die Reduktion von Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) und damit die Bekämpfung der Ursache der anthropogenen Erderwärmung. In Hessen ergaben sich im Jahr 2015 THG-Emissionen in CO₂-Äquivalenten von 40,4 Millionen Tonnen. Das entspricht einer Reduktion gegenüber 1990 von 20,4 %¹¹¹. Das niedrige Emissionsniveau lässt sich aus der relativ geringen fossilen Kraftwerkskapazität für die Stromerzeugung und durch die hohe Bedeutung des Dienstleistungssektors erklären. Dennoch müssen ebenso in Hessen ambitionierte Maßnahmen zur Dekarbonisierung gesetzt werden¹¹². In der Vorstudie zum Klimaschutzplan 2025 für Hessen wird folgendes Trendszenario geschätzt: Es wird davon ausgegangen, dass sich bisherige Entwicklungen in den Treibhausgasemissionen für Hessen fortsetzen werden sowie aktuelle Hemmnisse eines zielorientierten Klimaschutzes nicht beiseite geräumt werden können. Die Ergebnisse dieses Trendszenarios zeigen, dass die THG-Emissionen im Vergleich zu 1990 lediglich um 32 % bis 2025 und um 52 % bis 2050 sinken werden¹¹³.

Bei den einwohnerbezogenen energiebedingten Kohlendioxidemissionen zeigt sich ein leichter Rückgang ab dem Jahr 1996 (vgl. Abbildung 26). Sie erreichten mit 7,7 Tonnen pro Einwohner im Jahr 2014 ihren niedrigsten Wert. In den Jahren danach (2015–2017) sind die energiebedingten Kohlendioxidemissionen pro Einwohner wieder auf ein leicht höheres Niveau von ca. 8,0 Tonnen pro Einwohner gestiegen, aber auf diesem Niveau konstant geblieben¹¹⁴.

¹⁰⁹ Vgl. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie Fachzentrum Klimawandel Hessen (2017).

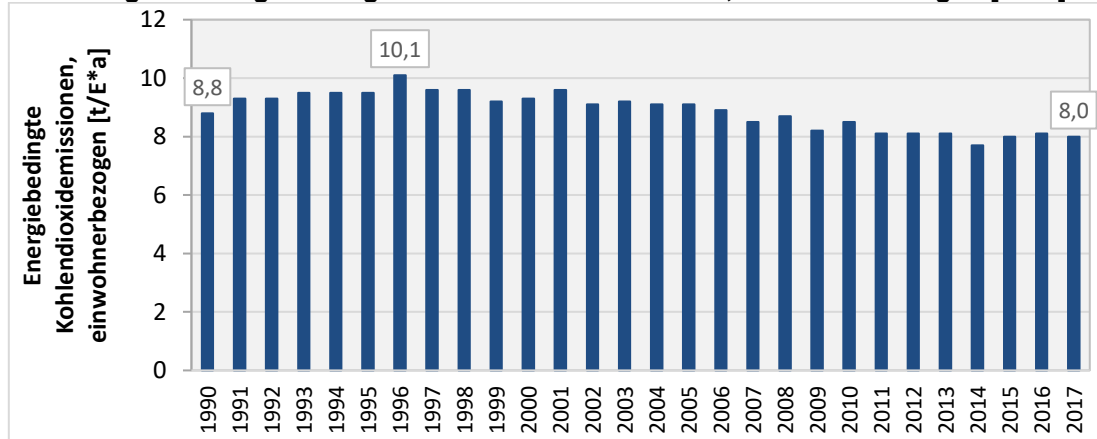
¹¹⁰ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2017).

¹¹¹ Vgl. HLNUG (2018).

¹¹² Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2017).

¹¹³ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2016).

¹¹⁴ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Kohlendioxidemissionen <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/kohlendioxidemissionen-Stand>, Juli 2020.

Abbildung 26: Energiebedingte Kohlendioxidemissionen, einwohnerbezogen [t/E*a]

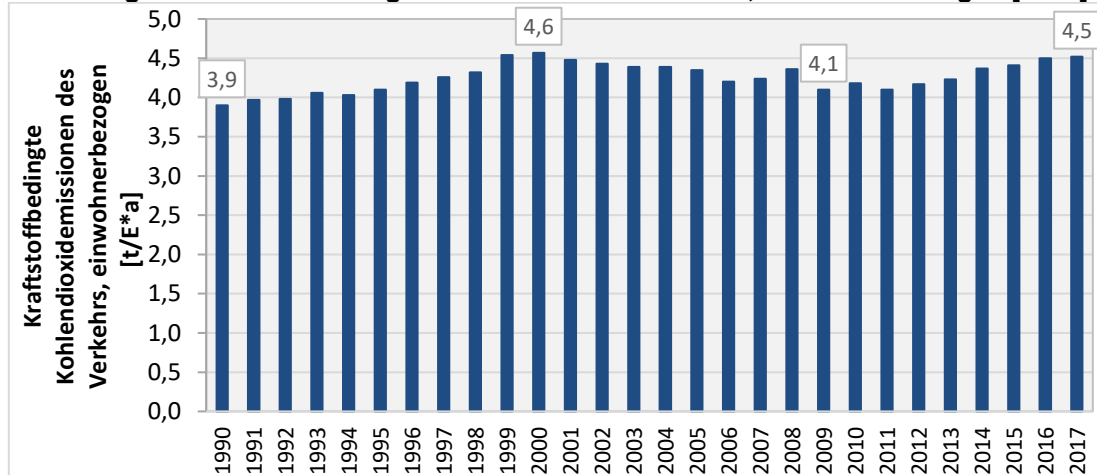
Quelle: LIKI (2021)¹¹⁵ und HLNUG (2021)¹¹⁶, eigene Darstellung

Bei den kraftstoffbedingten Kohlendioxidemissionen pro Einwohner zeigt sich hingegen über die Jahre eine Stagnierung. Der niedrigste Wert lag bei 3,9 Tonnen pro Einwohner im Jahr 1990. Danach bewegten sich die kraftstoffbedingten Kohlendioxidemissionen bis zum Jahr 2017 lediglich zwischen 4,0 und 4,6 Tonnen pro Einwohner. In den Jahren 2016 und 2017 lag der Wert bei 4,5 Tonnen (vgl. Abbildung 27)¹¹⁷.

¹¹⁵ LIKI (2020): A2 – Kohlendioxidemissionen, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=607&aufzu=1&mode=indi>, Stand Juli 2020.

¹¹⁶ HLNUG (2020): Umweltindikatoren Hessen – Kohlendioxidemissionen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/kohlendioxidemissionen>, Stand Juli 2020.

¹¹⁷ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Kohlendioxidemissionen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/kohlendioxidemissionen>, Stand Juli 2020.

Abbildung 27: Kraftstoffbedingte Kohlendioxidemissionen, einwohnerbezogen [t/E*a]

Quelle: LIKI (2021)¹¹⁸ und HLNUG (2021)¹¹⁹, eigene Darstellung

In einer Zeitreihe von 1990 bis 2017 der kraftstoffbedingten Kohlendioxidemissionen des Verkehrs absolut inklusive internationaler Luftverkehr zeigt sich bis zum Jahr 2000 ein Anstieg der Emissionen absolut. Bis zum Jahr 2011 sind sie tendenziell wieder rückläufig. Seit dem Jahr 2012 sind die kraftstoffbedingten Kohlendioxidemissionen des Verkehrs absolut wieder kontinuierlich gestiegen und erreichten im Jahr 2017 den Höhepunkt von 28,2 Millionen Tonnen pro Jahr.

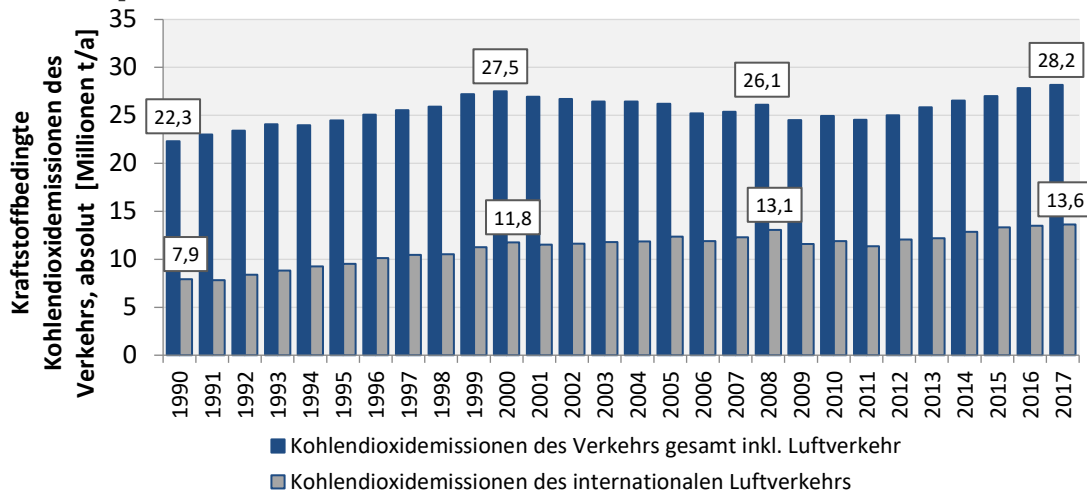
Dieselben Entwicklungen über die Jahre 1990 bis 2017 zeigen sich bei den kraftstoffbedingten Kohlendioxidemissionen absolut, wenn nur der internationale Luftverkehr betrachtet wird. Auch hier liegt der höchste Wert im Jahr 2017, wo durch den internationalen Luftverkehr absolut 13,6 Millionen Tonnen Kohlendioxidemissionen ausgestoßen wurden (vgl. Abbildung 28)¹²⁰.

¹¹⁸ LIKI (2020): A2 – Kohlendioxidemissionen, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=607&aufzu=1&mode=indi>, Stand Juli 2020.

¹¹⁹ HLNUG (2020): Umweltindikatoren Hessen – Kohlendioxidemissionen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/kohlendioxidemissionen>, Stand Juli 2020.

¹²⁰ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Kohlendioxidemissionen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/kohlendioxidemissionen>, Stand Juli 2020.

Abbildung 28: Kraftstoffbedingte Kohlendioxidemissionen des Verkehrs, absolut [Millionen t/a]



Quelle: HLNUG (2021)¹²¹, eigene Darstellung

6.7.2 KLIMAANPASSUNG

Um negativen Folgen entgegenzuwirken, besteht akuter Handlungsbedarf. Die Politik hat in diesem Zusammenhang im Jahr 2008 die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) beschlossen. Darin werden einerseits die zu erwartenden Klimaänderungen zusammengefasst und andererseits Handlungsalternativen und Anpassungsschritte dargestellt. So sollen die Risiken des Klimawandels in Deutschland möglichst vermieden, aber auch potenzielle Chancen genutzt werden. Die in der DAS definierten Handlungsfelder sind die menschliche Gesundheit, das Bauwesen, Wasser, Hochwasser- und Küstenschutz, Boden, biologische Vielfalt, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei, Energiewirtschaft, Finanz- und Versicherungswirtschaft, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur, Industrie und Gewerbe sowie der Tourismus.¹²²

In diesem Kapitel soll anhand einiger Indikatoren, die vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) veröffentlicht werden, veranschaulicht werden, wie sich der Klimawandel in Hessen bereits zeigt. Speziell soll dabei auf Temperatur- und Niederschlagsdaten eingegangen werden sowie auf jene Bereiche, die von einer Veränderung dieser besonders betroffen sind.

Die hessische Landwirtschaft ist sehr stark vom Klima abhängig, steigende Temperaturen können dabei weitreichende Auswirkungen haben. Im Obstanbau etwa kann dadurch ein zu-

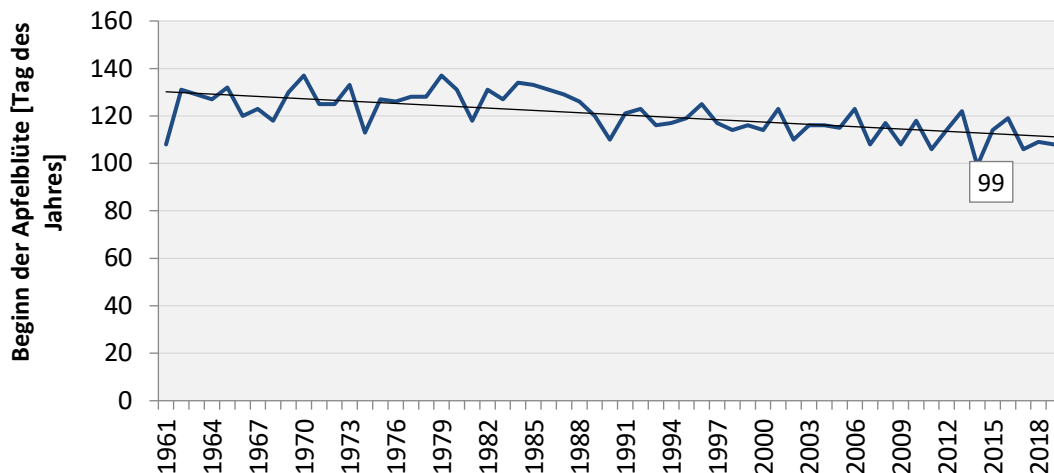
¹²¹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Kohlendioxidemissionen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/kohlendioxidemissionen>, Stand Juli 2020.

¹²² Vgl. Deutsche Bundesregierung (2008).

nehmend verfrühter Blühbeginn beobachtet werden. Abbildung 29 zeigt in diesem Zusammenhang – repräsentativ für den gesamten Obstanbau – den durchschnittlichen Beginn der Apfelblüte in Hessen zwischen 1961 und 2019. Dafür wird der Blühbeginn an ausgewählten Stationen vom Deutschen Wetterdienst (DWD) beobachtet und der Durchschnitt für jedes Jahr berechnet. Während es in den einzelnen Jahren im Zeitverlauf doch deutliche Schwankungen gibt, so bleibt der langfristige Trend stark fallend. Im jeweiligen 30-Jahresschnitt zeigt sich etwa, dass in der Periode von 1961 bis 1990 die Apfelblüte im Durchschnitt erst am 6. Mai begann, zwischen 1981 bis 2010 jedoch bereits am 30. April. Im Jahr 2014 konnte der bisher früheste Beginn beobachtet werden, am 9. April. Im Jahr 2019, dem letzten beobachteten Zeitpunkt, begann die Apfelblüte im Durchschnitt am 18. April.

Dieser Trend kann ein Risiko für die Pflanzen darstellen, wenn etwa Spätfröste auftreten und die Blüten in einem empfindlichen Stadium den Frost nicht überstehen. Dadurch können Ertragsverluste für die Landwirtschaft entstehen. Doch auch zu warme Winter können den Austrieb und das Wachstum der Blüten stören. Nicht zuletzt kann auch ein Anstieg der Schädlingsbelastung eine Folge der steigenden Temperaturen und somit des Klimawandels sein. All dies bedeutet, dass Anpassungen in der Landwirtschaft aufgrund des Klimawandels notwendig werden.¹²³

Abbildung 29: Beginn der Apfelblüte in Hessen [Tag des Jahres]



Quelle: HLNUG (2021)¹²⁴, eigene Darstellung

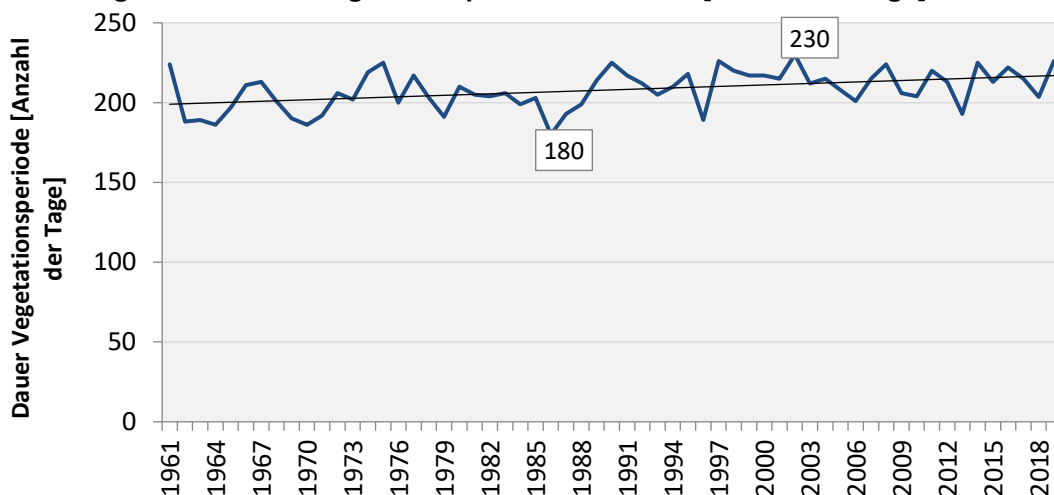
¹²³ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Beginn der Apfelblüte, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/beginn-der-apfelbluete>, Stand Mai 2020.

¹²⁴ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Beginn der Apfelblüte, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/beginn-der-apfelbluete>, Stand Mai 2020.

Doch nicht nur der Beginn der jährlichen Vegetationsperiode findet durch die steigenden Temperaturen immer früher statt, auch die Gesamtdauer nimmt zu. Dafür ist nicht nur die Temperaturentwicklung ausschlaggebend, sondern auch Witterungsbedingungen sind entscheidende Faktoren, vor allem im Herbst. Abbildung 30 zeigt die Entwicklung der Dauer der Vegetationsperiode in Tagen pro Jahr zwischen 1961 und 2019 in Hessen. Datengrundlage sind wiederum Beobachtungen des DWD an ausgewählten Stationen, wobei die Vegetationsperiode ab dem Blühbeginn der Salweide bis zur Blattverfärbung der Stieleiche, als Anzeiger für den Spätherbst, definiert wird.¹²⁵

Der niedrigste Wert und somit die kürzeste Vegetationsperiode im Vergleichszeitraum konnte im Jahr 1986 beobachtet werden, mit nur 180 Tagen. Die längste Vegetationsperiode fand mit 230 Tagen im Jahr 2002 statt. Im Jahr 2019 konnte eine Vegetationsperiode von 226 Tagen beobachtet werden. Die im langfristigen Trend beobachtbare Verlängerung der Vegetationsperioden ist laut Daten des HLNUG (2021) vor allem durch den früheren Beginn und weniger durch eine längere Dauer im Herbst bedingt.

Abbildung 30: Dauer der Vegetationsperiode in Hessen [Anzahl der Tage]



Quelle: HLNUG (2021)¹²⁶, eigene Darstellung

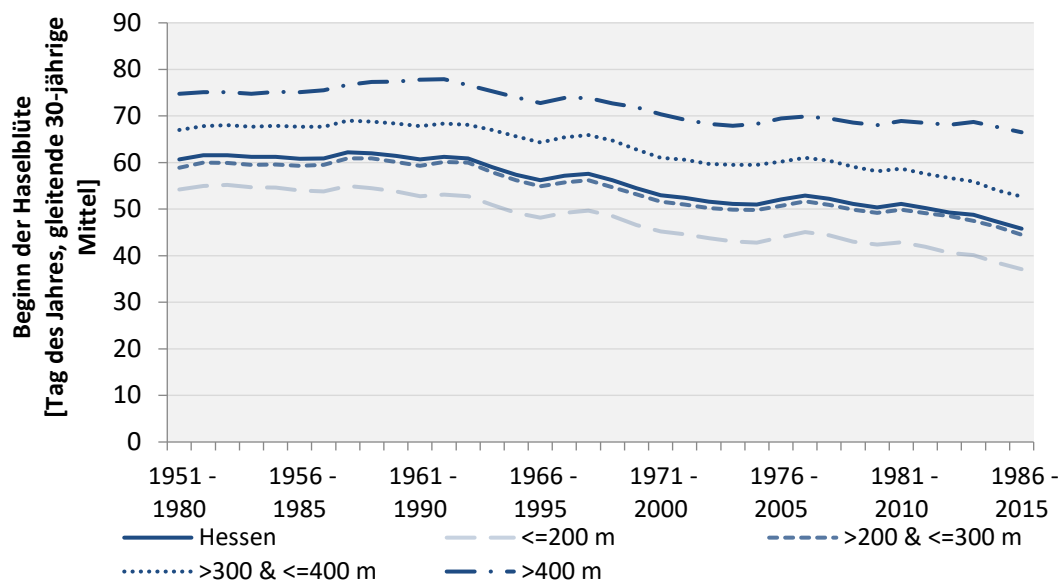
Der Temperaturanstieg führt auch zu einer zunehmenden Belastung für Allergiker, denn auch der Beginn des Pollenflugs wird davon beeinflusst. Wie in Abbildung 31 ersichtlich, verschiebt sich der Beginn der Haselblüte, stellvertretend für Frühblüher insgesamt, in allen Höhenstufen

¹²⁵ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Dauer der Vegetationsperiode, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/dauer-der-vegetationsperiode>, Stand Mai 2020.

¹²⁶ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Dauer der Vegetationsperiode, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/dauer-der-vegetationsperiode>, Stand Mai 2020.

immer weiter nach vorne. Damit beginnt die Allergieperiode zunehmend früher im Jahr. Während im Durchschnitt des Zeitraums von 1951 bis 1980 der Blühbeginn am 2. März stattfand, so war es in der Folgeperiode von 1981 bis 2010 bereits der 20. Februar. Die Höhenlage hat großen Einfluss auf den Blühbeginn. An Stationen unter 200 hm begann die Haselblüte zum letzten verfügbaren Wert für die Periode 1986 bis 2015 am 37. Tag des Jahres und somit am 6. Februar.¹²⁷

Abbildung 31: Beginn der Haselblüte nach Höhenstufen in Hessen [Tag des Jahres, gleitende 30-jährige Mittel]



Quelle: HLNUG (2021)¹²⁸, eigene Darstellung

Ebenfalls für die menschliche Gesundheit von großer Bedeutung ist die Anzahl der Hitzetage pro Jahr. Vor allem für die ältere Bevölkerung, aber auch für Kinder oder chronisch kranke Personen kann starke Hitze eine Gefahr darstellen, die etwa zu Hitzekollaps, Sonnenstich oder Kreislaufproblemen führen kann. Auch im Hinblick auf den demografischen Wandel in Hessen stellt die zunehmende Hitzebelastung eine Herausforderung dar. Abbildung 32 zeigt die Anzahl der Hitzewarnungen pro Jahr zwischen 2005 und 2019 für Hessen, unterschieden wird dabei zwischen Warnungen vor starker oder sogar extremer Hitze. Der DWD warnt vor starker Hitze, wenn an zwei aufeinander folgenden Tagen die gefühlte Temperatur bei 32° C

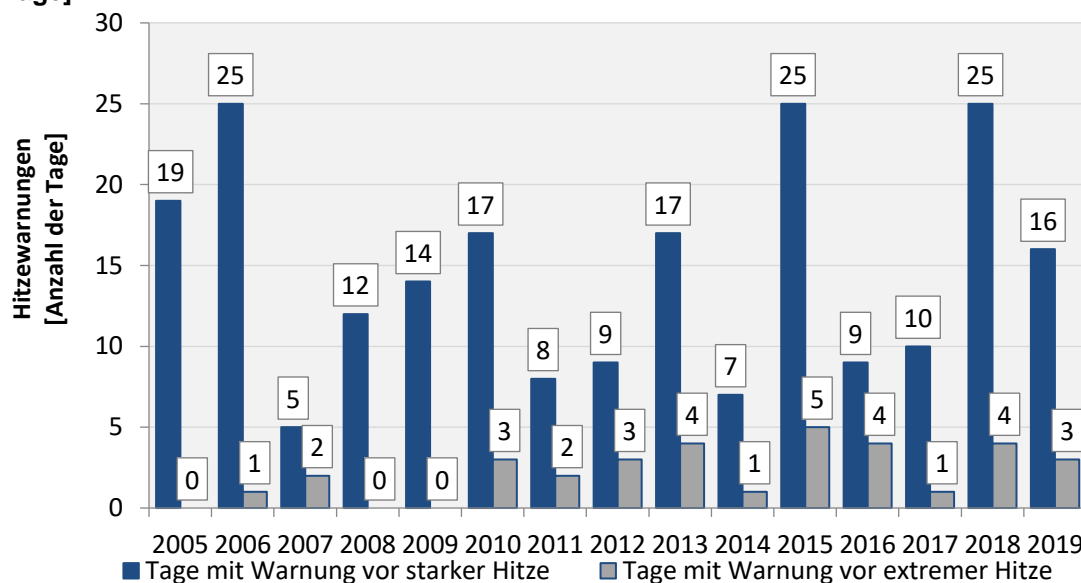
¹²⁷ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Pollenbelastung für Allergiker, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/pollenbelastung-fuer-allergiker>, Stand Juni 2017.

¹²⁸ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Pollenbelastung für Allergiker, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/pollenbelastung-fuer-allergiker>, Stand Juni 2017.

liegt und in der Nacht nur geringfügig niedriger, vor extremer Hitze warnt der DWD bei 38° C.¹²⁹

Zwischen 2005 und 2019 schwanken die Hitzewarntage und erreichen in den Jahren 2006, 2015 sowie 2018 mit 25 Tagen im Jahr jeweils den Höhepunkt des Beobachtungszeitraums. Bei den Warnungen vor extremer Hitze fällt auf, dass diese zwischen 2005 und 2009 noch eher gering ausfallen, mit einzelnen Jahren ohne eine solche Warnung. Ab 2010 wurden aber in jedem Jahr Warnungen vor extremer Hitze vom DWD ausgegeben, 2015 waren es mit fünf Hitzewarntagen am meisten.

Abbildung 32: Warnungen vor starker oder extremer Hitze in Hessen [Anzahl der Tage]



Quelle: HLNUG (2021)¹³⁰, eigene Darstellung

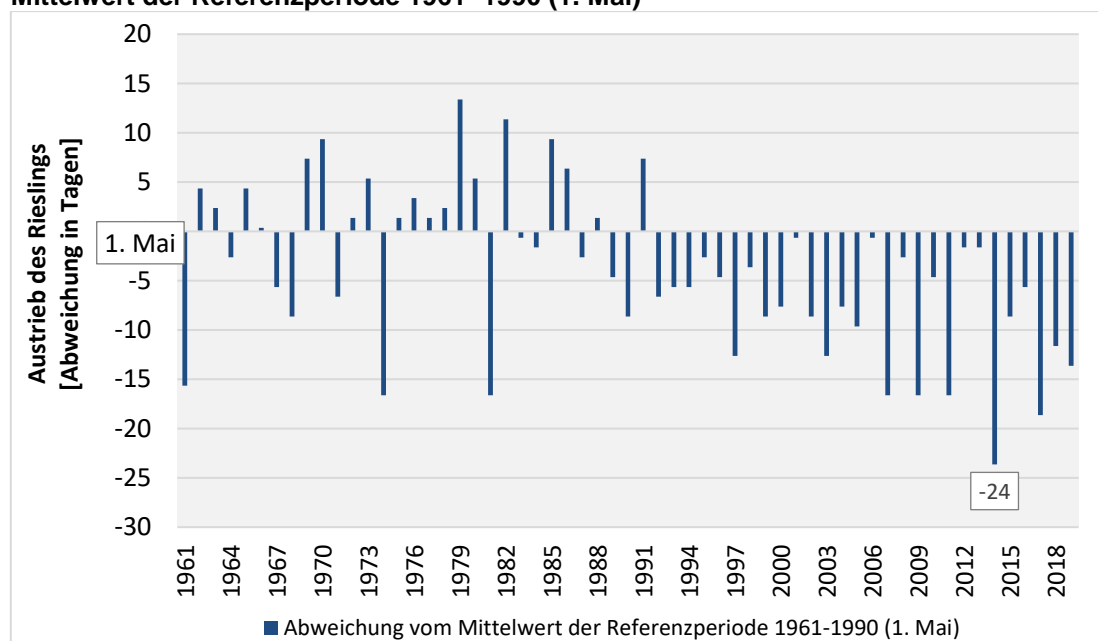
Für Winzer bestehen die Herausforderungen des Klimawandels auch in den veränderten Entwicklungsphasen der Weinreben. Der Weinberg „Eltviller Sonnenberg“ im Rheingau wird hier vom HLNUG als Referenz herangezogen, um die Entwicklungen über die Zeit hinweg zu beobachten. Wie bereits im Zusammenhang mit dem Obstanbau beschrieben, besteht auch für Weinreben ein Spätfrostisiko, wenn die Pflanzen temperaturbedingt bereits immer früher aus-

¹²⁹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Hitzewarntage, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/hitzewarntage>, Stand Mai 2020.

¹³⁰ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Hitzewarntage, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/hitzewarntage>, Stand Mai 2020.

treiben. Betrachtet man zunächst den Zeitraum zwischen 1961 und 1990, so begann der Riesling des Referenzweinbergs im Durchschnitt am 1. Mai auszutreiben. Abbildung 33 zeigt jeweils die Abweichung von diesem Referenzzeitraum in den einzelnen Beobachtungsjahren. Dabei ist klar ersichtlich, dass nach 1991 alle Werte unter dem Referenzwert (1. Mai) liegen, die Weinreben begannen also in allen Jahren – teilweise deutlich – vor dem 1. Mai auszutreiben. Der früheste Beginn konnte, wie auch bei der Apfelblüte, im Jahr 2014 beobachtet werden, nämlich bereits 24 Tage vor dem Referenzwert, am 7. April.¹³¹

Abbildung 33: Austrieb des Rieslings in Hessen [Abweichung in Tagen] relativ zum Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990 (1. Mai)



Quelle: HLNUG (2021)¹³², eigene Darstellung

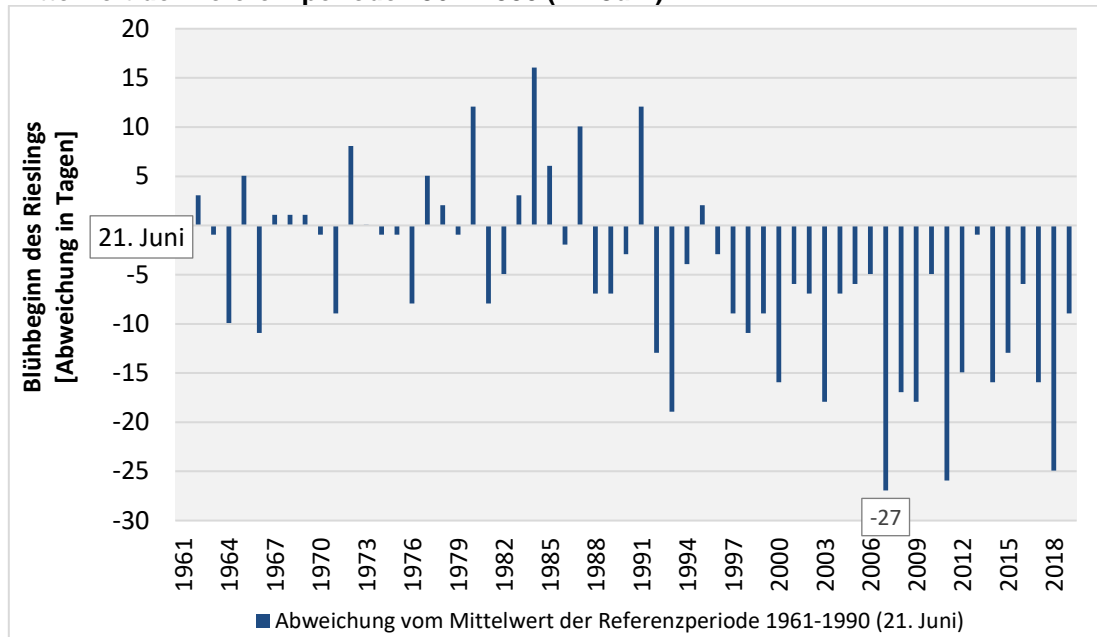
Entsprechend der Verfrühung beim Austrieb der Weinreben hat sich auch der Blühbeginn des Rieslings im Vergleich zum Durchschnitt des Referenzzeitraums 1961 bis 1990 (21. Juni) deutlich nach vorne verschoben. Wie in Abbildung 34 ersichtlich, weicht der Blühbeginn seit Anfang der 1990er-Jahre (mit einer Ausnahme im Jahr 1995) immer negativ vom Referenztag

¹³¹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Reifentwicklung der Weinreben, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/reifentwicklung-der-weinreben>, Stand Juli 2020.

¹³² HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Reifentwicklung der Weinreben, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/reifentwicklung-der-weinreben>, Stand Juli 2020.

am 21. Juni ab. Der früheste Blühbeginn konnte im Jahr 2007 beobachtet werden: In diesem Jahr begann der Riesling bereits am 25. Mai zu blühen.¹³³

Abbildung 34: Blühbeginn des Rieslings in Hessen [Abweichung in Tagen] relativ zum Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990 (21. Juni)



Quelle: HLNUG (2021)¹³⁴, eigene Darstellung

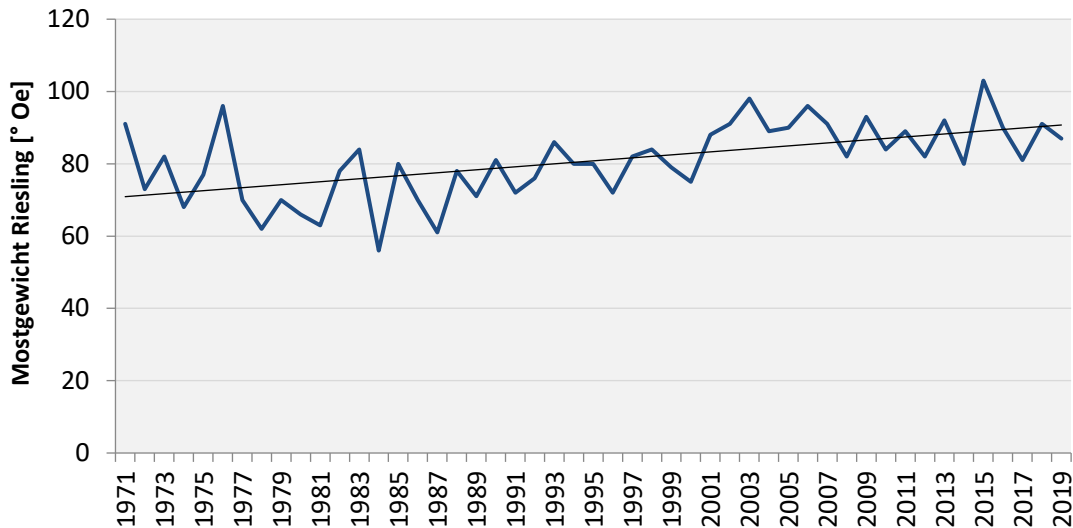
Der Klimawandel birgt jedoch noch eine weitere Herausforderung für Winzer, denn der Geschmack des Rieslings ändert sich aufgrund der sich wandelnden Rahmenbedingungen. Die Weininhaltsstoffe hängen insofern eng mit dem Klima zusammen. Für Winzer ist es entscheidend, ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den Inhaltsstoffen zu wahren. Dabei spielen der Zuckeranteil und der Säuregehalt eine zentrale Rolle. Abbildung 35 zeigt, wie sich der Zuckergehalt, angegeben als Mostgewicht in Grad Oechsle, zwischen 1971 und 2019 entwickelt hat. Hierbei ist ein klarer positiver Trend zu beobachten: Der Zuckeranteil im Riesling nimmt also aufgrund des Klimawandels an den Referenzstandorten zu. Das wird dadurch erklärt, dass die zunehmend hohen Temperaturen den Säureabbau vorantreiben und dadurch das Verhältnis der Inhaltsstoffe verändern. Auch der Lesebeginn verschiebt sich durch die steigenden Temperaturen. Wenn auch in den meisten Jahren laut HLNUG die Veränderungen durchaus

¹³³ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Reifentwicklung der Weinreben, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/reifentwicklung-der-weinreben>, Stand Juli 2020.

¹³⁴ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Reifentwicklung der Weinreben, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/reifentwicklung-der-weinreben>, Stand Juli 2020.

auch positiv eingestuft werden können, so entstehen daraus Herausforderungen für Winzer, um den typischen Geschmack des Rieslings zu erhalten.¹³⁵

Abbildung 35: Weinhaltstoffe des Rieslings zur Lese [Mostgewicht in Grad Oechsle]



Quelle: HLNUG (2021)¹³⁶, eigene Darstellung

Im Zusammenhang mit dem Weinanbau spielt der sogenannte Huglin-Index eine wichtige Rolle, denn dieser teilt verschiedene Rebsorten nach deren Wärmebedarf ein und kann dadurch eine Einschätzung hinsichtlich der jeweils geeigneten Standorte abgeben.¹³⁷ Wie in Abbildung 36 ersichtlich, steigt der Huglin-Index im langfristigen Trend seit 1935 im hessischen Rheingau deutlich an. Damit werden sich in Zukunft auch die Weinsorten, die an diesem Standort angebaut werden können, verändern. Derzeit wird im Rheingau hauptsächlich Riesling angebaut, laut aktuellen Prognosen können in diesem Gebiet in Zukunft aber auch wärmebedürftigere Sorten angebaut werden, wie etwa Merlot oder Cabernet Sauvignon. Für diese beiden Weinsorten wird ein Huglin-Index von mindestens 1.900 empfohlen. Der Mittelwert der letzten zehn Jahre (2010 bis 2019) liegt momentan für Geisenheim bei 1.855. Im Vergleich

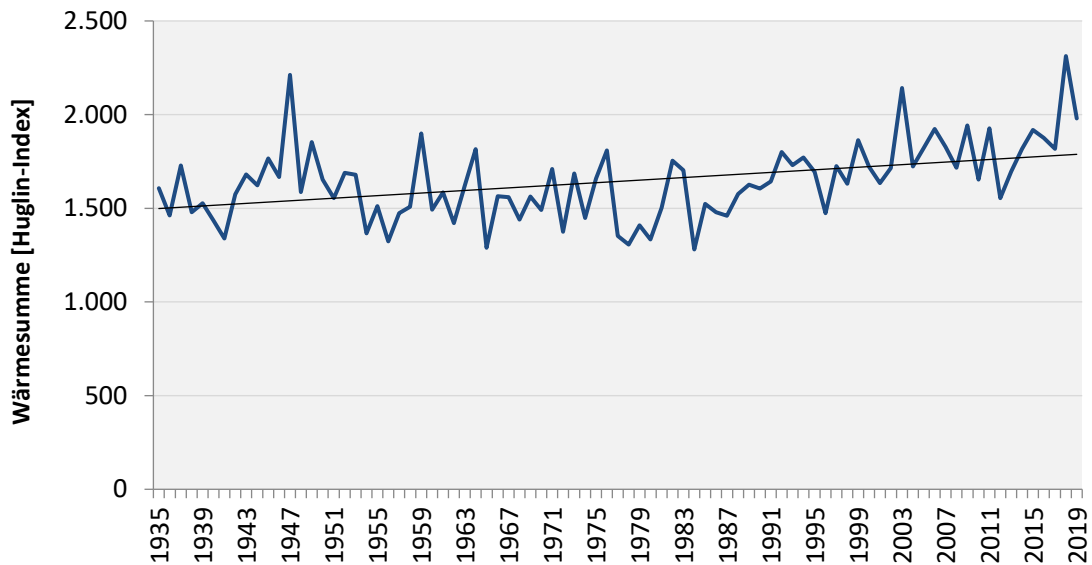
¹³⁵ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Reifentwicklung der Weinreben, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/reifentwicklung-der-weinreben>, Stand Juli 2020.

¹³⁶ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Reifentwicklung der Weinreben, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/reifentwicklung-der-weinreben>, Stand Juli 2020.

¹³⁷ HLNUG (2012): Der Einfluss klimatischer Veränderungen auf die phänologische Entwicklung der Rebe, die Sorteneignung sowie Mostgewicht und Säurestruktur der Trauben, S. 12 ff., <https://www.hlnug.de/static/klimawan-del/inklim/dokumente/enderichte/weinbau.pdf> (abgerufen am 14.1.2021).

dazu lag der Mittelwert in den 1990er-Jahren noch bei 1.694. Der ideale Bereich für den Rieslinganbau wird zwischen 1.700 und 2.000 angegeben. Allerdings zeigt der Huglin-Index lediglich die Untergrenze für den Anbau der Sorten an.¹³⁸

Abbildung 36: Wärmesumme nach Huglin für Geisenheim [Huglin-Index]



Quelle: HLNUG (2021)¹³⁹, eigene Darstellung

Neben dem Obst- und Weinanbau sind auch Tiere vom Klimawandel betroffen. Ein Indikator zeigt in diesem Zusammenhang den Hitzestress von Geflügel an. Das Problem für Hühner ist, dass diese nicht schwitzen können, weshalb ihnen hohe Temperaturen im Stall besonders zusetzen. Der Hitzestress ist zunächst auch daran erkennbar, dass die Tiere hecheln und mit offenem Schnabel atmen müssen. Der entsprechende Indikator basiert auf dem sogenannten Enthalpie-Wert: Dieser Wert misst den Gesamtenergiegehalt der Außenluft, wobei der Grenzwert mit 67 kJ/kg in der Außenluft festgelegt wird. Dies entspricht in etwa einem Wert von 72 kJ/kg im Stall. Der Indikator zeigt auf Basis des Mittelwerts verschiedener Messstationen an, wie viele Tage im Jahr der Grenzwert überschritten wird und somit von Hitzestress für

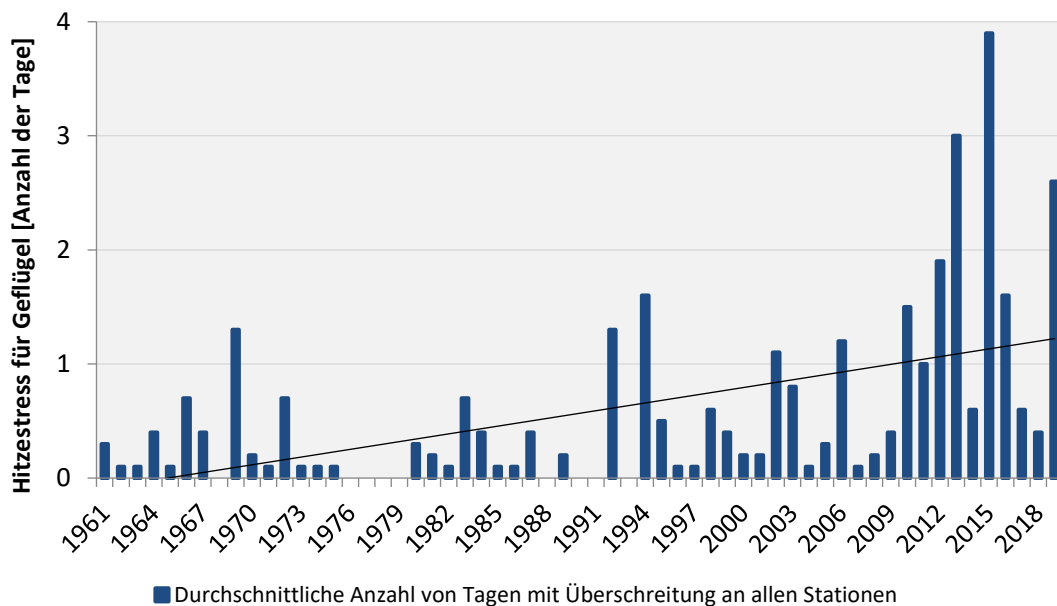
¹³⁸ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Rebsorteneignung, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/rebsorteneignung>, Stand Mai 2020.

¹³⁹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Rebsorteneignung, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/rebsorteneignung>, Stand Mai 2020.

Geflügel ausgegangen werden kann. Wichtig ist dabei, dass für den Enthalpie-Wert nicht nur die Temperatur, sondern auch die Luftfeuchtigkeit eine Rolle spielt.¹⁴⁰

Wie Abbildung 37 zeigt, nimmt die Anzahl der Tage pro Jahr, an denen der Enthalpie-Wert überschritten wird und somit eine hohe Gefahr von Hitzestress für Geflügel besteht, markant zu. Im Jahr 2015 wurde der Grenzwert an fast vier Tagen überschritten. Gute Belüftung und Temperaturkontrolle im Stall ist deshalb entscheidend, um die Gesundheit der Tiere nicht zu gefährden.

Abbildung 37: Hitzestress für Geflügel auf Basis des Enthalpie-Werts [Anzahl der Tage]



Quelle: HLNUG (2021)¹⁴¹, eigene Darstellung

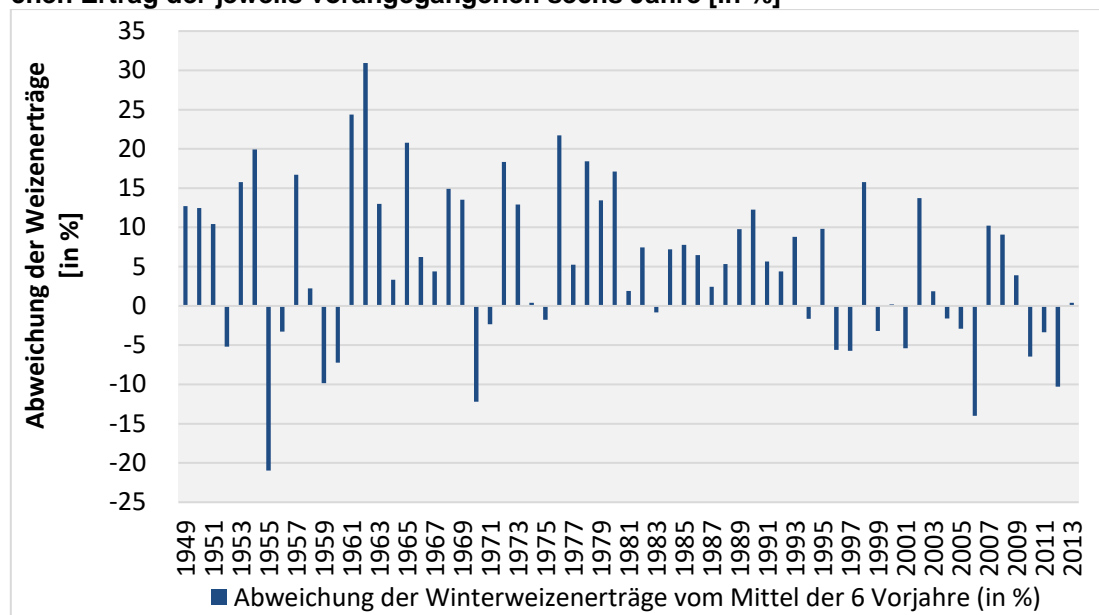
Der Klimawandel und die damit einhergehenden Temperaturanstiege sowie auch die Zunahme unvorhersehbarer oder extremer Witterungsbedingungen erschweren die Planbarkeit in der Landwirtschaft. In Hessen, wie auch in Deutschland insgesamt, stellt der Winterweizen einen bedeutenden Anteil der angebauten Feldfrüchte dar und wird deshalb als Referenz für die Ertragsentwicklungen herangezogen. Abbildung 38 zeigt jeweils die Abweichung der jährlichen Winterweizenerträge vom durchschnittlichen Ertrag der vorangegangenen sechs Jahre.

¹⁴⁰ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Wärmebelastung bei Geflügel, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/waermebelastung-fuer-gefluegel>, Stand Mai 2020.

¹⁴¹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Wärmebelastung bei Geflügel, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/waermebelastung-fuer-gefluegel>, Stand Mai 2020.

Gemessen wird der Ertrag jeweils in dt/ha. Auffällig ist dabei, dass die Erträge in den letzten Jahren immer seltener gesteigert werden konnten. Das wird unter anderem auf die zunehmende Trockenheit im Frühsommer zurückgeführt, welche für den Winterweizen eine Herausforderung darstellt.¹⁴²

Abbildung 38: Abweichung der jährlichen Weizenerträge [in dt/ha] vom durchschnittlichen Ertrag der jeweils vorangegangenen sechs Jahre [in %]



Quelle: HLNUG (2021)¹⁴³, eigene Darstellung

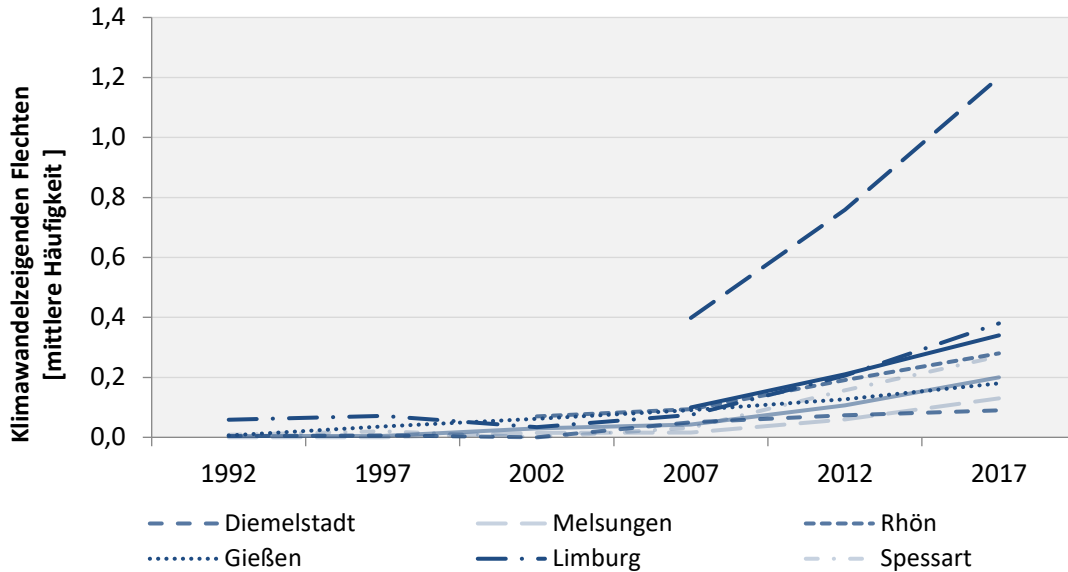
Ein weiterer relevanter Indikator, der als Anzeiger für den Klimawandel genutzt wird, ist das Vorkommen verschiedener Flechtenarten. Die Ausbreitung und Arealverschiebung bestimmter wärmeliebender Flechtenarten wird seit 2007 im Rahmen des Klimawandel-Biomonitorings in Hessen beobachtet. Abbildung 39 zeigt die mittleren Häufigkeiten des Vorkommens klimawandelanzeigender Flechten auf sieben Dauerbeobachtungsflächen sowie der Untersuchungsfläche am Flughafen Frankfurt. Während das Vorkommen der Flechten vor 2007 nur sehr gering war, so kann seit 2007 eine deutliche Zunahme verzeichnet werden. Auffällig ist vor allem der hohe Wert in der Umgebung des Flughafens Frankfurt. Diese Gegend zählt zu

¹⁴² HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Ertragsschwankungen des Winterweizens, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/ertragsschwankungen-des-winterweizens>, Stand April 2020.

¹⁴³ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Ertragsschwankungen des Winterweizens, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/ertragsschwankungen-des-winterweizens>, Stand April 2020.

den wärmsten und niederschlagsärmsten Dauerbeobachtungsflächen. Es zeichnet sich also ab, dass es eine Verschiebung der vorkommenden Flechtenarten gibt.¹⁴⁴

Abbildung 39: Klimawandelanzeigende Flechten [mittlere Häufigkeiten] auf Dauerbeobachtungsflächen in Hessen



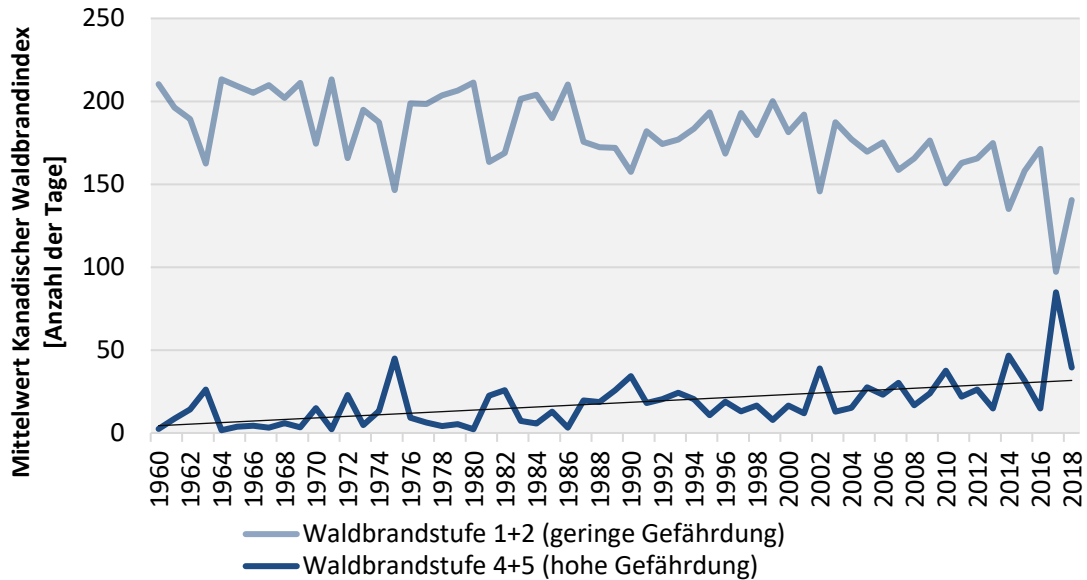
Quelle: HLNUG (2021)¹⁴⁵, eigene Darstellung

Steigende Temperaturen und Trockenheit als Folge des Klimawandels erhöhen auch das Waldbrandrisiko. Das ist für Hessen, mit rund 42 % Waldanteil, überaus relevant. Als Indikator für die Häufigkeit der verschiedenen Waldbrandstufen wird der kanadische Fire-Weather-Index (FWI) herangezogen. Dieser ermittelt die Gefahr jeweils von Anfang März bis Ende Oktober und teilt diese in fünf Stufen von „keine Gefahr“ bis „extrem hohe Gefahr“ ein. Abbildung 40 zeigt die Häufigkeit der Waldbrandstufen 1+2 sowie 4+5 im Zeitverlauf an. Seit 1960 nimmt die Häufigkeit (Anzahl der Tage pro Jahr) von Waldbrandstufe 1 oder 2 (geringe Gefährdung) in Hessen ab, während Tage mit Waldbrandstufe 4 oder 5 (hohe Gefährdung) häufiger werden. Laut kanadischem Waldbrandindex nimmt die Gefahr für Waldbrände in Hessen somit im langfristigen Trend zu.¹⁴⁶

¹⁴⁴ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Arealverschiebung der Flechten, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/arealverschiebung-der-flechten>, Stand Juli 2020.

¹⁴⁵ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Arealverschiebung der Flechten, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/arealverschiebung-der-flechten>, Stand Juli 2020.

¹⁴⁶ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Waldbrandgefährdung, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/waldbrandgefahrdung>, Stand Juli 2020.

Abbildung 40: Mittelwert Kanadischer Waldbrandindex in Hessen [Anzahl der Tage]

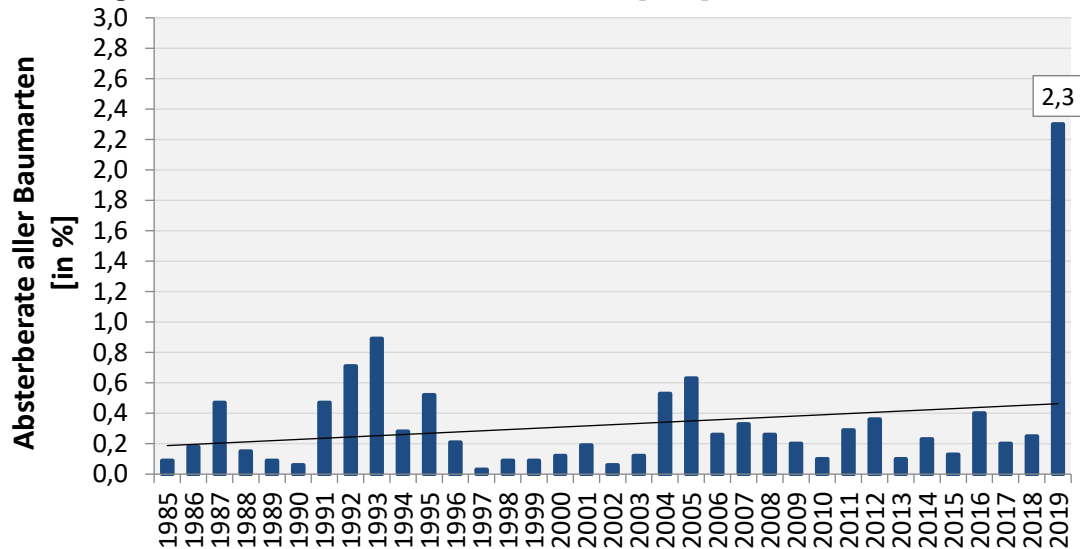
Quelle: HLNUG (2021)¹⁴⁷; eigene Darstellung

Doch nicht nur Waldbrände können den Bäumen zusetzen, auch andere extreme Wetterereignisse wie starke Stürme oder Regenfälle können ein Risiko darstellen. Diese können Äste und Blätter zerstören oder Bäume gar ganz entwurzeln. Auch steigt damit das Risiko von Schädlingsbefall. Folgeschäden zeigen sich oftmals erst Jahre später. Abbildung 41 zeigt, wie sich die Absterberate aller Baumarten (in %) in hessischen Wäldern zwischen 1985 und 2019 entwickelt hat. Dabei wird ersichtlich, dass die Mortalität der Bäume vor allem nach besonders heißen und trockenen Sommern ansteigt. Eine außerordentlich hohe Rate zeigt sich dabei im Jahr 2019 (2,3 %). Dies sei laut HLNUG auf die lange Trockenperiode im selben Jahr sowie die Auswirkungen der Orkantiefs in den Jahren 2018 und 2019 zurückzuführen. Im Zuge dessen erhöhte sich auch die Anzahl der Schädlinge und Pilzkrankungen, welche den Bäumen zusetzen.¹⁴⁸

¹⁴⁷ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Waldbrandgefährdung, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/waldbrandgefaehrdung>, Stand Mai 2020.

¹⁴⁸ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Mortalitäten aller Baumarten, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/mortalitaeten-aller-baumarten>, Stand Mai 2020.

Abbildung 41: Mortalitäten in hessischen Wäldern [in %]



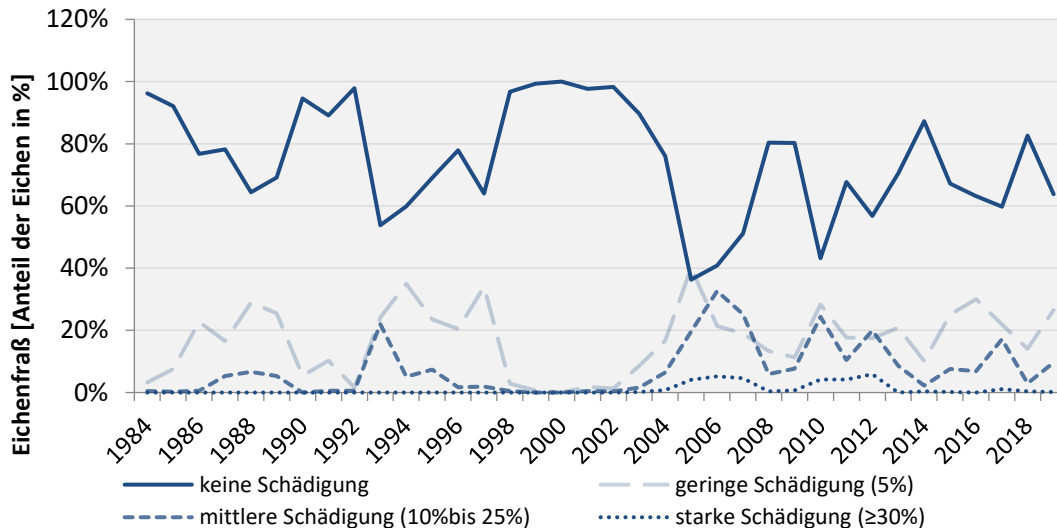
Quelle: HLNUG (2021)¹⁴⁹, eigene Darstellung

Auch Abbildung 42 zeigt, dass besonders trockene und heiße Sommer – wie beispielsweise im Jahr 2003, aber auch 2015 sowie 2018 – zu einem Anstieg der Schädlingsbelastung an Bäumen führen. Als Referenz werden dabei Insektenschäden an Eichen beobachtet und in vier Stufen von „keine Schädigung“ bis „starke Schädigung (ab 30 %)“ eingeteilt. Diese Beobachtungen finden jährlich im Rahmen der Waldzustandserhebung der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt an 139 Aufnahmepunkten statt.¹⁵⁰

¹⁴⁹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Mortalitäten aller Baumarten, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/mortalitaeten-aller-baumarten>, Stand Mai 2020.

¹⁵⁰ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Waldschäden durch Insekten, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/waldschaeden-durch-insekten>, Stand Mai 2020.

Abbildung 42: Insektenschäden an Eichen der Eichenfraßgesellschaft [Anteil der Eichen mit jeweiliger Schadstufe in %]



Quelle: HLNUG (2021)¹⁵¹, eigene Darstellung

Veränderungen im Klima beeinflussen auch die Niederschlagsmengen und damit das Vorkommen von Hoch- sowie Niedrigwassertagen. In Hessen werden für die Messung der Fließgewässerindikatoren Daten aus fünf Pegeln ausgewertet, wobei sich der Beobachtungszeitraum auf ein hydrologisches Jahr – also jeweils vom 1.11. des Vorjahres bis zum 31.10. des betrachteten Jahres – bezieht. Abbildung 43 zeigt die Hochwasserdauer (Tage pro Jahr) für die einzelnen Jahre ab 1956 an den fünf hessischen Pegeln an. Um einen repräsentativen Mittelwert zu erhalten, werden die einzelnen Pegel jeweils entsprechend der Größe des Einzugsgebiets gewichtet.¹⁵²

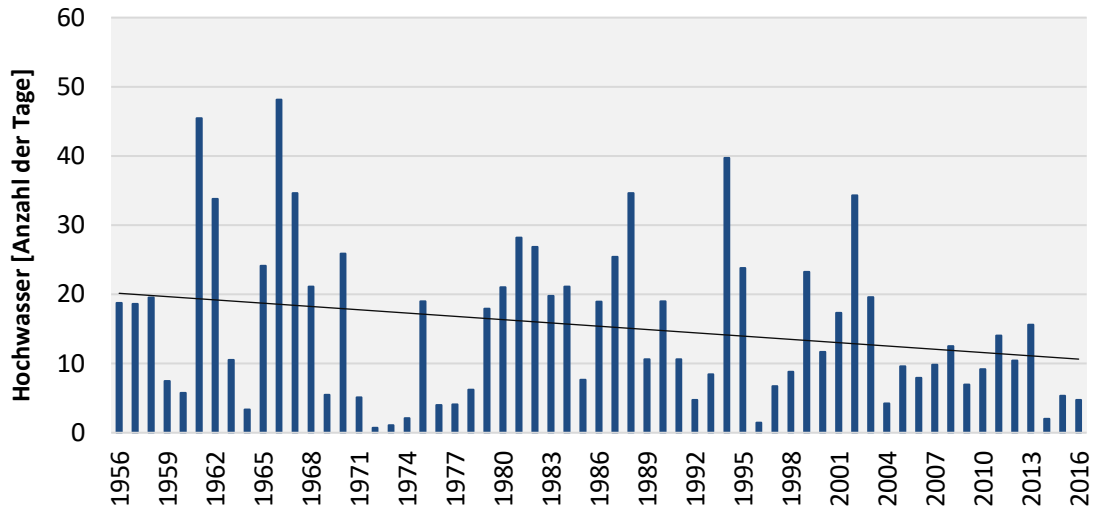
Aktuell wird als Referenzzeitraum der Durchschnitt aus den Jahren 1971 bis 2000 herangezogen. In diesem Zeitraum lag der Mittelwert bei 17 Hochwassertagen pro Jahr. Wird der Mittelwert im Zeitraum von 1956 bis 1970 berechnet, so liegt der Wert leicht darüber (22 Tage). Der Mittelwert zwischen 2001 und 2016 liegt hingegen deutlich darunter (elf Tage). Insofern zeichnet sich ein negativer Trend bei der Anzahl der Hochwassertage pro Jahr ab¹⁵³.

¹⁵¹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Waldschäden durch Insekten, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/waldschaeden-durch-insekten>, Stand Mai 2020.

¹⁵² HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Hoch-, Mittel- und Niedrigwasser der Fließgewässer, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/hoch-mittel-und-niedrigwasser-der-fluessgewaesser>, Stand Juli 2017.

¹⁵³ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Hoch-, Mittel- und Niedrigwasser der Fließgewässer, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/hoch-mittel-und-niedrigwasser-der-fluessgewaesser>, Stand Juli 2017.

Abbildung 43: Hochwasserdauer von fünf ausgewählten hessischen Pegeln [Anzahl der Tage]



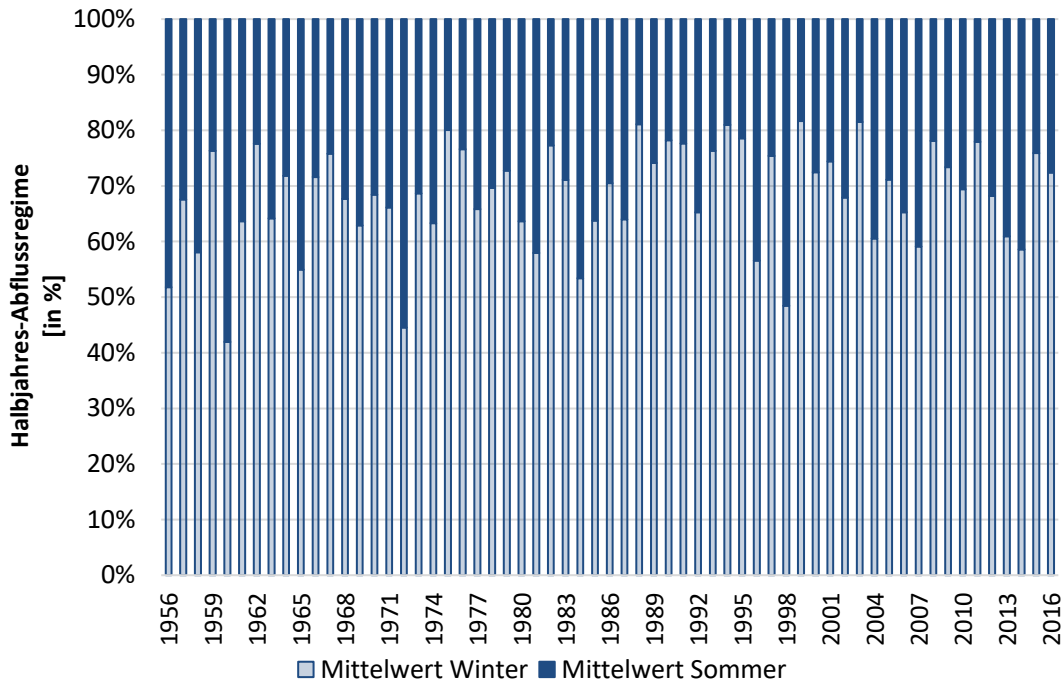
Quelle: HLNUG (2021)¹⁵⁴, eigene Darstellung

Ein weiterer interessanter Indikator ist das Halbjahres-Abflussregime. Dabei wird das hydrologische Jahr in eine Winterhälfte (November bis April) und eine Sommerhälfte (Mai bis Oktober) eingeteilt und jeweils die Abflussmenge berechnet. Dieser Indikator wird gerne herangezogen, um die Niederschlagsverschiebungen zwischen Sommer und Winter zu beobachten. Laut Prognosen wird der Klimawandel dazu führen, dass sich die Niederschlagsmengen im Winter erhöhen, während diese im Sommer insgesamt eher zurückgehen und dabei vor allem in Form von Starkregen vereinzelt auftauchen. Abbildung 44 zeigt, wie sich die Anteile des gesamten Abflusses auf die beiden Jahreshälften verteilen. Dabei wird zwar ersichtlich, dass hohe Anteile im Sommer eher seltener werden, ein klarer Trend im Hinblick auf die oben genannte Prognose lässt sich daraus jedoch noch nicht ableiten.¹⁵⁵

¹⁵⁴ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Hoch-, Mittel- und Niedrigwasser der Fließgewässer, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/hoch-mittel-und-niedrigwasser-der-fluessgewaesser>, Stand Juli 2017.

¹⁵⁵ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Hoch-, Mittel- und Niedrigwasser der Fließgewässer, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/hoch-mittel-und-niedrigwasser-der-fluessgewaesser>, Stand Juli 2017.

Abbildung 44: Halbjahres-Abflussregime als Mittelwert fünf ausgewählter hessischer Pegel gewichtet nach der Größe der Einzugsgebiete [in %]



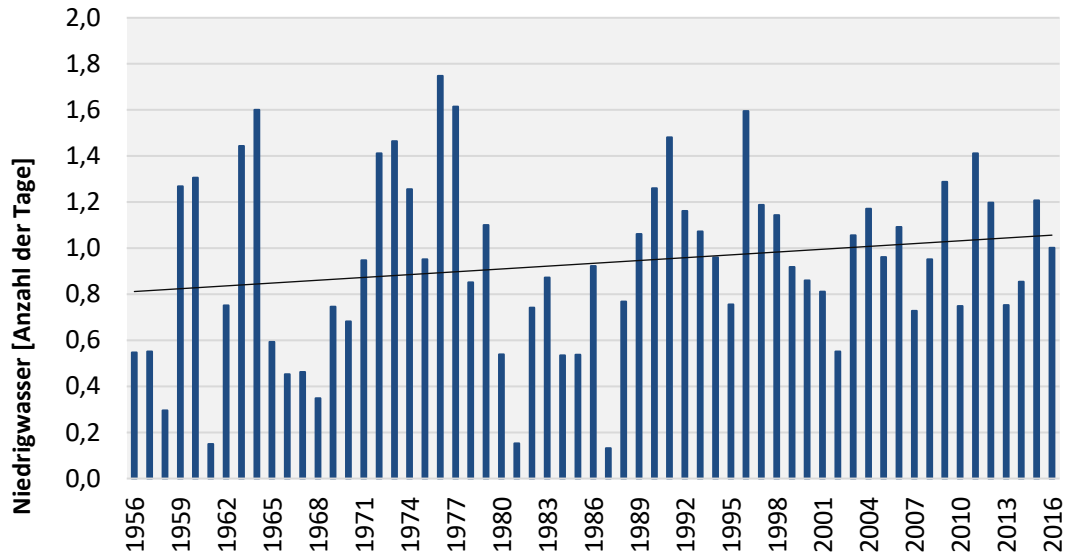
Quelle: HLNUG (2021)¹⁵⁶, eigene Darstellung

Ebenso wie das Hochwasser wird auch das Niedrigwasser pro Jahr in Form von Überschreitungen eines gewissen Schwellenwertes berechnet. Dabei ergibt sich der Schwellenwert aus dem doppelten Referenzwert, welcher sich aktuell auf den gewichteten Mittelwert der Jahre 1971 bis 2000 bezieht und bei rund einem Tag pro Jahr liegt.¹⁵⁷ Entsprechend der leicht fallenden Häufigkeit im langfristigen Trend beim Hochwasser zeigt sich beim Niedrigwasser ein leicht ansteigender Trend zwischen 1956 und 2016 an den fünf hessischen Pegeln (vgl. Abbildung 45).

¹⁵⁶ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Hoch-, Mittel- und Niedrigwasser der Fließgewässer, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/hoch-mittel-und-niedrigwasser-der-fluessgewaesser>, Stand Juli 2017.

¹⁵⁷ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Hoch-, Mittel- und Niedrigwasser der Fließgewässer, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/hoch-mittel-und-niedrigwasser-der-fluessgewaesser>, Stand Juli 2017.

Abbildung 45: Niedrigwasserintensität von fünf ausgewählten hessischen Pegeln [Anzahl der Tage]

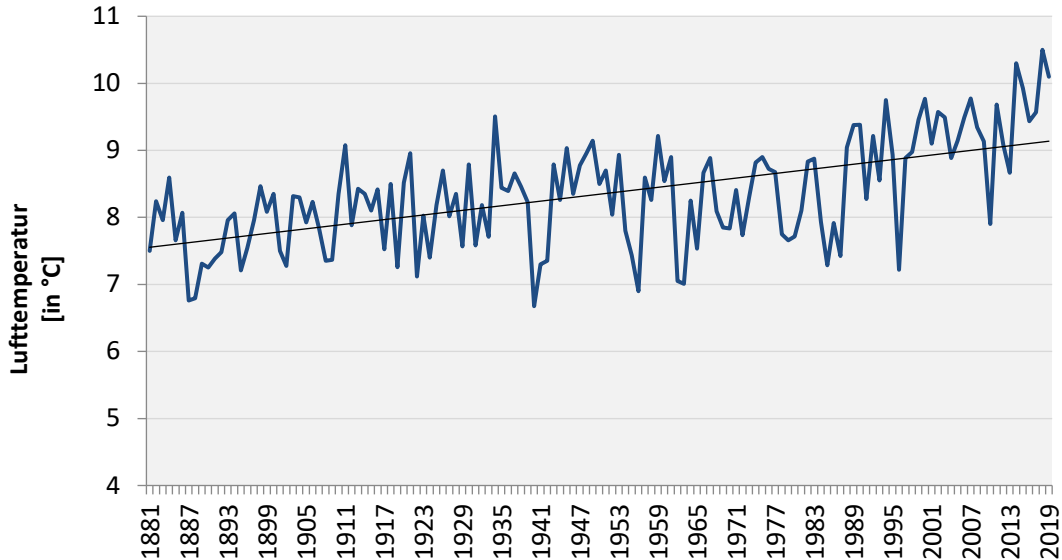


Quelle: HLNUG (2021)¹⁵⁸, eigene Darstellung

Der Temperaturanstieg als Folge des Klimawandels wurde nun bereits mehrmals erwähnt. Abbildung 46 zeigt in diesem Zusammenhang, wie sich die Jahresmitteltemperatur in Hessen seit 1881 tatsächlich entwickelt hat. Dabei zeigt sich ein klarer Trend zu steigenden Temperaturen: Während die Durchschnittstemperatur im Zeitraum von 1881 bis 1910 noch 7,8 °C betrug, so beträgt diese im Zeitraum von 1990 bis 2019 bereits 9,2 °C. Dies entspricht einer durchschnittlichen Erwärmung um 1,4 °C. Auch die weiteren Prognosen deuten auf eine zunehmende Erwärmung hin, die sich vermehrt in besonders heißen Sommern und milden Wintern äußert. Im Jahr 2019 betrug die mittlere Jahrestemperatur 10,1 °C, im Jahr 2018 sogar 10,4 °C. Diese zwei Jahre sind unter den drei wärmsten seit Beginn der Temperatureaufzeichnungen in Hessen.¹⁵⁹

¹⁵⁸ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Hoch-, Mittel- und Niedrigwasser der Fließgewässer, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/hoch-mittel-und-niedrigwasser-der-fluessgewaesser>, Stand Juli 2017.

¹⁵⁹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Mitteltemperatur, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/mitteltemperatur>, Stand Mai 2020.

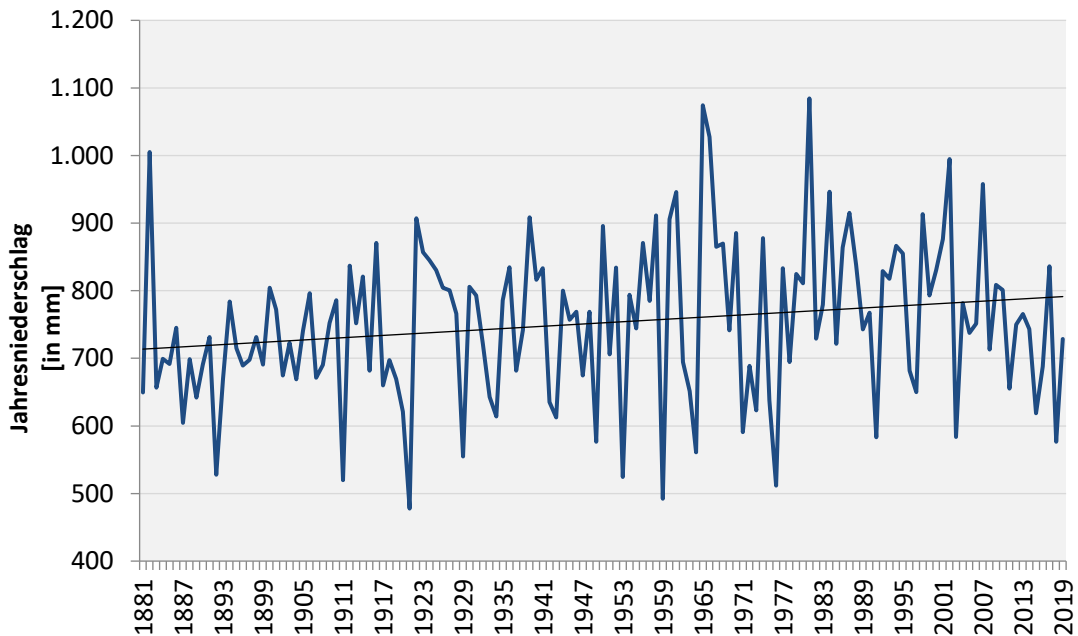
Abbildung 46: Jahresmitteltemperatur in Hessen [in °C]

Quelle: HLNUG (2021)¹⁶⁰, eigene Darstellung

Die Erhöhung der Mitteltemperatur wirkt sich wiederum auf die Niederschlagsmengen sowie deren regionale Verteilung aus. In Hessen wird prognostiziert, dass sich die Niederschläge vermehrt in den Herbst und Winter verschieben werden. Eine solche Verschiebung hat weitreichende Folgen für die Flora und Fauna und dementsprechend auch für den Menschen sowie die Land- und Forstwirtschaft. Gehen etwa die steigenden Temperaturen im Sommer nicht mit einer entsprechenden Erhöhung der Niederschlagsmengen einher, kann dies vermehrt zu Trockenheit führen. Genau dieser Trend scheint sich bisher abzuzeichnen. Seit 1881 werden die Niederschlagsmengen in Hessen gemessen, dabei zeigt sich, dass sich die durchschnittlichen Niederschläge im Sommer nicht erheblich verändert haben, während die Niederschlagsmengen im Winter zugenommen haben. Abbildung 47 zeigt den durchschnittlichen Jahresniederschlag seit Beginn der Aufzeichnung. Hier ist ein leicht positiver Trend erkennbar, der sich auf den Anstieg in den Wintermonaten zurückführen lässt.¹⁶¹

¹⁶⁰ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Mitteltemperatur, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/mitteltemperatur>, Stand Mai 2020.

¹⁶¹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Niederschlagshöhe, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/mittelniederschlaege>, Stand Mai 2020.

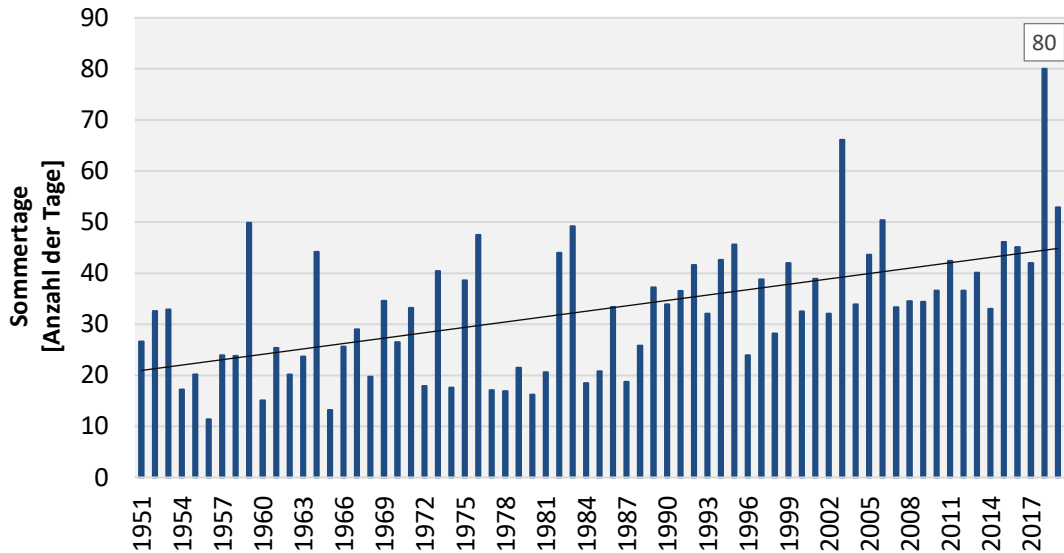
Abbildung 47: Jahresniederschlag in Hessen [in mm]

Quelle: HLNUG (2021)¹⁶², eigene Darstellung

Zusätzlich zu den bisher genannten Indikatoren im Zusammenhang mit der Temperaturentwicklung gibt es einzelne Kenntage, deren Häufigkeit pro Jahr als Referenz herangezogen werden kann. Dazu zählen etwa die Anzahl der Sommertage, der heißen Tage sowie der Frosttage pro Jahr. Abbildung 48 zeigt zunächst, wie sich die Anzahl der Sommertage von 1951 bis 2019 entwickelt hat. Als Sommertag wird dabei jeder Tag gezählt, an dem die Tageshöchsttemperatur 25 °C überschreitet. Im langfristigen Trend kann hier eindeutig eine Zunahme bei der Anzahl der Sommertage in Hessen beobachtet werden. Während sich die durchschnittliche Anzahl der Sommertage zwischen 1951 und 1980 noch auf 26 Tage pro Jahr belief, so beträgt diese zwischen 1990 und 2019 durchschnittlich 41 Tage. Ein Maximum im Beobachtungszeitraum findet man im Jahr 2018, mit insgesamt 80 Sommertagen.¹⁶³

¹⁶² HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Niederschlagshöhe, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/mit-teilniederschlaege>, Stand Mai 2020.

¹⁶³ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Meteorologische Kenntage, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/meteorologische-kenntage>, Stand Mai 2020.

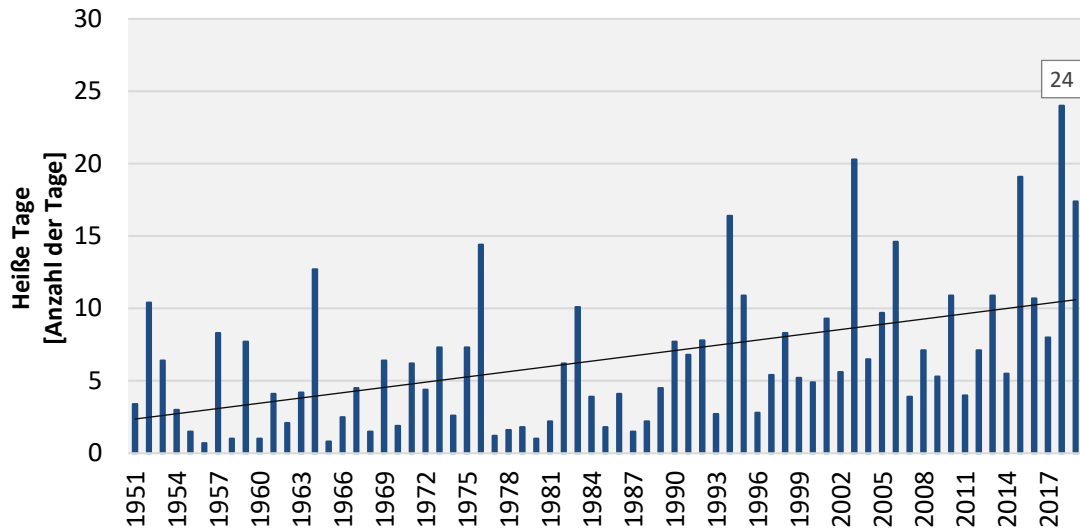
Abbildung 48: Sommertage in Hessen [Anzahl der Tage]

Quelle: HLNUG (2021)¹⁶⁴, eigene Darstellung

Heiße Tage sind all jene, an denen die Tageshöchsttemperatur sogar 30 °C überschreitet. Ein heißer Tag ist also immer auch ein Sommertag. Wie in Abbildung 49 ersichtlich, nahm auch die Anzahl der heißen Tage im Beobachtungszeitraum (seit 1951) stark zu. Im Zeitraum von 1951 bis 1980 wurden durchschnittlich vier heiße Tage pro Jahr aufgezeichnet, zwischen 1990 und 2019 sind es durchschnittlich neun Tage. Im Rekordjahr 2018 wurden insgesamt 24 heiße Tage vermerkt.¹⁶⁵

¹⁶⁴ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Meteorologische Kenntage, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/meteorologische-kenntage>, Stand Mai 2020.

¹⁶⁵ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Meteorologische Kenntage, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/meteorologische-kenntage>, Stand Mai 2020.

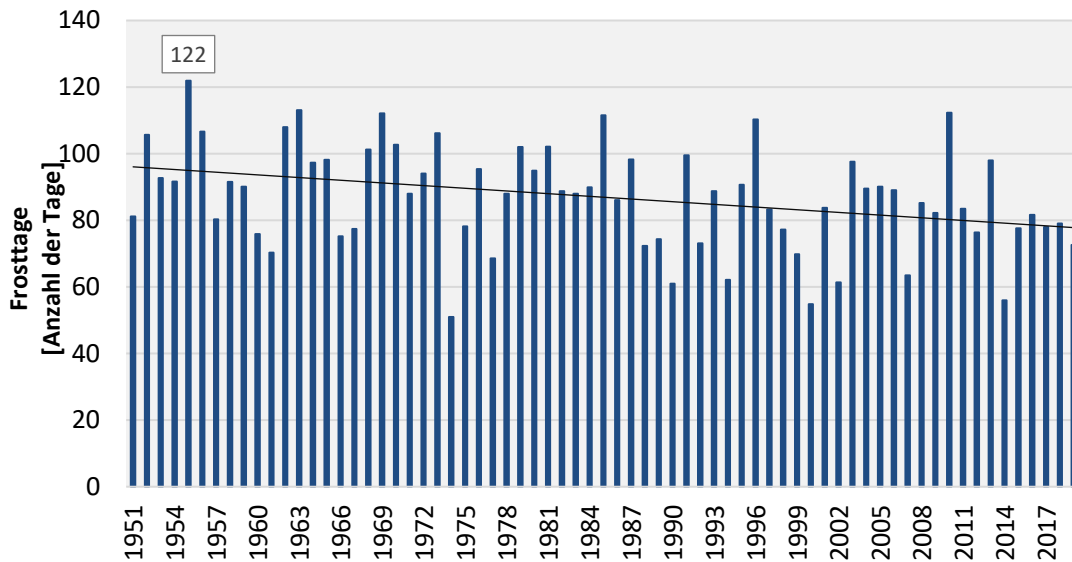
Abbildung 49: Heiße Tage in Hessen [Anzahl der Tage]

Quelle: HLNUG (2021)¹⁶⁶, eigene Darstellung

Die Anzahl der Frosttage geht entsprechend den höheren Temperaturen in Hessen hingegen deutlich zurück. Abbildung 50 zeigt die Entwicklung seit 1951 auf. Frosttage sind all jene, bei denen die Tagesmindesttemperatur unter 0 °C liegt. Im Zeitraum von 1951 bis 1980 gab es in Hessen durchschnittlich 92 Frosttage, zwischen 1990 und 2019 sind es 81. Das Jahr mit den meisten Frosttagen im Beobachtungszeitraum ist 1955, mit 122 Tagen.¹⁶⁷

¹⁶⁶ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Meteorologische Kenntage, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/meteorologische-kenntage>, Stand Mai 2020.

¹⁶⁷ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Meteorologische Kenntage, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/meteorologische-kenntage>, Stand Mai 2020.

Abbildung 50: Frosttage in Hessen [Anzahl der Tage]

Quelle: HLNUG (2021)¹⁶⁸, eigene Darstellung

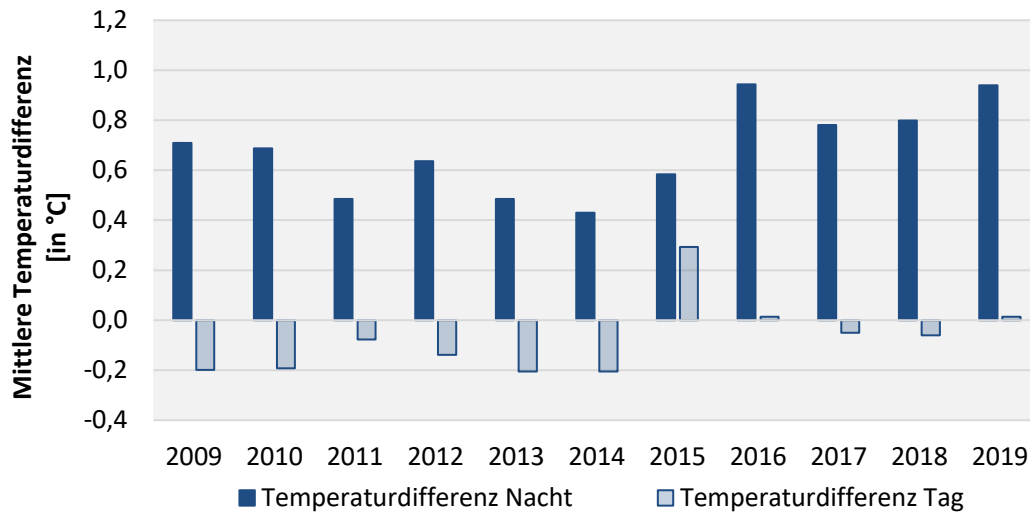
Zuletzt soll noch auf die spezielle Situation in Städten eingegangen werden. Der sogenannte „Wärmeinseleffekt“ verweist auf das Problem der Hitzeansammlung vor allem in dicht bebauten Stadtzentren. Die Erhitzung hängt mit städtebaulichen Faktoren, mit der durch die Energienutzung generierten Abwärme sowie auch mit mangelndem Luftaustausch zusammen. Dabei ist der Wärmeinseleffekt keine direkte Folge des Klimawandels, wird durch die steigenden Temperaturen aber womöglich verstärkt. Gemessen wird der Wärmeinseleffekt immer in der Relation zwischen einem dicht bebauten Stadtkern und dessen wenig bebautem Umfeld. Für Hessen wird als Referenz die Großstadt Frankfurt am Main und als dessen Umland der Frankfurter Flughafen herangezogen.

Abbildung 51 zeigt den Wärmeinseleffekt zwischen 2009 und 2019 als Temperaturdifferenz in der Nacht sowie am Tag an. Die Daten weisen dabei jedoch – entgegen den Erwartungen – keinen ausgeprägten Wärmeinseleffekt auf. Allerdings wird vonseiten des HLNUG darauf verwiesen, dass es sich um nicht ideale Messstandorte handelt: Einerseits ist die Umgebung des Frankfurter Flughafens durch die weitläufigen Asphaltflächen anfällig für einen Wärmestau, andererseits ist die Messstation in der Stadt in einem eher weniger dicht bebauten Gebiet mit

¹⁶⁸ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Meteorologische Kenntage, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/meteorologische-kenntage>, Stand Mai 2020.

angrenzender Grünfläche positioniert. Mangels alternativer Testdaten wird trotzdem auf diesen Standort als Referenz verwiesen. Ein längerer Beobachtungszeitraum wird hierbei hoffentlich weitere Anhaltspunkte liefern.¹⁶⁹

Abbildung 51: Wärmeinseleffekt am Beispiel Frankfurt am Main, jeweils Juni–August [mittlere Temperaturdifferenz in °C]



Quelle: HLNUG (2021)¹⁷⁰, eigene Darstellung

6.7.3 STÄRKUNG DES ANTEILS ERNEUERBARER ENERGIEN UND SENKUNG DES ENERGIEVERBRAUCHS

Erneuerbare Energien können einen erheblichen Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels leisten. Die Reduktion der Treibhausgasemissionen erfordert eine Reduktion des Energieverbrauchs und Erhöhung der Energieeffizienz.

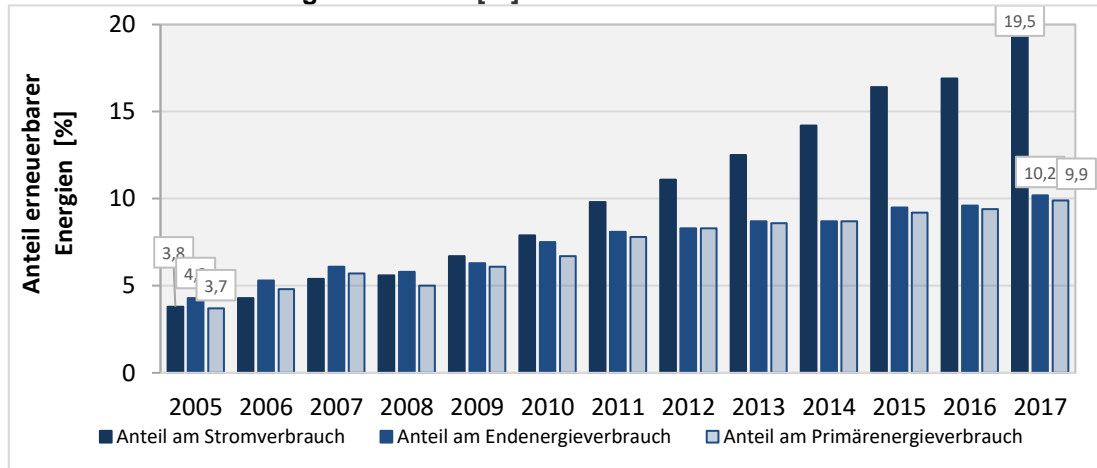
Der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch ist über die Jahre von 2005 bis 2017 stetig gestiegen. Er erreicht im Jahr 2017 seinen Höhepunkt – in diesem Jahr wurden 19,5 % des Stromverbrauchs in Hessen mit erneuerbaren Energien gedeckt. Ein Aufwärtstrend lässt sich auch in der Entwicklung der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch als auch am Primärenergieverbrauch erkennen. Jedoch ist hier die Zunahme in den letzten

¹⁶⁹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Häufigkeit und Intensität von Wärmeinselsituationen am Beispiel „Frankfurt am Main“, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/staedtische-waermeinsel>, Stand März 2020.

¹⁷⁰ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Klimafolgenindikatoren Hessen – Häufigkeit und Intensität von Wärmeinselsituationen am Beispiel „Frankfurt am Main“, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/klimafolgenindikatoren-hessen/staedtische-waermeinsel>, Stand März 2020.

Jahren nicht so stark ausgefallen wie im Stromverbrauch. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch und der Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch liegen im Jahr 2017 in etwa gleich auf, nämlich bei ca. 10 % (vgl. Abbildung 52)¹⁷¹.

Abbildung 52: Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch, Endenergieverbrauch und Primärenergieverbrauch [%]



Quelle: LIKI (2021)¹⁷² und HLNUG (2021)¹⁷³, eigene Darstellung

Des Weiteren ist ebenso ein Aufwärtstrend und damit eine Verbesserung in der Energieproduktivität über die Jahre von 1991 bis 2017 zu erkennen. Die Energieproduktivität wird im Verhältnis des Bruttoinlandsprodukts zum Endenergieverbrauch angegeben. Durch eine nähere Betrachtung der Abbildung 53 lässt sich erkennen, dass die Energieproduktivität bis 2010 gestiegen ist, in den letzten Jahren seit 2011 aber tendenziell stagniert¹⁷⁴.

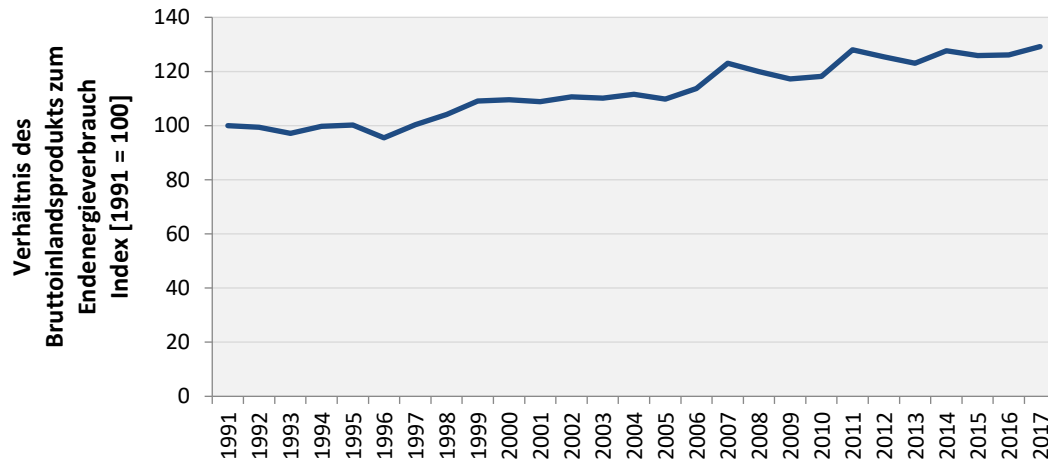
¹⁷¹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Erneuerbare Energien <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/erneuerbare-energien>, Stand Juli 2020.

¹⁷² LIKI (2020): A4 Erneuerbare Energien, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=608&aufzu=1&mode=indi>, Stand August 2020.

¹⁷³ HLNUG (2020): Umweltindikatoren Hessen – Erneuerbare Energien <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/erneuerbare-energien>, Stand Juli 2020.

¹⁷⁴ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Energieproduktivität, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/energieproduktivitaet>, Stand Juli 2020.

Abbildung 53: Verhältnis des Bruttoinlandsprodukts zum Endenergieverbrauch Index [1991 = 100]



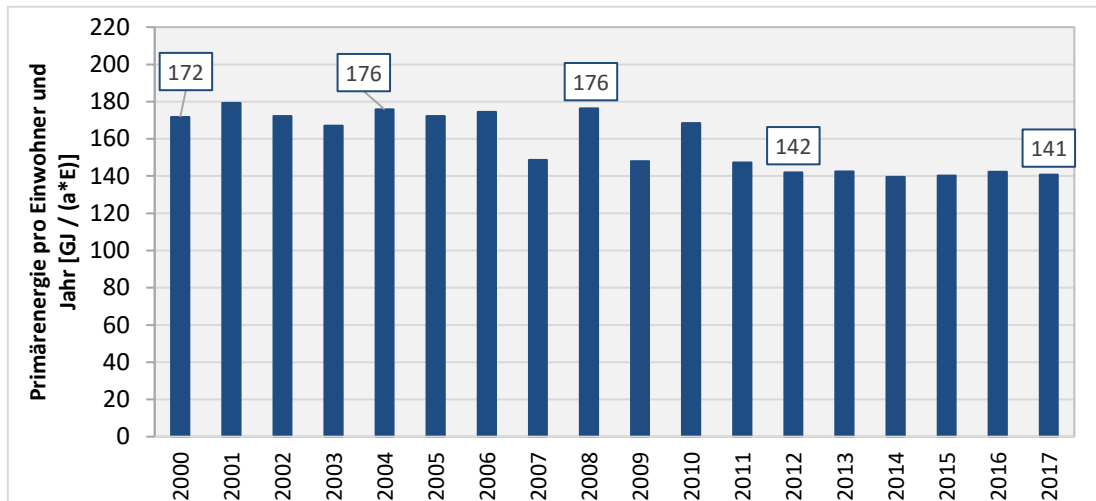
Quelle: LIKI (2021)¹⁷⁵ und HLNUG (2021)¹⁷⁶, eigene Darstellung

Auch der einwohnerbezogene Primärenergieverbrauch hat sich über die Zeitreihe von 2000 bis 2017 verbessert bzw. verringert. Seit dem Jahr 2012 stagniert jedoch der Primärenergieverbrauch je Einwohner. Abbildung 55 zeigt zusätzlich den Primärenergieverbrauch absolut in Petajoule pro Jahr (PJ/a) über die Jahre 2014 bis 2017. In diesen vier Jahren gibt es keinen maßgeblichen Trend, denn der Primärenergieverbrauch schwankt lediglich zwischen 847,2 und 881,3 PJ/a¹⁷⁷.

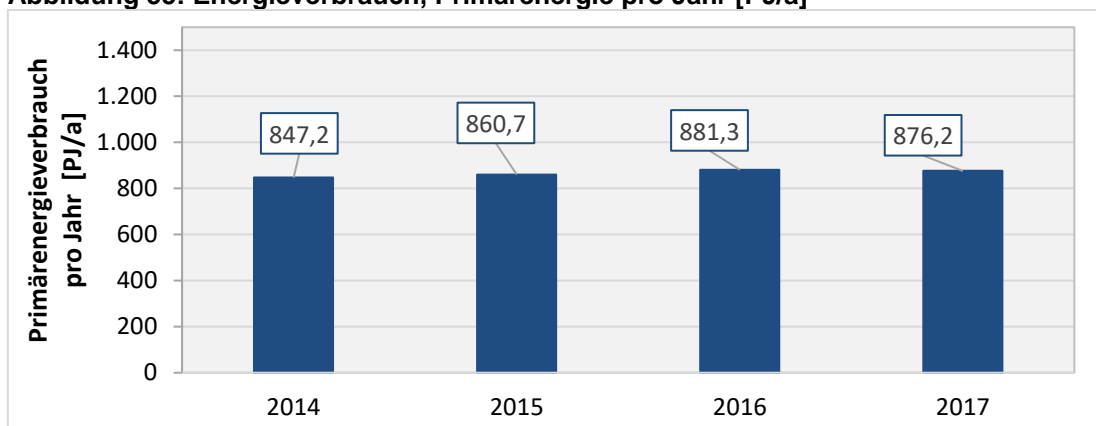
¹⁷⁵ LIKI (2021): A3 Energieproduktivität, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=2&aufzu=4&mode=indi>, Stand Juli 2020.

¹⁷⁶ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Energieproduktivität, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/energieproduktivitaet>, Stand Juli 2020.

¹⁷⁷ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Energieverbrauch, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/energieverbrauch>, Stand Juli 2020.

Abbildung 54: Primärenergieverbrauch, einwohnerbezogen [GJ/(a*E)]

Quelle: LIKI (2021)¹⁷⁸ und HLNUG (2021)¹⁷⁹, eigene Darstellung

Abbildung 55: Energieverbrauch, Primärenergie pro Jahr [PJ/a]

Quelle: LIKI (2021)¹⁸⁰ und HLNUG (2021)¹⁸¹, eigene Darstellung

¹⁷⁸ LIKI (2021): D5 Energieverbrauch, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=3&aufzu=1&mode=indi>, Juli 2020.

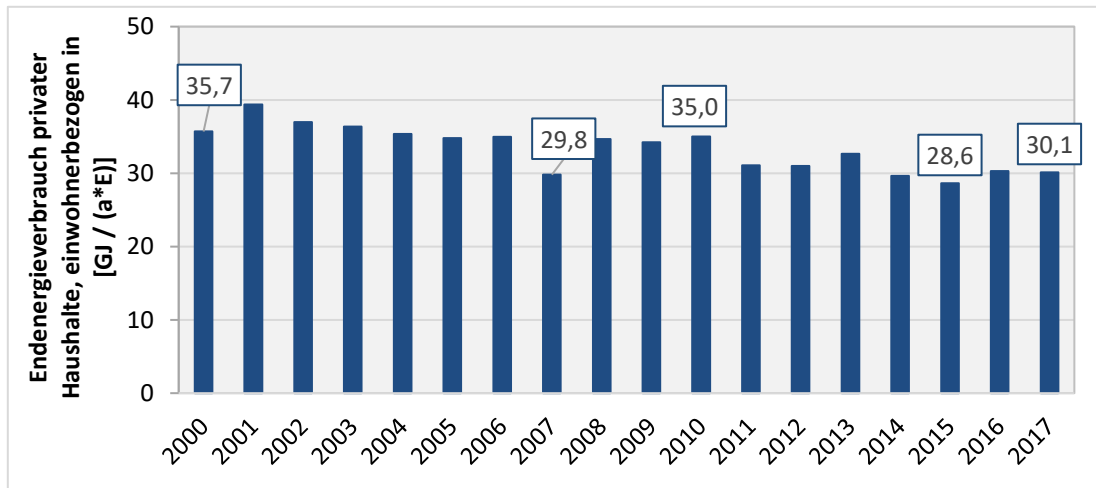
¹⁷⁹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Energieverbrauch, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/energieverbrauch>, Stand Juli 2020.

¹⁸⁰ LIKI (2021): D5 Energieverbrauch, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=3&aufzu=1&mode=indi>, Juli 2020.

¹⁸¹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Energieverbrauch, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/energieproduktivitaet>, Stand Juli 2020.

Zuletzt wird hinsichtlich des Schutzgutes Klima der Indikator Endenergieverbrauch privater Haushalte betrachtet. Hinsichtlich des einwohnerbezogenen Endenergieverbrauchs privater Haushalte zeigt sich von 2000 bis 2017 kein signifikanter Abwärtstrend, sondern eher eine Stagnierung. Innerhalb der letzten vier Jahre von 2014 bis 2017 ist ebenso eine Stagnierung im absoluten Energieverbrauch privater Haushalte zu beobachten. Im Jahr 2017 lag der absolute Energieverbrauch privater Haushalte bei 187.669 Terrajoule (TJ) pro Jahr (vgl. Abbildung 57 und Abbildung 58). Dem qualitativen Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie, den Endenergieverbrauch der privaten Haushalte kontinuierlich abzusenken, muss noch stärker nachgegangen werden¹⁸².

Abbildung 56: Endenergieverbrauch privater Haushalte, einwohnerbezogen [GJ/(a*E)]

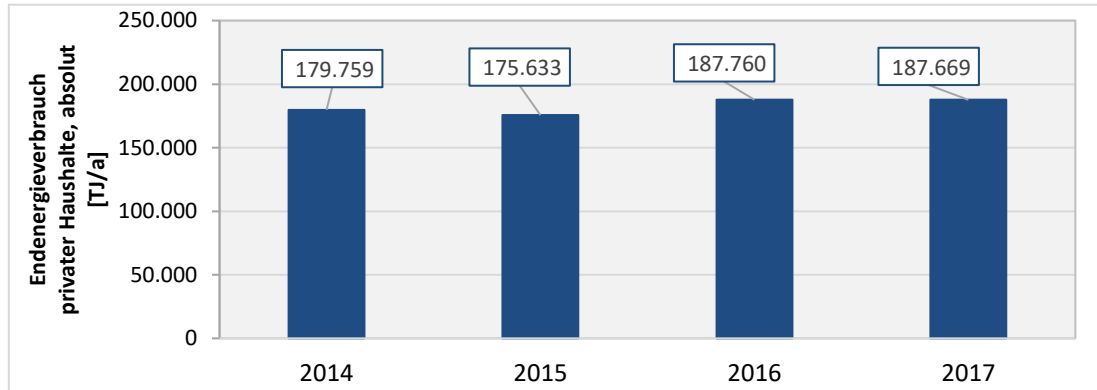


Quelle: LIKI (2021)¹⁸³ und HLNUG (2021)¹⁸⁴, eigene Darstellung

¹⁸² HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Energieverbrauch, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/energieverbrauch>, Stand Juli 2020.

¹⁸³ LIKI (2021): D5 Energieverbrauch, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=3&aufzu=1&mode=indi>, Juli 2020.

¹⁸⁴ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Energieverbrauch, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/energieverbrauch>, Stand Juli 2020.

Abbildung 57: Endenergieverbrauch privater Haushalte, absolut [TJ/a]

Quelle: LIKI (2021)¹⁸⁵ und HLNUG (2021)¹⁸⁶, eigene Darstellung

Tabelle 19: Bewertung des Schutzgutes Klima – Nullvariante

Schutzgut	Primäres Ziel	Indikator	Nullvariante
Klima und Energie	Reduktion der Treibhausgasemissionen	Senkung des Indexes der Treibhausgasemissionen auf 50 im Jahr 2030 [IW in Messzahlen; 1990 = 100]	0
		Energiebedingte Kohlendioxidemissionen, einwohnerbezogen [t/(E*a)]	+
		Kraftstoffbedingte Kohlendioxidemissionen des Verkehrs, einwohnerbezogen [t/(E*a)]	0
		Kraftstoffbedingte Kohlendioxidemissionen des Verkehrs, absolut (mit gesonderter Darstellung des Anteils aus dem internationalen Luftverkehr) [1.000 t/a]	
	Klimaanpassung	Beginn der Apfelblüte [Tag des Jahres]	-
		Dauer der Vegetationsperiode [d]	-
		Beginn der Hasel [Tag des Jahres]	-
Hitzewarntage [Tage pro Jahr]		-	
	Termine Austrieb und Blühbeginn der Weinreben vom Referenzweinberg [Abweichung in Tagen]	-	

¹⁸⁵ LIKI (2021): D5 Energieverbrauch, <https://www.lanuv.nrw.de/likl/index.php?indikator=3&aufzu=1&mode=indi>, Juli 2020.

¹⁸⁶ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Energieverbrauch, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/energieverbrauch>, Stand Juli 2020.

Schutzgut	Primäres Ziel	Indikator	Nullvariante
		Weininhaltsstoffe des Rieslings zur Lese [Mostgewicht in Grad Oechsle]	-
		Wärmesumme nach Huglin für Geisenheim [Huglin-Index]	-
		Mittlere Anzahl der Tage mit Hitzestress für Geflügel [Anzahl Tage pro Jahr]	-
		Abweichung des jährlichen Ertrags [in dt/ha] vom durchschnittlichen Ertrag der jeweils vorangegangenen sechs Jahre [%]	-
		Mittlere Häufigkeit der klimawandelanzeigenden Flechten auf Dauerbeobachtungsflächen	-
		Mittelwert Kanadischer Waldbrandindex [Anzahl Tage]	-
		Mortalitäten in hessischen Wäldern [%]	-
		Insektenschäden an Eichen der Eichenfraßgesellschaft [Anteil der Eichen mit jeweiliger Schadstufe]	-
		Hochwasserdauer [Anzahl Tage pro Jahr]	0
		Halbjahres-Abflussregime [%]	
		Niedrigwassertage [Tage-Index]	
		Lufttemperatur in Hessen als Jahresmittelwert [°C]	-
		Jahresniederschlag Hessen [mm]	X
		Anzahl der Sommertage [Anzahl Tage pro Jahr]	-
		Anzahl der heißen Tage [Anzahl Tage pro Jahr]	
		Anzahl der Frosttage [Anzahl Tage pro Jahr]	
	Wärmeineffekt mittlere Temperaturdifferenz [°C]	-	
Stärkung des Anteils erneuerbarer	Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch [%]	Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch [%]	+

Schutzgut	Primäres Ziel	Indikator	Nullvariante
	Energien und Senkung des Energieverbrauchs	Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch [%]	
		Verhältnis des Bruttoinlandsprodukts zum Endenergieverbrauch (Index) [1991 = 100]	0
		Primärenergieverbrauch, einwohnerbezogen [GJ/(a*E)]	+
		Primärenergieverbrauch, absolut [PJ/a]	
		Endenergieverbrauch des Sektors private Haushalte, absolut [TJ/a]	0
		Endenergieverbrauch des Sektors private Haushalte, einwohnerbezogen [GJ/E*a]	
Qualitatives Ziel Nachhaltigkeitsstrategie: Endenergieverbrauch der privaten Haushalte kontinuierlich absenken			

Quelle: eigene Darstellung

6.8 NATÜRLICHE RESSOURCEN

Natürliche Ressourcen sind durch ihre nicht endliche Verfügbarkeit charakterisiert. Gemäß der Ressourcenschutzstrategie Hessen zählen zu den natürlichen Ressourcen biotische und abiotische Rohstoffe, Wasser, Fläche sowie Boden, Luft als auch Klima und biologische Vielfalt. Ebenso werden strömende Ressourcen wie Wind-, Wasser-, Erdwärme- und Sonnenenergie zu den natürlichen Ressourcen gezählt. Unsere Lebensqualität und der Konsum beruhen auf der Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen. Durch den exponentiellen Anstieg in der Nutzung natürlicher Ressourcen über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg nehmen die Umweltbelastungen zu, während die Regenerationsfähigkeit der Erde bereits überschritten ist¹⁸⁷¹⁸⁸.

6.8.1 REDUKTION DES ABFALLAUFKOMMENS

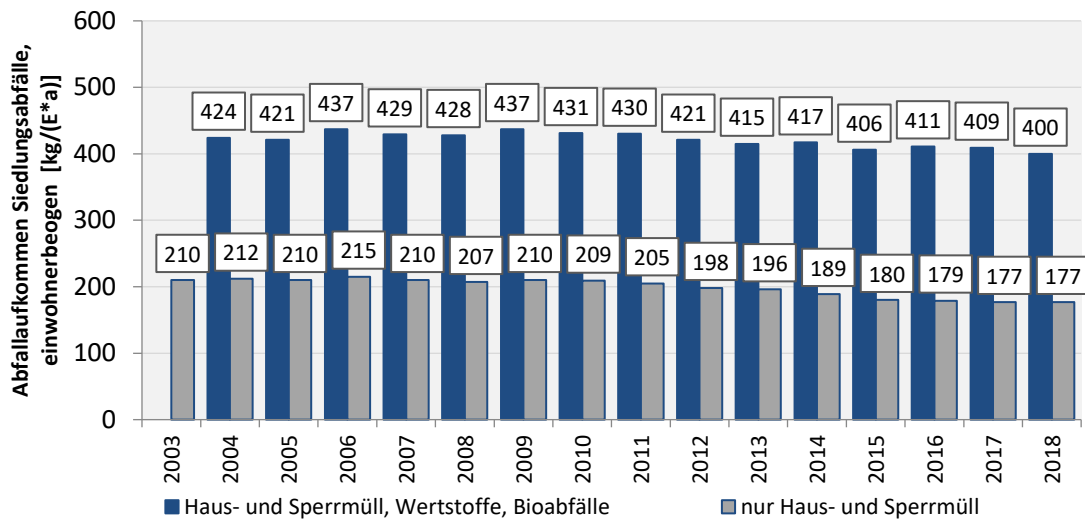
Die Reduktion des Abfallaufkommens kann einen wichtigen Beitrag zum Schutz natürlicher Ressourcen leisten. Abbildung 58 zeigt die Entwicklung des Abfallaufkommens hinsichtlich des Haus- und Sperrmülls sowie des Haus- und Sperrmülls inklusive Wertstoffe und Bioabfälle über die Jahre von 2003 bis 2018. Das Abfallaufkommen in der Grafik wird in Kilogramm pro Einwohner und Jahr (kg/(E*a)) angegeben und ist damit einwohnerbezogen. Werden Haus-

¹⁸⁷ Vgl. Umweltbundesamt (2021g).

¹⁸⁸ Vgl. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2018a).

und Sperrmüll separat betrachtet, so erkennt man bis zum Jahr 2009 eine Stagnierung des Abfallaufkommens bzw. einen leichten Anstieg. Ab dem Jahr 2009 hat das einwohnerbezogene Abfallaufkommen kontinuierlich abgenommen. Vom Jahr 2017 bis 2018 ist der Wert bei 177 kg/(E*a) stagniert. Im Hinblick auf das Abfallaufkommen von Haus- und Sperrmüll inklusive Wertstoffe und Bioabfälle ist eine ähnliche Zeitreihe zu beobachten. Seit 2008 ist ein rückläufiger Trend des Haus- und Sperrmülls inklusive Wertstoffe und Bioabfälle zu sehen, wobei im Jahr 2018 das niedrigste Niveau erreicht wurde, nämlich 400 Kilogramm pro Einwohner^{189/190}.

Abbildung 58: Abfallaufkommen ausgewählter Siedlungsabfälle, einwohnerbezogen [kg/(E*a)]



Quelle: LIKI (2021)¹⁹¹ und HLNUG (2021)¹⁹², eigene Darstellung

*Bezüglich Haus- und Sperrmülls, Wertstoffen und Bioabfällen im Jahr 2003 sind keine Daten vorliegend.

¹⁸⁹ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Abfallaufkommen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/siedlungsabfaelle>, Stand Juli 2020.

¹⁹⁰ LIKI (2021): D3 Abfallaufkommen, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=17&aufzu=4&mode=indi>, Stand Juli 2020.

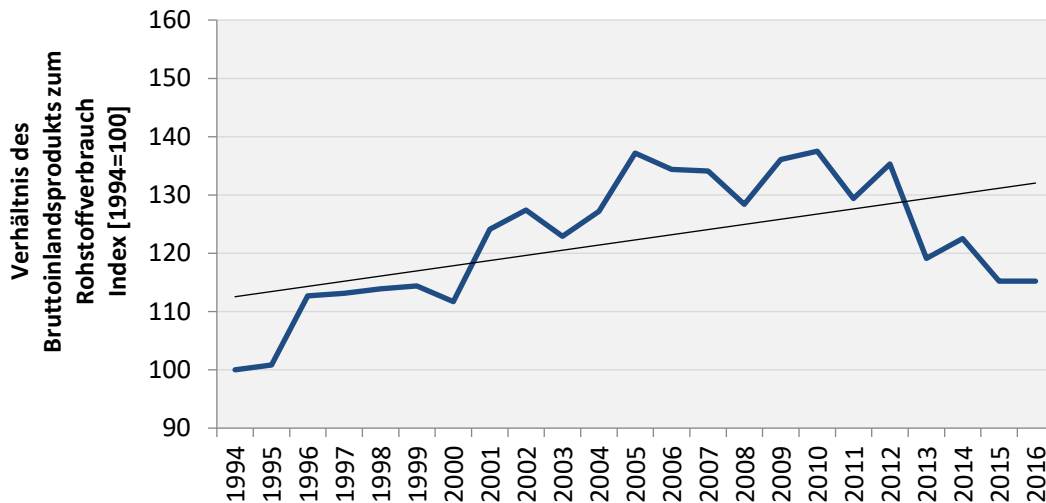
¹⁹¹ LIKI (2021): D3 Abfallaufkommen, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=17&aufzu=4&mode=indi>, Stand Juli 2020.

¹⁹² HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Abfallaufkommen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/siedlungsabfaelle>, Stand Juli 2020.

6.8.2 RESSOURCENSCHONUNG

Hinsichtlich des Umweltschutzziels Ressourcenschonung wird der Indikator der Rohstoffproduktivität in Hessen betrachtet. Die Rohstoffproduktivität gibt das Verhältnis des Bruttoinlandsprodukts zum Rohstoffverbrauch an. Abbildung 59 illustriert die Rohstoffproduktivität zum Index 100 % im Jahr 1994 im Zeitverlauf von 1994 bis 2016. Die Rohstoffproduktivität zeigt bis 2010 einen Aufwärtstrend und damit eine Verbesserung im Sinne dieses Schutzgutes. Es zeigen sich aber wiederholt temporäre Schwankungen. Seit dem Jahr 2011 ist die Rohstoffproduktivität jedoch leicht rückläufig, was eine Verschlechterung im Sinne des Schutzgutes bedeutet. Vom Jahr 2015 auf 2016 ist der Wert auf einem Niveau von 115,2 stagniert¹⁹³.

Abbildung 59: Rohstoffproduktivität: Verhältnis des Bruttoinlandsprodukts zum Rohstoffverbrauch Index [1994=100]



Quelle: LIKI (2021)¹⁹⁴ und HLNUG (2021)¹⁹⁵, eigene Darstellung

¹⁹³ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Rohstoffproduktivität, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/rohstoffproduktivitaet>, Stand Juli 2020.

¹⁹⁴ LIKI (2021): D6 Rohstoffproduktivität, <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=15&aufzu=4&mode=indi>, Stand Mai 2020.

¹⁹⁵ HLNUG (2021): Umweltindikatoren Hessen – Rohstoffproduktivität, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/rohstoffproduktivitaet>, Stand Juli 2020.

Tabelle 20: Bewertung des Schutzgutes natürliche Ressourcen – Nullvariante

Schutzgut	Primäres Ziel	Indikator	Nullvariante
Natürliche Ressourcen	Reduktion des Abfallaufkommens	Aufkommen ausgewählter Siedlungsabfälle (Haus- und Sperrmüll), einwohnerbezogen [kg/(E*a)] Aufkommen ausgewählter Siedlungsabfälle (Haus- und Sperrmüll sowie getrennt erfasste Wertstoffe aus Haushalten und Bioabfälle), einwohnerbezogen [kg/(E*a)]	+
	Ressourcenschonung	Verhältnis des Bruttoinlandsprodukts zum Rohstoffverbrauch Index [1994=100]	-

Quelle: eigene Darstellung

VORAUSSICHTLICHE UMWELTWIRKUNGEN DES OPERATIONELLEN PROGRAMMS

7.1 METHODIK

Gemäß § 40 Abs. 2 Nr. 5 UVPG werden die geplanten Förderprogramme des EFRE-OP 2021–2027 im Zuge der Erstellung des Umweltberichts auf ihre voraussichtlichen erheblichen Auswirkungen überprüft. Um die voraussichtlichen Umweltwirkungen des Operationellen Programms zu bewerten, wird abgeklärt, inwiefern durch die Umsetzung des Programms der Umweltzustand der Nullvariante (und damit ein Ausbleiben des Programms) beeinflusst wird.

Der vorliegende Umweltbericht stützt sich auf das OP des Landes Hessen („Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) Operationelles Programm des Landes Hessen Förderperiode 2021 bis 2027“), Entwurf vom 15. November 2021.

Dabei gilt zu berücksichtigen, dass entsprechend dem Programmcharakter konkrete Umsetzungen zum derzeitigen Stand nicht bekannt sind und die Auswirkungen lediglich auf Ebene des Förderprogramms bewertet werden können. Im Zuge der Abschichtung sind in Abhängigkeit von den konkreten Projekterfordernissen zusätzlich zur Strategischen Umweltprüfung auch weitere Prüfungen (z.B. Umweltverträglichkeitsprüfung, Genehmigungsverfahren im Denkmalschutz, Prüfungen im Zuge des BNatSchG bzw. des BauGB sowie entsprechend der FFH-Richtlinie) durchzuführen. Die Bewertung orientiert sich demnach an einer qualitativen Analyse und bildet potenzielle Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung ab. Im Allgemeinen liegt der Fokus auf der Bewertung von Maßnahmen, bei denen mit stärkeren Umweltwirkungen zu rechnen ist. Dazu zählen beispielsweise investive Maßnahmen, während bei Dienstleistungen (z.B. Beratungsleistungen) geringere Umweltwirkungen zu erwarten sind. Sind investive Maßnahmen hingegen zeitlich stark eingegrenzt (z.B. Bau- und Errichtungsphase), finden diese temporären Wirkungen in der nachfolgenden Bewertung keinen Eingang. Berücksichtigt werden sowohl direkte Effekte (d.h. jene Effekte, die auf die Umsetzung der Maßnahmen zurückzuführen sind) als auch indirekte Effekte, die sich als Folgewirkungen ergeben.

Die Bewertung der direkten Effekte erfolgt tabellarisch und orientiert sich an der Bewertungsskala gemäß Tabelle 21, welche Auskunft über die im Zuge der SUP anzuwendende, ordinale Bewertungsskala gibt. Im Allgemeinen sind Abstufungen zwischen „erheblich positive Auswirkungen“ (++) bis hin zu „erheblich negative Auswirkungen“ (--) möglich. Kann keine Abschätzung der Umweltwirkungen vorgenommen werden (z.B. Fehlen von entsprechend detaillierten Programminformationen, Daten nicht vorhanden), erfolgt über den Buchstaben „X“ die Kennzeichnung, dass keine Bewertung möglich ist. Mögliche indirekte Effekte werden textlich erfasst.

Tabelle 21: Bewertungsskala Programmauswirkungen

++	Erheblich positive Auswirkungen
+	Positive Auswirkungen
0	keine/vernachlässigbare Auswirkungen
-	Negative Auswirkungen
--	Erheblich negative Auswirkungen
X	Bewertung nicht möglich

Quelle: Eigene Darstellung

Treten im Zuge der Analyse auf Maßnahmenebene negative Umweltwirkungen auf, werden Empfehlungen zur Verminderung oder Vermeidung abgegeben bzw. allenfalls Alternativen sowie Maßnahmen ausgesprochen, wie positive Umweltwirkungen verstärkt werden können (§ 40 UVPG Abs. 2 Nr. 6).

7.2 VORAUSSICHTLICHE UMWELTWIRKUNGEN DES POLITISCHEN ZIELS 1

Das Politische Ziel 1 „Ein wettbewerbsfähigeres und intelligenteres Europa durch die Förderung eines innovativen und intelligenten wirtschaftlichen Wandels und der regionalen IKT-Konnektivität“ adressiert insbesondere die Bereiche Forschung und Entwicklung, Innovation sowie nachhaltiges Wachstum. Dem Politischen Ziel 1 sind die Spezifischen Ziele 1.1 „Entwicklung und Ausbau der Forschungs- und Innovationskapazitäten und der Einführung fortschrittlicher Technologien“ sowie das Spezifische Ziel 1.3 „Steigerung des nachhaltigen Wachstums und der Wettbewerbsfähigkeit von KMU sowie Schaffung von Arbeitsplätzen in KMU, unter anderem durch produktive Investitionen“ zugeordnet. Beide Spezifischen Ziele sind auch der Priorität 1 zuzurechnen. In Summe sind für die Priorität 1 bzw. das Politische Ziel 1 insgesamt 331 Mio. Euro an Finanzmitteln vorgesehen, 40 % davon (132 Mio. Euro) kommen von der Europäischen Union.

Bezogen auf die insgesamt in der Förderperiode 2021–2027 veranschlagten Mittel (ohne technische Hilfe: 240 Mio. Euro Unionsunterstützung) entfällt mehr als die Hälfte (55 %) auf die erste Priorität bzw. das Politische Ziel 1.

7.2.1 SPEZIFISCHES ZIEL 1.1: ENTWICKLUNG UND AUSBAU DER FORSCHUNGS- UND INNOVATIONSKAPAZITÄTEN UND DER EINFÜHRUNG FORTSCHRITTLICHER TECHNOLOGIEN

Im Zuge des Spezifischen Ziels 1.1 „Entwicklung und Ausbau der Forschungs- und Innovationskapazitäten und der Einführung fortschrittlicher Technologien“ sollen Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen sowie Unternehmen unterstützt werden, verstärkt FuE-

Tätigkeiten zu setzen, den Wissens- und Technologietransfer voranzutreiben und im nationalen und internationalen Vergleich Fortschritte zu erzielen. Das Spezifische Ziel 1 steht dabei im Einklang mit der Hessischen Innovationsstrategie 2027 (HIS2027). Handlungsbedarfe bestehen beispielsweise beim Anteil der öffentlichen Ausgaben im Bereich FuE gemessen am BIP, bei der Entwicklung der FuE-Quote sowie der Zusammenarbeit zwischen KMU und Forschungsinstitutionen.

Im Zuge des Spezifischen Ziels 1.1 werden in Hessen drei Maßnahmen gefördert:

- Förderung von Forschungsinfrastruktur und Forschungsgrößgeräten an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen,
- Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in Unternehmen,
- Förderung von Wissens- und Technologietransfer.

Im Zuge der Maßnahme „Förderung von Forschungsinfrastruktur und Forschungsgrößgeräten an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen“ werden die gezielte Anschaffung von Forschungsgrößgeräten sowie der Aufbau und Ausbau von Forschungsinfrastruktur an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen unterstützt.

Die zweite Maßnahme zielt auf die Förderung von FuE-Vorhaben in Unternehmen ab. Gefördert werden Personal- und Sachkosten sowie auch Kosten für Instrumente und Ausrüstungen. Ziel ist es, durch die Minderung der Risiken, die mit FuE-Projekten verbunden sind, verstärkt einen Anreiz für Unternehmen zu setzen, FuE-Aktivitäten durchzuführen sowie insgesamt die FuE-Intensität der Unternehmen in Hessen zu steigern. Entsprechend der HIS2027 bleibt der Förderansatz weiterhin technologieoffen und fokussiert auf neue Zukunftskompetenzfelder.

Die Maßnahme „Förderung von Wissens- und Technologietransfer“ soll dazu beitragen, dass generiertes, für Innovationen dienliches Wissen den Zugang zu Unternehmen findet, die auf Basis dessen in die Lage versetzt werden, Produkt- oder Prozessinnovationen zu generieren. Neben der Wissens- und Technologievermittlung wird dabei auch auf das Potenzial verwiesen, das sich aus der Gründungsbereitschaft aus dem Bereich der Hochschulen und Forschungseinrichtungen ergibt. Gefördert werden sowohl Personal- als auch Sachkosten, Kosten für Instrumente und Ausrüstungen sowie Gebäude/Grundstücke.

Umweltwirkungen

Die Maßnahmen des Spezifischen Ziels 1.1 zielen vorrangig auf die Förderung von Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsaktivitäten ab. Es ist mit keinen erheblichen direkten Wirkungen auf die Schutzgüter zu rechnen. Dabei muss festgehalten werden, dass aufgrund des allgemeinen Programmcharakters zum aktuellen Zeitpunkt keine Informationen zu den geförderten Projekten vorliegen. Indirekte positive Effekte können sich beispielsweise durch die Anwendung der Forschungsergebnisse ergeben (z.B. geht die Steigerung der Energieeffizienz durch Innovationsaktivitäten mit positiven Wirkungen des Schutzgutes „Klima und Energie“ einher).

Werden hingegen neue Arbeitsplätze geschaffen und geht damit lokal ein verstärktes Verkehrsaufkommen einher, ist mit negativen Effekten auf das Schutzgut „menschliche Gesund-

heit“, „Luft“ bzw. das Schutzgut „Klima und Energie“ zu rechnen. Neubauaktivitäten (z.B. Maßnahme „Förderung von Wissens- und Technologietransfer“) auf der „grünen Wiese“ erhöhen den Flächenverbrauch und wirken sich damit negativ auf das Schutzgut „Boden, Fläche“ aus.

Im Zusammenhang mit den Maßnahmen sind keine erheblichen grenzüberschreitenden Auswirkungen zu erwarten.

Tabelle 22: Potenzielle Wirkungen Spezifisches Ziel 1.1

Maßnahme	Schutzgüter								
	Menschliche Gesundheit		Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)	Boden, Fläche	Kulturelles Erbe und Landschaftsbild	Wasser	Luft	Klima und Energie	Natürliche Ressourcen
	Lärm	Erholungsflächen							
Förderung von Forschungsinfrastruktur und Forschungsgroßgeräten an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in Unternehmen	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Förderung von Wissens- und Technologietransfer	0	0	0	0/-	0	0	0	0	0

Quelle: Eigene Darstellung

Alternativen zur Verbesserung bzw. zum Ausgleich etwaiger negativer Umweltwirkungen

Allgemein kann festgehalten werden, dass mit der Umsetzung der Maßnahmen im Zuge des Spezifischen Ziels 1.1 keine erheblichen Auswirkungen auf die Umwelt einhergehen. Dabei gilt zu berücksichtigen, dass entsprechend dem Programmcharakter konkrete Umsetzungen (sowohl inhaltlich als auch räumlich) aktuell noch nicht bekannt sind. Um etwaige negative Umweltauswirkungen (z.B. bei Neubauaktivitäten) zu minimieren, sollte bei der Projektauswahl der Fokus auf Faktoren wie die Vermeidung eines Neubaus auf der „grünen Wiese“ gelegt werden. Eine verstärkte Fokussierung der Förderungsaktivitäten auf Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsaktivitäten im Bereich der Energie- und Ressourceneffizienz sowie der Vermeidung von THG-Emissionen kann indirekte, positive Effekte bedingen und wird angeregt.

7.2.2 SPEZIFISCHES ZIEL 1.3: STEIGERUNG DES NACHHALTIGEN WACHSTUMS UND DER WETTBEWERBSFÄHIGKEIT VON KMU SOWIE SCHAFFUNG VON ARBEITSPLÄTZEN IN KMU, UNTER ANDEREM DURCH PRODUKTIVE INVESTITIONEN

Im Rahmen des Spezifischen Ziels 1.3 „Steigerung des nachhaltigen Wachstums und der Wettbewerbsfähigkeit von KMU sowie Schaffung von Arbeitsplätzen in KMU, unter anderem durch produktive Investitionen“ wird auf die Herausforderung im Hinblick auf die demografische Entwicklung sowie den damit einhergehenden prognostizierten Fachkräftemangel eingegangen. Nachfolgende Maßnahmen sollen auch vor dem Hintergrund der prognostizierten demografischen Veränderung das Wachstumspotenzial und die Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig fördern:

- Förderung der Gründungsbereitschaft und des Unternehmertums,
- Förderung von Investitionen und technologischer Modernisierung in KMU,
- Förderung von Überbetrieblichen Berufsbildungsstätten.

Im Rahmen der Maßnahme „Förderung der Gründungsbereitschaft und des Unternehmertums“ werden diverse Maßnahmen in nicht-investiver Form (z.B. Veranstaltungen, Workshops, Businessplanwettbewerbe etc.) gefördert. Die zweite Maßnahme zielt insbesondere auf KMU und hier wiederum auf die Unterstützung bei der Einführung von neuen Produktionstechnologien sowie der Modernisierung des technologischen Bestands ab. Es werden lediglich Unternehmen unterstützt, die den strukturschwachen Gebieten zuzuordnen sind und die im Wettbewerb mit anderen Regionen stehen. Die Maßnahme zielt darauf ab, bereits bestehende Arbeitsplätze zu sichern oder langfristige Arbeitsplätze zu schaffen. Gefördert werden beispielsweise Investitionen zur Neuansiedlung einer Betriebsstätte bzw. Unternehmensneugründungen in einer strukturschwachen Region, ebenso wie Betriebsstättenerweiterungen oder die Anpassung/Modernisierung von Produktionsverfahren. Im Zuge der Maßnahme wird die Anschaffung von betriebsnotwendigem Sachanlagevermögen (z.B. Maschinen, Anlagen, Bauten etc.) gefördert.

Vor dem Hintergrund der Transformation zu einer nachhaltigen und digitalen Wirtschaft wird auf die Relevanz der Verfügbarkeit von gut ausgebildeten Fachkräften verwiesen. Die Maßnahme „Förderung von Überbetrieblichen Berufsbildungsstätten“ zielt darauf ab, überbetriebliche Bildungszentren als eine Säule im Bereich der dualen Ausbildung zu unterstützen. Im Konkreten werden über das Förderprogramm überbetriebliche Berufsbildungsstätten des Handwerks beim Ausbau und der Modernisierung der technischen Ausstattung sowie die weitere Entwicklung zu Kompetenzzentren unterstützt. Gefördert werden die technische Ausstattung, die Einrichtungen selbst (sowohl Errichtung als auch Modernisierung) sowie die Modernisierung der IKT-Ausstattung.

Umweltwirkungen

Die Maßnahme zur Förderung der Gründungsbereitschaft und des Unternehmertums sieht nicht-investive Maßnahmen vor. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass mit der Umsetzung der Fördermaßnahme keine erheblichen Auswirkungen auf die Umwelt

einhergehen. Die Maßnahme zur Förderung von Investitionen und der technologischen Modernisierung von KMU sieht investive Fördermaßnahmen vor. Dabei werden sowohl Investitionen in Anlagen und Maschinen gefördert, wie auch Bauten selbst. In Abhängigkeit der geförderten Projekte können einzelne Schutzgüter negativ beeinträchtigt werden. Beispielsweise kann die verstärkte Schaffung von Arbeitsplätzen mit einem erhöhten Verkehrsaufkommen einhergehen, was wiederum zu einer verstärkten Lärmbelastung beitragen kann (Schutzgut „Menschliche Gesundheit“). Damit können auch negative Auswirkungen auf die Schutzgüter „Klima und Energie“ sowie „Luft“ einhergehen. Werden bestehende Betriebsstätten erweitert oder neue geschaffen, und erfolgt dies auf der „grünen Wiese“, steigt die Flächeninanspruchnahme weiter an, wodurch das Schutzgut „Boden, Fläche“ (und bei entsprechend sensiblen Gebieten auch die biologische Vielfalt) negativ beeinflusst wird.

Geht mit dem Ausbau der Bildungszentren eine Neuinanspruchnahme von Flächen einher (z.B. Errichtung neuer Gebäude), wird das Schutzgut „Boden, Fläche“ negativ beeinträchtigt. Bei neuen Bauaktivitäten ist auch eine mögliche Beeinträchtigung des Schutzgutes „Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume) zu berücksichtigen. Die Modernisierung der (IKT-) Ausstattung kann mittelfristig zu einem geringeren Materialeinsatz bzw. erhöhter Produktivität führen. Die Auswirkungen auf den Energieverbrauch lassen sich nicht eindeutig bemessen.

Im Zusammenhang mit den Maßnahmen sind keine erheblichen grenzüberschreitenden Auswirkungen zu erwarten.

Tabelle 23: Potenzielle Wirkungen Spezifisches Ziel 1.3

Maßnahme	Schutzgüter								
	Menschliche Gesundheit		Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)	Boden, Fläche	Kulturelles Erbe und Landschaftsbild	Wasser	Luft	Klima und Energie	Natürliche Ressourcen
	Lärm	Erholungsflächen							
Förderung der Gründungsbereitschaft und des Unternehmertums	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Förderung von Investitionen und technologischer Modernisierung in KMU	0	0	0	0/-	0	0	0	0	0
Förderung von Überbetrieblichen Berufsbildungsstätten	0	0	0	0/-	0	0	0	X	0

Quelle: Eigene Darstellung

Alternativen zur Verbesserung bzw. zum Ausgleich etwaiger negativer Umweltwirkungen

Aufgrund der Ausgestaltung der Maßnahmen ist mit keinen erheblichen Auswirkungen auf die Umwelt zu rechnen, wobei berücksichtigt werden muss, dass konkrete Umsetzungen zum derzeitigen Stand nicht bekannt sind. Um etwaige negative Umweltwirkungen zu vermeiden bzw. zu mindern, wird angeregt, insbesondere eine Inanspruchnahme neuer Flächen weitestgehend zu vermeiden und neue Arbeitsplätze an Orten zu schaffen, die eine sehr gute öffentliche Erreichbarkeit aufweisen.

Bei der Auswahl der geförderten Projekte, insbesondere bei Neubauten, soll besonders darauf geachtet werden, dass negative Effekte auf die biologische Vielfalt sowie Denkmäler vermieden werden, auch wenn diese indirekt betroffen wären.

7.3 UMWELTWIRKUNGEN DES POLITISCHEN ZIELS 2

Das Politische Ziel 2: „Ein grünerer, CO₂-armer Übergang zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft und einem widerstandsfähigen Europa“ adressiert die Herausforderung der notwendigen Treibhausgasemissionen in den kommenden Jahrzehnten sowie die sich daraus ableitenden strukturellen Investitions- und Anpassungsbedarfe. Dem Politischen Ziel 2 sind die Priorität 2: „Ein grünerer, CO₂-armer Übergang zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft und einem widerstandsfähigen Europa“ mit den Spezifischen Zielen 2.1: „Förderung von Energieeffizienz und Verringerung von Treibhausgasemissionen“ sowie 2.3: „Entwicklung intelligenter Energiesysteme, Netze und Speichersysteme außerhalb des transeuropäischen Energienetzwerks (TEN-E)“ und die Priorität 3 „Eine nachhaltige, multimodale städtische Mobilität im Rahmen des Übergangs zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft“ mit dem Spezifischen Ziel 2.8 „Förderung einer nachhaltigen, multimodalen städtischen Mobilität im Rahmen des Übergangs zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft“ zugeordnet. Insgesamt stehen für die Priorität 2 78 Mio. Euro an Unionsunterstützung (insgesamt 195 Mio. Euro an Finanzmitteln) und für die Priorität 3 30 Mio. Euro an Unionsmitteln zur Verfügung (75 Mio. Euro Finanzmittel insgesamt). Gemessen an der gesamten Unterstützung der Europäischen Union (ohne technische Hilfe) entfallen auf die Priorität 2 32,5 % der hessischen Mittel und auf die Priorität 3 mit 12,5 % ein Achtel der EFRE-Fördermittel.

7.3.1 SPEZIFISCHES ZIEL 2.1: FÖRDERUNG VON ENERGIEEFFIZIENZ UND VERRINGERUNG VON TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Das spezifische Ziel 2.1 zielt auf die Steigerung der Energieeffizienz sowie die Verringerung der Treibhausgasemissionen ab. Insbesondere in der Industrie sowie im produzierenden Gewerbe fällt die Energieproduktivität verhältnismäßig niedrig aus. Eine Ausschöpfung der Effizienzpotenziale kommt dabei nicht nur dem Bereich Klima und Energie zugute, sondern beeinflusst auch die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen. Darüber hinaus besteht auch im

Bereich der Wärmeversorgung ein hohes Potenzial im Hinblick auf die Umstellung auf erneuerbare Energien, mit einem entsprechend hohen Investitionsbedarf. Im Zuge des Spezifischen Ziels 2.1 werden nachfolgende Maßnahmen gefördert:

- Förderung von Pilot-, Demonstrations- und Entwicklungsvorhaben,
- Förderung von Investitionen in den produktionsintegrierten Umweltschutz (PIUS – Invest),
- Förderung einer effizienten und CO₂-armen Abwärmenutzung.

Erstere Maßnahme fördert Pilot- und Demonstrationsvorhaben sowie Entwicklungsvorhaben, die auf eine Verbesserung der Energieeffizienz, den Einsatz erneuerbarer Energien, die rationelle Energieerzeugung/-verwendung, die Energiespeicherung sowie die Netzintegration abzielen. Die Maßnahme ist konsistent mit der Strategie zur Energiewende in Hessen, dem IKSP und der HIS 2027.

Im Zuge der Maßnahme „Förderung von Investitionen in den produktionsintegrierten Umweltschutz (PIUS – Invest)“ werden Prozessoptimierungen oder beispielsweise die Abwärmenutzung im Betrieb gefördert. Die Förderung orientiert sich dabei unmittelbar an der CO₂-Einsparung.

Die Maßnahme „Förderung einer effizienten und CO₂-armen Abwärmenutzung“ zielt insbesondere auf die Steigerung der Effizienz in der hessischen Wärme- und Energieversorgung ab. Gefördert wird dabei die Nutzung nicht vermeidbarer Abwärme (z.B. Nutzung der Abwärme, die durch die Kühlung von Rechenzentren anfällt). Die Hebung der Effizienzpotenziale der Rechenzentren ist sowohl im IKSP als auch in der Strategie „Digitales Hessen“ verankert. Gefördert werden investive Maßnahmen die dazu beitragen, Abwärme, die nicht vermeidbar ist zu nutzen und die CO₂-Emissionen verringern (z.B. Installationen zur Abwärmesammlung, Wärmepumpen, Wärmetauscher, Transportleitungen).

Umweltwirkungen

Bei den geförderten Maßnahmen im Spezifischen Ziel 2.1 ist mit überwiegend positiven Effekten auf die Schutzgüter zu rechnen (z.B. Schutzgut „Natürliche Ressourcen“). Das Operationelle Programm hält darüber hinaus auch fest, dass die geförderten Projekte innerhalb der Maßnahme „Förderung von Pilot-, Demonstrations- und Entwicklungsvorhaben“ zur Steigerung der Energieeffizienz und des Einsatzes innovativer Energietechnologien direkt zu verminderten Treibhausgasemissionen beitragen sollen (Schutzgut „Klima und Energie“). Bei der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien können auch negative Effekte eintreten. Hier sind grundsätzlich durch intensive Biomasseproduktion negative Effekte auf die biologische Vielfalt denkbar, durch die Verfeuerung von Biomasse allenfalls negative Effekte auf die Luft (durch Feinstaubemissionen).

Die geförderten Projekte im Zuge der Maßnahme „Förderung von Investitionen in den produktionsintegrierten Umweltschutz (PIUS – Invest)“ sollen durch effizientere Verfahren zu einer gesteigerten Energieeffizienz führen sowie Material- und Ressourcenverbräuche reduzieren. Die Wirkungen auf die Schutzgüter sind als vorrangig positiv zu bewerten, insbesondere für

die Schutzgüter „Klima und Energie“ sowie „Natürliche Ressourcen“ ist mit positiven Effekten zu rechnen.

Im Zusammenhang mit den Maßnahmen sind keine erheblichen grenzüberschreitenden Auswirkungen zu erwarten.

Tabelle 24: Potenzielle Wirkungen Spezifisches Ziel 2.1

Maßnahme	Schutzgüter								
	Menschliche Gesundheit		Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)	Boden, Fläche	Kulturelles Erbe und Landschaftsbild	Wasser	Luft	Klima und Energie	Natürliche Ressourcen
	Lärm	Erholungsflächen							
Förderung von Pilot- und Demonstrations- und Entwicklungsvorhaben	0	0	0/-	0/-	0	0/-	+/-	+	+
Förderung von Investitionen in den produktionsintegrierten Umweltschutz (PIUS – Invest)	0	0	0	0	0	0	0	+	+
Förderung einer effizienten und CO ₂ -armen Abwärmenutzung	0	0	0	0	0	0	0/+	+	+

Quelle: Eigene Darstellung

Alternativen zur Verbesserung bzw. zum Ausgleich etwaiger negativer Umweltwirkungen

Mit der Förderung der Maßnahmen im Spezifischen Ziel 2.1 gehen überwiegend positive Umwelteffekte einher, die jedoch aufgrund des Umfangs als nicht erheblich einzustufen sind. Die Errichtung von Anlagen zur Wärmeerzeugung sollte, wenn möglich, auf bereits versiegelten Flächen erfolgen.

7.3.2 SPEZIFISCHES ZIEL 2.3: ENTWICKLUNG INTELLIGENTER ENERGIE-SYSTEME, NETZE UND SPEICHERSYSTEME AUßERHALB DES TRANSEUROPÄISCHEN ENERGIENETZWERKS (TEN-E)

Im Hinblick auf erforderliche Modernisierungsbedarfe, Lückenschlüsse sowie den erweiterten Ausbau von Fernwärmeleitungen werden im Zuge der Maßnahme „Förderung von intelligenten, effizienten und CO₂-armen Wärmenetzen“ neben Modernisierungsmaßnahmen der Leitungen, auch Maßnahmen gefördert, die zu einer effizienten sowie erweiterten Nutzung führen

(z.B. Maßnahmen die dazu führen, dass neue Kunden angeschlossen werden). Ebenfalls gefördert werden Lückenschlüsse sowie entsprechende technische Anlagen (z.B. Wärmespeicher).

Umweltwirkungen

Durch Umsetzung der Maßnahme ist mit positiven Effekten zu rechnen. Beispielsweise führt der Ausbau CO₂-armer Wärmenetze zu einem Rückgang von Luftschadstoffen (an der Quelle). Falls mit der Errichtung von Anlagen zur Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen eine Inanspruchnahme von bisher unversiegelten Flächen einhergeht, hat dies negative Auswirkungen auf das Schutzgut „Boden, Fläche“. Das Ziel die Leitungsverluste zu verringern, sowie die Fernwärmeversorgung auch für erneuerbare Energien zugänglich zu machen, wirkt sich positiv auf die Schutzgüter „Klima und Energie“ sowie „Natürliche Ressourcen“ aus.

Im Zusammenhang mit den Maßnahmen sind keine grenzüberschreitenden Auswirkungen zu erwarten.

Tabelle 25: Potenzielle Wirkungen Spezifisches Ziel 2.3

Maßnahme	Schutzgüter								
	Menschliche Gesundheit		Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)	Boden, Fläche	Kulturelles Erbe und Landschaftsbild	Wasser	Luft	Klima und Energie	Natürliche Ressourcen
	Lärm	Erholungsflächen							
Förderung von intelligenten, effizienten und CO ₂ -armen Wärmenetzen	0	0	0	0/-	0	0	+	+	+

Alternativen zur Verbesserung bzw. zum Ausgleich etwaiger negativer Umweltwirkungen

Mit der Maßnahme gehen positive Umweltwirkungen einher, wobei zu berücksichtigen ist, dass zum aktuellen Zeitpunkt konkrete Umsetzungen noch nicht bekannt sind. Werden Anlagen zur Energieerzeugung aus regenerativen Energien unterstützt, ist nach Möglichkeit die Nutzung bereits beanspruchter Flächen, im Sinne der Vermeidung zusätzlicher Bodenversiegelung/Flächeninanspruchnahme, zu bevorzugen.

7.3.3 SPEZIFISCHES ZIEL 2.8: FÖRDERUNG EINER NACHHALTIGEN, MULTIMODALEN STÄDTISCHEN MOBILITÄT IM RAHMEN DES ÜBERGANGS ZU EINER CO₂-NEUTRALEN WIRTSCHAFT

Das Spezifische Ziel 2.8 zielt auf die Reduktion der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor ab und ist angelehnt an die „Hessenstrategie Mobilität 2035“. Die Maßnahme „Förderung von umwelt- und klimafreundlicher urbaner Mobilität“ ist in Bezug auf die Antriebsarten technologieoffen (Wasserstoff, Batterieelektrizität). Gefördert werden beispielsweise Mobilitätsstationen, die ein vielfältiges Angebot (z.B. Fahrrad, E-Carsharing, Pedelec) bieten, sowie Infrastrukturen im kommunalen Bereich bzw. im ÖPNV (Lade- oder Tankinfrastruktur, umweltfreundliche Vergrößerung bzw. Modernisierung der Fahrzeugflotte). Zusätzlich wird die Förderung der Lade- und Tankinfrastruktur (z.B. für elektrisch oder mit Wasserstoff betriebene Fahrzeuge) von der Maßnahme umfasst.

Umweltwirkungen

Mit der Umsetzung der Maßnahme ist durch die geringere Lärmbelastigung alternativer Antriebe sowie einer Reduktion des motorisierten Individualverkehrs mit positiven Effekten auf das Schutzgut „Menschliche Gesundheit“ zu rechnen. Darüber hinaus tragen elektrisch betriebene Fahrzeuge zu einer örtlichen Reduktion der Luftschadstoffe bei. Der Fokus auf die Verringerung der THG-Emissionen kommt wiederum dem Schutzgut „Klima und Energie“ zugute.

Im Zusammenhang mit den Maßnahmen sind keine grenzüberschreitenden Auswirkungen zu erwarten.

Tabelle 26: Potenzielle Wirkungen Spezifisches Ziel 2.8

Maßnahme	Schutzgüter								
	Menschliche Gesundheit		Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)	Boden, Fläche	Kulturelles Erbe und Landschaftsbild	Wasser	Luft	Klima und Energie	Natürliche Ressourcen
	Lärm	Erholungsflächen							
Förderung von umwelt- und klimafreundlicher urbaner Mobilität	0/+	0	0	0	0	0	+	+	0

Quelle: Eigene Darstellung

Alternativen zur Verbesserung bzw. zum Ausgleich etwaiger negativer Umweltwirkungen

Mit der Maßnahme gehen überwiegend positive, nicht erhebliche Umweltwirkungen einher. Dabei muss berücksichtigt werden, dass konkrete Umsetzungen zum derzeitigen Stand nicht bekannt sind.

Insbesondere Angebote im ÖPNV tragen im Sinne ihrer höheren Beförderungskapazität im Vergleich zum Individualverkehr in einem verhältnismäßig stärkeren Umfang zu den positiven Umwelteffekten bei und sind daher aus Umweltsicht zu begrüßen.

7.4 WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN DEN UNTERSUCHTEN SCHUTZGÜTERN

Vor dem Hintergrund des allgemeinen Programmcharakters und der fehlenden Information zu den in Zukunft zu genehmigenden Projekten muss festgehalten werden, dass eine Bewertung der Wechselwirkungen zwischen den untersuchten Schutzgütern nur auf qualitativer Basis erfolgen kann.

Schutzgut „Menschliche Gesundheit“

Insbesondere das Schutzgut „Menschliche Gesundheit“ ist von Wechselwirkungen mit den anderen untersuchten Schutzgütern betroffen und kann keinesfalls isoliert betrachtet werden. Beispielsweise wirken sich Beeinträchtigungen anderer Schutzgüter (z.B. Wasser) auch auf die menschliche Gesundheit aus. Eine hohe Qualität des Schutzgutes Wasser oder auch Biodiversität sind unabdingbar für die menschliche Gesundheit. Aufgrund der engen Verbundenheit des Schutzgutes „Boden, Fläche“ mit der Nahrungsmittelproduktion wirkt sich eine Beeinträchtigung des Bodens bzw. eine verstärkte Flächeninanspruchnahme (z.B. Versiegelung) nachteilig auf die menschliche Gesundheit aus. Auch eine erhöhte Konzentration an Luftschadstoffen wirkt sich negativ auf die menschliche Gesundheit aus.

Schutzgut „Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)“

Auch das Schutzgut „Biologische Vielfalt (Fauna, Flora, Lebensräume)“ steht in hoher Interaktion mit den anderen Schutzgütern. Beispielsweise kann ein Rückgang der biologischen Vielfalt Auswirkungen auf die Qualität des Bodens bzw. die Wasserqualität haben. Darüber hinaus sind auch der Mensch und die Nahrungsmittelproduktion auf eine entsprechende biologische Vielfalt angewiesen. Umgekehrt wirken sich eine schlechte Wasserqualität, eine hohe Luftverschmutzung sowie Schadstoffe im Boden negativ auf die biologische Vielfalt aus. Nicht alle Arten können sich in einer entsprechend erforderlichen Geschwindigkeit an die globale Erderwärmung anpassen. Der Klimawandel stellt dementsprechend auch eine Gefahr für die biologische Vielfalt dar. Landschaftszerschneidungen sowie ein Verlust von geschützten Flächen können, bedingt durch die Einschränkung des Lebensraums, mit Auswirkungen auf zahlreiche Arten einhergehen. Hingegen kann sich eine gesteigerte Energie- und Ressourcenproduktivität positiv auf die biologische Vielfalt auswirken, da der Abbau von Rohstoffen mit einem Lebensraumverlust einhergehen kann.

Schutzgut „Boden, Fläche“

Beeinträchtigungen im Boden wirken sich insbesondere auf die menschliche Gesundheit sowie die biologische Vielfalt nachteilig aus. Werden Bodenschadstoffe ausgeschwemmt, ist eine Beeinträchtigung des Schutzgutes „Wasser“ nicht ausgeschlossen. Eine verstärkte Versiegelung bzw. Flächenneuanspruchnahme verringert jene Flächen, die zur Nahrungsmittelproduktion oder zur Erholung zur Verfügung stehen bzw. natürliche Schutzfunktionen wahrnehmen. Insbesondere in Städten bzw. Bereichen mit einem hohen Versiegelungsgrad kann die globale Erwärmung mit einer besonderen Hitzebelastung einhergehen, wohingegen unversiegelte Flächen das Potenzial einer natürlichen Kühlfunktion bieten. Luftschadstoffe wiederum können auch in den Boden eingetragen werden.

Schutzgut „Kulturelles Erbe und Landschaftsbild“

Der Bestand von Landschaftsschutzgebieten sowie möglichst weitläufige, unzerschnittene Flächen begünstigen eine hohe Biodiversität. Nimmt der Zerschneidungsgrad zu, können verschiedenste Arten durch einen Verlust an Lebensraum eingeschränkt bzw. bedroht werden.

Schutzgut „Wasser“

Die Sicherstellung der Wasserversorgung sowie eine hohe Qualität des Trinkwassers sind untrennbar mit der menschlichen Gesundheit verbunden. Ein schlechter Zustand des Oberflächenwassers kann sich sowohl auf die biologische Vielfalt als auch auf die Qualität der Böden auswirken. Der Klimawandel wiederum nimmt Einfluss auf den Wasserhaushalt. Starkregenereignisse, die zu Hochwasserereignissen führen, gefährden in mehrfacher Weise die menschliche Gesundheit, u.a. durch eine Gefährdung der Sicherstellung der Trinkwasserqualität.

Schutzgut „Luft“

Luftschadstoffe wirken sich auf mehrere Schutzgüter nachteilig aus. Eine erhöhte Konzentration von Luftschadstoffen schadet der menschlichen Gesundheit und kann auch die biologische Vielfalt beeinträchtigen. Werden die Luftschadstoffe in das Wasser und den Boden eingetragen, kann es auch in diesen Bereichen zur Schädigung kommen. Darüber hinaus greifen Luftschadstoffe auch die Bausubstanz (Schutzgut „Kulturelles Erbe und Landschaftsbild“) an. Synergieeffekte können sich bei Maßnahmen ergeben, die auf eine Luftreinhaltung abzielen (beispielsweise Elektromobilität), gleichzeitig aber auch zu einer Lärminderung (Schutzgut „Menschliche Gesundheit“) führen.

Schutzgut „Klima und Energie“

Die globale Erwärmung beeinflusst nicht nur die menschliche Gesundheit, auch der Bestand der Arten (Fauna und Flora) ist davon betroffen. Extremwetterereignisse wiederum beeinflussen die Schutzgüter Wasser, Boden, kulturelles Erbe und Landschaftsbild. Aber auch der Umstieg von fossilen hin zu erneuerbaren Energieträgern kann durch veränderte Abbaubedingungen bzw. Nutzung von Biomasse zu einer Veränderung im Landschaftsbild führen.

Schutzgut „Natürliche Ressourcen“

Kreislaufwirtschaft sowie eine erhöhte Energie- und Ressourcenproduktivität gepaart mit einer absoluten Reduktion des Ressourcen- und Rohstoffbedarfs mindern Eingriffe in die Natur (z.B.

Verringerung der Abbaufächen von Rohstoffen oder Anbauflächen für Energiehölzer). Verminderte Eingriffe in die Natur wiederum wirken sich positiv auf das Landschaftsbild und die biologische Vielfalt aus.

Kumulative Effekte

Zusätzlich zu den Wechselwirkungen ist mit einer Kumulation der Wirkungen über alle Maßnahmen des Programms zu rechnen. Während die Auswirkungen einzelner Maßnahmen als gering einzustufen sind (z.B. Reduktion der Treibhausgasemissionen), können diese kumuliert über alle Maßnahmen jedoch zu durchaus umfangreichen Effekten führen.

HINWEISE AUF SCHWIERIGKEITEN BEI DER ZUSAMMENSTELLUNG DER ANGABEN

Die Bewertung des aktuellen Umweltzustands sowie der Trend bei Nichtdurchführung des Programms (Nullvariante) basieren auf unterschiedlichen Indikatoren (Länderinitiative Kernindikatoren¹⁹⁶, Umweltindikatoren Hessen¹⁹⁷ sowie Zielindikatoren der Nachhaltigkeitsstrategie Hessen¹⁹⁸). Für die Dokumentation des Umweltzustands liegt demnach in Hessen eine ausführliche Datenbasis vor. Allerdings gilt zu berücksichtigen, dass entsprechend dem Programmcharakter zum aktuellen Zeitpunkt keine Informationen über die geförderten Projekte (sowohl räumlich als auch konkret inhaltlich) vorliegen. Der geringe Detailgrad wirkt sich auch auf die Bewertung des Programms aus, beispielsweise kann aufgrund der fehlenden räumlichen Konkretisierung der im Rahmen des Programms umzusetzenden Projekte eine Ex-ante-Bewertung des Einflusses auf bestimmte (schützenswerte) Gebiete nicht erfolgen. Eine exakte Beurteilung möglicher Umweltwirkungen kann entsprechend erst auf Ebene der Projekte durchgeführt werden. Zusätzlich zu den direkten Effekten wurde versucht, die Umweltwirkungen umfassend zu betrachten und auch die indirekten Effekte miteinzubeziehen.

¹⁹⁶ <https://www.lanuv.nrw.de/lik/>

¹⁹⁷ <https://www.hlnuq.de/themen/uatlas/umweltindikatoren-hessen>

¹⁹⁸ <http://www.hessen-nachhaltig.de/de/der-hessische-prozess-im-ueberblick.html>

Werden im Zuge der Erstellung des Umweltberichts erhebliche Umweltauswirkungen durch das EFRE-OP 2021–2027 festgestellt, sind diese entsprechend § 45 UVPG zu überwachen. Dadurch soll gewährleistet werden, dass „*unvorhergesehene nachteilige Auswirkungen*“ frühzeitig identifiziert und Maßnahmen dagegen ergriffen werden können.

Die Bewertung der Umweltwirkungen des Operationellen Programms des Landes Hessen Förderperiode 2021–2027 im Rahmen der SUP hat ergeben, dass mit keinen erheblichen Wirkungen auf die Umwelt zu rechnen ist, dementsprechend besteht gemäß § 45 UVPG keine Verpflichtung, Überwachungsmaßnahmen zu ergreifen. Unabhängig davon hat sich gezeigt, dass sofern Baumaßnahmen vorgesehen sind, negative Wirkungen auf das Schutzgut „Boden, Fläche“ (zusätzliche Flächeninanspruchnahme) auftreten können. Um Wirkungen auf das Schutzgut „Boden, Fläche“ zu reduzieren, wird empfohlen, bei Bauprojekten einen Indikator einzuführen, der die Neuversiegelung von Flächen abbildet und diesen in den jährlichen Durchführungsberichten auszuweisen.

Das Operationelle Programm verfügt über ein Set von Output- und Ergebnisindikatoren, das in direktem Bezug zu den Veränderungen, ausgelöst durch die Umsetzung der Maßnahmen, steht. Dieses umfasst auch umwelt- bzw. nachhaltigkeitsrelevante Indikatoren. Die Wirkungen der einzelnen Projekte und somit der Maßnahmen insgesamt sind Gegenstand der Leistungsüberprüfung und der regelmäßigen Berichterstattung.

LITERATURVERZEICHNIS

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2016): Klimaschutzplan 2050, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf (abgerufen am 12.01.2021).
- Das Land Hessen (2020): Ziele und Indikatoren: Rahmen für ein nachhaltiges Hessen, https://www.hessen-nachhaltig.de/files/content/downloads/ziele_und_indikatoren/2020_uebersicht_Zielindikatoren_NHS.pdf (abgerufen am 04.02.2021).
- Deutsche Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (abgerufen am 12.1.2021).
- Deutsche UNESCO-Kommission e.V. (o.J.): Welterbe in Deutschland. Welterbestätten in Deutschland, <https://www.unesco.de/kultur-und-natur/welterbe/welterbe-deutschland/welterbestaetten-deutschland> (abgerufen am 03.12.2021).
- EEWärmeG - Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz vom 7. August 2008 (BGBl. I S. 1658), das zuletzt durch Artikel 261 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.
- EU-Nitraträchtlinie - Richtlinie 91/676/EWG des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen vom 12. Dezember 1991.
- EU-Umgebungslärmrichtlinie - Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm - Erklärung der Kommission im Vermittlungsausschuss zur Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm vom 25. Juni 2002.
- Europäische Kommission (2011): Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa, [https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com\(2011\)0571_/com_com\(2011\)0571_de.pdf](https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com(2011)0571_/com_com(2011)0571_de.pdf) (abgerufen am 11.01.2021).
- Europäische Kommission (2019): Der europäische Grüne Deal, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf (abgerufen am 12.01.2021).
- Fauna-Flora-Habitat Richtlinie - Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen vom 21. Mai 1992.

HAltBodSchG - Hessisches Altlasten- und Bodenschutzgesetz Hessisches Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes und zur Altlastensanierung vom 28. September 2007.

HDSchG – Hessisches Denkmalschutzgesetz vom 28. November 2016.

HENatG - Hessisches Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege vom 16. April 1996.

HEG – Hessisches Energiegesetz vom 21. November 2012.

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie Fachzentrum Klimawandel Hessen (2017): Auswirkungen des Klimawandels beobachten – Klimafolgenmonitoring; Klimawandel in Hessen, https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/auswirkungen_klimawandel_beobachten.pdf (abgerufen am 12.01.2021).

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2015): Abfallwirtschaftsplan Hessen – Siedlungsabfälle und Industrielle Abfälle, https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/awp_hessen_2015_stand_24_04_2015.pdf (abgerufen am 11.01.2020).

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2016), Vorstudie zum Klimaschutzplan 2025 für Hessen, <http://www.be-kassel.de/pdf/Vorstudie%20Klimaschutzplan%202025%20Hessen.pdf> (abgerufen am 02.02.2021).

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2017): Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025, https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/integrierter_klimaschutzplan_web_barrierefrei.pdf (abgerufen am 12.01.2021).

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2018): Hessischer Biodiversitätsbericht, https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/hessischer_biodiversitaetsbericht_2018.pdf (abgerufen am 04.01.2020).

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2018a): Ressourcenschutzstrategie Hessen, https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/ressourcenschutz-_endgueltig.pdf (abgerufen am 11.01.2021).

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2021): Schutzgebiete für Natur und Landschaft, <https://umwelt.hessen.de/umwelt-natur/naturschutz/schutzgebiete> (abgerufen am 11.01.2021).

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2016): Energiewende in Hessen – Monitoringbericht 2016, https://www.energieland.hessen.de/mm/monitoringbericht_energie_2016.pdf (abgerufen am 13.01.2021).

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (2017): 3. Änderung des Landesentwicklungsplans Hessen 2000, https://landesplanung.hessen.de/sites/landesplanung.hessen.de/files/dritte_Aenderung_LEP_Plantext_0.pdf (abge-

-
- rufen am 11.01.2021). Hessen Regierpräsidium Darmstadt (2021): Verkehr, Umgebungslärm, <https://rp-darmstadt.hessen.de/planung/verkehr/umgebungslaerm> (abgerufen am 04.01.2021).
- Hessen Regierpräsidium Darmstadt (2021): Verkehr, Umgebungslärm, <https://rp-darmstadt.hessen.de/planung/verkehr/umgebungslaerm> (abgerufen am 04.01.2021).
- Hessisches Statistisches Landesamt (2016): Nachhaltigkeitsstrategie Hessen, https://statistik.hessen.de/sites/statistik.hessen.de/files/Hessen_nachhaltig_2016.pdf, (abgerufen am 12.01.2021).
- HLNUG (2018): Umweltdaten Hessen Stand 2018 https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/nachhaltigkeit/UmweltdatenHessen2018_gesamt_final_web.pdf (abgerufen am 12.01.2021).
- HLNUG (2021a): Umweltindikatoren Hessen – Erholungsflächen, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/erholungsflaechen> (abgerufen am 04.01.2021).
- HLNUG (2021b): Umweltindikatoren Hessen - Waldzustand – durchschnittlicher Nadel- und Blattverlust, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/waldzustand-durchschnittlicher-nadel-und-blattverlust> (abgerufen am 04.01.2021).
- HLNUG (2021c): Umweltindikatoren Hessen - Säure- und Stickstoffeintrag, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/saeure-und-stickstoffeintrag> (abgerufen am 05.01.2021).
- HLNUG (2021d): Umweltindikatoren Hessen – Deposition von Staubbiederschlag, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/depositionen-von-staubniederschlag> (abgerufen am 05.01.2021).
- HLNUG (2021e): Umweltindikatoren Hessen – Grundwasserneubildung, <https://www.hlnug.de/themen/uatlas/umweltindikatoren-hessen/grundwasserneubildung> (abgerufen am 05.01.2021).
- HLNUG (2021f): Umweltindikatoren Hessen – Immissionen charakteristischer Luftschadstoffe, <https://www.hlnug.de/themen/nachhaltigkeit-indikatoren/indikatorensysteme/umweltindikatoren-hessen/immissionen-charakteristischer-luftschadstoffe> (abgerufen am 08.01.2021).
- HLNUG (2021g): Ressourcenschutzstrategie für ein ressourcenschonendes Hessen, <https://umwelt.hessen.de/umwelt-natur/ressourcenschutzstrategie> (abgerufen am 11.01.2021).
- HWaldG – Hessisches Waldgesetz vom 09. Juli 2013.
- HWG – Hessisches Wassergesetz vom 14. Dezember 2010.
- KrWG - Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 9 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist.

- Landesamt für Denkmalpflege Hessen (2021): Inventarisierung: Was ist ein Kulturdenkmal?, <https://lfd.hessen.de/bau-kunst/inventarisierung/was-ist-ein-kulturdenkmal> (abgerufen am 11.01.2021).
- Landesamt für Denkmalpflege Hessen (2021a): Kulturdenkmäler in Hessen, <https://denkxweb.denkmalpflege-hessen.de/> (abgerufen am 11.01.2021).
- Richtlinie über die Qualität des Wassers für den menschlichen Gebrauch - Richtlinie 98/83/EG des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch vom 3. November 1998.
- Richtlinie zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung – Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung vom 12. Dezember 2006.
- ROG - Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), das zuletzt durch Artikel 159 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.
- TrinkwV - Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV 2001) in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), die durch die Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.
- UNESCO-Welterbe - Übereinkommen zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt vom 16. November 1972.
- UNFCCC (2010), Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf>, abgerufen am 28.10.2020.
- Umweltbundesamt (2021a): Lärmwirkungen – Stressreaktionen und Herz-Kreislauf-Erkrankungen, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/laermwirkung/stressreaktionen-herz-kreislauf-erkrankungen#hoheres-herzinfarkt-risiko> (abgerufen am 04.01.2021).
- Umweltbundesamt (2021b): Fläche, Boden, Landökosysteme, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaechen-boden-land-oekosysteme> (abgerufen am 05.01.2021).
- Umweltbundesamt (2021c): Wasser, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser> (abgerufen am 07.01.2021).
- Umweltbundesamt (2021d): Grundwasser, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/grundwasser> (abgerufen am 07.01.2021).
- Umweltbundesamt (2021e): Flüsse, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/fluesse#wissenswertes> (abgerufen am 07.01.2021).
- Umweltbundesamt (2021f): Seen, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/seen> (abgerufen am 07.01.2021).
- Umweltbundesamt (2021g): Wasserrahmenrichtlinie, <https://www.umweltbundesamt.de/wasserrahmenrichtlinie> (abgerufen am 07.01.2021).

Umweltbundesamt (2021h): Luftschadstoffe im Überblick, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe-im-ueberblick> (abgerufen am 08.01.2021).

Umweltbundesamt (2021i): Luftschadstoffe – Wirkungen auf Gesundheit, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/wirkungen-von-luftschadstoffen/wirkungen-auf-die-gesundheit> (abgerufen am 08.01.2021).

UVPG – Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. März 2021 (BGBl. IS. 540).

Vogelschutzrichtlinie - Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten vom 30. November 2009.

WHG - Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1408) geändert worden ist.

WRRL - Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik vom 23. Oktober 2000.