

Anhang

Die Bedeutung der natürlichen Ressourcen für Hessen

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| Die natürliche Ressource - Wasser..... | 3 |
| Die natürliche Ressource - Boden/Fläche..... | 6 |
| Die natürliche Ressource - biologische Vielfalt..... | 11 |
| Die natürlich Ressourcen - Luft/Klima..... | 15 |
| Bedeutende abiotische Rohstoffe für Hessen..... | 20 |
| Bedeutende biotische Rohstoffe für Hessen..... | 25 |
| Energiewende Hessen..... | 30 |
| Literaturverzeichnis | 33 |

Die natürliche Ressource – Wasser

Wasser ist Teil des Wasserkreislaufes und wichtiger Bestandteil für das Leben auf unserer Erde. Menschen bestehen zu 98 % aus Wasser. Ohne Wasserzufuhr verdursten wir innerhalb weniger Tage.

Leistungen

Im Landesdurchschnitt verbrauchten die Menschen in Hessen 124,3 Liter Wasser pro Kopf und Tag im Jahr 2013. Etwa 1,1 Milliarden Kubikmeter Wasser werden jährlich in Hessen genutzt.

Welche Dienste leistet uns die Ressource Wasser?

- sorgt für Niederschläge in Form von Regen, Schnee und Eis
- leistet Beitrag zur Grundwasserneubildung
- dient der Trink- und Brauchwassergewinnung
- stellt die Ökosysteme Fließgewässer und stehende Gewässer bereit
- stellt Lebensraum für Tiere und Pflanzen im Wasser und im Ufer- und Auenbereich bereit
- dient dem Transport von Geschiebe und Nährstoffen
- ermöglicht die Bewässerung von Äckern, Feldern und Gärten
- ermöglicht die Nutzung von Wasser für gewerbliche und industrielle Prozesse z.B. in Form von Prozesswasser oder Kühlwasser
- stellt Schifffahrtswege bereit
- ermöglicht als Transportmedium die Abwasserentsorgung
- ermöglicht die Gewinnung regenerativer Energie durch Wasserkraft
- stellt Erholungsraum und Tourismusdestinationen bereit

Zustand

Hessens Bäche und Flüsse fließen auf einer Fließlänge von etwa 23.600 Kilometer durch das Bundesland. Darüber hinaus verfügt Hessen über 773 Seen und Talsperren mit einer Flächenausdehnung von mindestens 1 Hektar. Das Erscheinungsbild unserer Bäche und Flüsse ist das Ergebnis eines Gestaltungsprozesses, der zum Teil natürliche Ursachen hat und den zum Teil

vorangegangene Generationen eingeleitet haben. So wurden Bäche begradigt und ausgebaut, in Ortslagen verrohrt. Die Gewässer in Hessen sind deshalb vielfach in einem naturfernen Zustand. Rund 80 % der hessischen Fließgewässer weisen deutliche bis vollständig veränderte Strukturen auf. Weitere Informationen zur Gewässerstrukturgüte sind auf der [hessischen Gewässerstrukturgütekarte \[29\]](#) verfügbar.

Neben den hydromorphologischen Veränderungen, der fehlenden linearen Durchgängigkeit und den Fragen zum Wasserhaushalt der Oberflächengewässer spielen die Nähr- und Schadstoffeinträge aus Punktquellen, wie bspw. aus Kläranlagen und den diffusen Quellen in Oberflächengewässer und Grundwasser eine zentrale Rolle. In Hessen sind 64 Badestellen gemäß EU-Badegewässer-VO ausgewiesen.

Oberflächennahe Grundwasservorkommen versorgen Pflanzen mit Wasser und bilden wertvolle Feuchtbiotope. Das Grundwasser tritt an Quellen zu Tage und speist Bäche und Flüsse. Qualität und Menge des Grundwassers beeinflussen damit auch die Oberflächengewässer. In Hessen werden 95 % des Trinkwassers aus Grundwasser gewonnen. Die jährliche Grundwasserneubildungsrate beträgt 2,13 Milliarden Kubikmeter. Dem gegenüber werden rund 407 Millionen Kubikmeter Grundwasser entnommen.

Die Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Hessen basiert auf den Daten des Landesgrundwasserdienstes (rd. 350 Messstellen) und zum anderen auf 3500 Messstellen, die im Rahmen der Rohwasseruntersuchungen für Trinkwasser geführt werden. Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) stellt eine räumliche Darstellung und Auswertungen der Messstellen, Grundwasserdaten (Menge und [Rohwasserbeschaffenheit \[30\]](#)) zur Verfügung.

Der Einsatz von Stickstoff bei der Flächennutzung kann zu Nitratkonzentrationen im Grundwasser führen. Die die Qualitätsnorm für Nitrat (50 mg/l) überschreitenden Nitratkonzentrationen im Grundwasser sind dabei kein lokales Phänomen. Von den 127 Grundwasserkörpern sind 19 Grundwasserkörper hinsichtlich Nitrat in einem schlechten chemischen Zustand (15 %). In einigen Grundwasserkörpern treten gleichzeitig auch Überschreitungen der Schwellenwerte für Pflanzenschutzmittel und Ammonium auf [31].

Schutz

Der Umgang mit der Ressource Wasser wird durch europäische und nationale Regelungen sowie durch das Hessische Wassergesetz geschützt. Oberflächengewässer und Grundwasser werden im Hinblick auf Qualität und Quantität geschützt. Die europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) fordert u. a. einen guten Zustand zu erhalten oder zu erreichen.

Gewässerbenutzungen für die Einleitungen von (gereinigtem) Abwasser in Gewässer und die Entnahme von Wasser aus Grundwasser und Oberflächengewässern sind nach diesen Vorgaben erlaubnispflichtig. In Hessen sind z. B. 1.700 Wasserschutzgebiete mit einer Flächenausdehnung von rund 800.000 Hektar ausgewiesen.

Der Bewirtschaftungsplan 2015-2021 visualisiert den Zustand hessischer Wasserkörper, beschreibt Zielvorstellungen und gibt einen Überblick über die Maßnahmen. Im Maßnahmenprogramm 2015 – 2021 zur Umsetzung der WRRL werden analog zu den wichtigen Wasserbewirtschaftungsfragen konkrete Strategien und Maßnahmen genannt, um die hydromorphologischen Veränderungen, die Nährstoffbelastungen mit Stickstoff, die Nährstoffbelastungen mit Phosphor, die Belastungen mit organischen Stoffen sowie die Belastungen mit gefährlichen Stoffen in Oberflächengewässer und Grundwasser zu minimieren.

Die natürliche Ressource - Boden/Fläche

Unter Boden wird die dünne, empfindliche Haut der Erdoberfläche verstanden. In Böden durchdringen sich Gestein (Lithosphäre), Wasser (Hydrosphäre), Luft (Atmosphäre) und belebte Natur (Biosphäre). Böden sind die Grundlage der wichtigsten tierischen und pflanzlichen Lebensmittel. Die Ernährung der Menschen basiert in Hessen zu 90 % auf bodengebundenen Lebensmitteln.

Leistungen

Welche Dienste leistet uns die Ressource Boden?

- dient als Lebensraum und Lebensgrundlage für Bodenorganismen, Pflanzen, Tiere und Menschen
- dient Pflanzen als Wurzelraum und damit zur Verankerung, bzw. zur Wasser – und Nährstoffversorgung
- bildet Humus
- speichert Kohlendioxid (CO₂) in Abhängigkeit von der Nutzung
- nimmt Niederschläge auf
- steuert den Wasserhaushalt
- speichert, filtert, puffert und immobilisiert Nähr- und Schadstoffe
- archiviert die Natur- und Kulturgeschichte
- enthält bzw. überlagert Bodenschätze, metallische und mineralische Rohstoffe für Wirtschaft und Konsum

Zustand

Anthropogene Bodenveränderungen setzten schon mit der landwirtschaftlichen Revolution in Form von Rodung und vergleichsweise intensiver landwirtschaftlicher Nutzung ein. In den Nachkriegsjahren stand die Gewinnung von landwirtschaftlich intensiv nutzbaren Flächen mit dem Ziel, die Grundversorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln zu sichern, im Vordergrund. Die damaligen Eingriffe in den landwirtschaftlich genutzten Raum waren erheblich, die ehemals weitverbreitete kleinparzellige Feldflur in Hessen wurde durch die Flurbereinigung in deutlich

größere Parzellen gegliedert. Die mittlere Schlaggröße in Hessen beträgt 0,7 Hektar. Im Bergland hatte dies u. a. die Schleifung der Ackerterrassen zur Folge. Die Glättung terrassierter Hänge mehrte den Bodenabtrag. Große Mengen von humosem Bodenmaterial wurden abgespült und den Vorflutern zugeführt. „Neulandgewinnung“ führte durch Drainage staunasser Standorte oder durch gezielte Trockenlegung grundnasser Flächen sowie durch die Regulierung der Vorflut zu erheblichen Eingriffen in den Landschaftswasserhaushalt. Vermoorte Altarme im Hessischen Ried, traditionelles Grünland, wurden umgebrochen und konnten somit als Ackerflächen bewirtschaftet oder als Siedlungsfläche genutzt werden. Das Moorwachstum wurde unterbrochen, der Torfkörper schrumpfte, die Niedermoore vererdeten, Kohlendioxid und Nährstoffe, insbesondere Nitrat werden bis heute freigesetzt und gelangen so ins Grundwasser. Mit der weiteren Modernisierung und Intensivierung in der Landwirtschaft kamen weitere Beeinträchtigungen durch Pflanzenschutzmittel, Klärschlamm oder durch Bodenverdichtung hinzu.

Auch die moderne Forstwirtschaft kann durch den unsachgemäßen Einsatz großer Maschinen vor allem bei ungünstiger Witterung zu massiven Bodenverdichtungen führen.

Seit Beginn des Industriezeitalters gelangten durch diffuse Einträge erhebliche Mengen von metallischen Stäuben, organischen Verbindungen und Säuren in die Böden. In den obersten Bodenhorizonten sind sie heute nachweisbar. Die Immobilisierung und der Rückhalt dieser Stoffe sind im Wesentlichen vom pH-Wert, dem Humuskörper und der Tonmineralzusammensetzung der Böden abhängig. Der Eintrag der Säuren schwächt die Rückhaltefähigkeit vieler Böden erheblich. Säuren und leicht mobilisierbare Metalle werden dann mit dem Sickerwasser ausgetragen und ins Grundwasser verfrachtet. In den Böden selbst werden Bodenfauna und -flora durch den Säureeintrag verändert.

Leicht sichtbare Eingriffe in das Schutzgut Boden sind Abgrabungen für oberflächennahe Rohstoffe und Energieträger, Versiegelung durch Siedlung und Verkehr oder die Deponierung von Abfällen. Gerade die Entwicklung der Städte und des Verkehrswesen nehmen immense Flächen in Anspruch. Die Ausdehnung des Baulandes betrifft in erster Linie wertvolle landwirtschaftliche Flächen. Schon 1959 lag durch Ausweitung der Siedlungsfläche die landwirtschaftliche Nutzfläche in Hessen um 200.000 Hektar unter den Werten des späten 19. Jahrhunderts (ca. 1,2

Millionen Hektar), während der Bestand an Waldfläche fast unverändert blieb [32]. Dieser Trend ist bis heute ungebrochen. Die landwirtschaftliche Nutzfläche liegt aktuell bei 767.332 ha (Stand 2016). Besonders ausgeprägt ist der Rückgang bei der Ackerfläche, die mitsamt den angrenzenden Saumstrukturen seit 1971 um über 100.000 ha in Hessen abnahm.

Schutz

Die weltweit zunehmende Gefährdung unserer Böden hat international und national zu einer intensiven Diskussion über die Möglichkeiten zum Erhalt der Lebensgrundlage Boden geführt. Im Jahr 2015, dem Internationalen Jahr des Bodens, wurde deutlich, dass die 1992 formulierten Leitbilder und Ziele zum Schutz des Bodens nur mit immensen Anstrengungen künftig erreicht werden können.

Zu einem ordnungsgemäßen (gesetzeskonformen) Umgang mit dem Schutzgut Boden gehören insbesondere die Minimierung von stofflichen Belastungen, der Schutz des Bodens vor Erosion und Verdichtung sowie ein schonender Umgang mit Bodenaushub mit dem Ziel einer sinnvollen Wiederverwertung. Standort- und umweltgerechte Landwirtschaft und naturnahe Waldbewirtschaftung tragen ebenfalls zum Schutz der natürlichen Bodenfunktionen bei.

Der Schutz der Ressource Boden in Hessen sollte deshalb dazu beitragen, dass die natürlichen Funktionen möglichst uneingeschränkt erfüllt werden können. Nicht mehr genutzte versiegelte Flächen sollen renaturiert oder der natürlichen Entwicklung überlassen werden. Bei einer Umwidmung in Flächen für Siedlung und Verkehr sind die Böden und deren Funktionen sparsam sowie nachhaltig zu nutzen.

„Fläche“ wird oftmals unter ökonomischem Blickwinkel mit „Preisen und Vermögenswerten“, unter sozialen Gesichtspunkten mit „Zugänglichkeit, Nutzbarkeit und Eigentum“ und unter ökologischen Gesichtspunkten mit „Standort für Landespflege und Naturschutz“ assoziiert. Diese Betrachtungsweisen sind zwar richtig, aber längst nicht mehr ausreichend. Vielmehr muss ergänzend die Endlichkeit und die Wertigkeit der Ressource „Boden“ mit Lebens- und Stoffkreisläufen beachtet werden. Die unbebaute, unzerschnittene und unzersiedelte Fläche ist eine begrenzte und begehrte natürliche Ressource. Um ihre Nutzung konkurrieren u. a. Land- und Forstwirtschaft, Siedlung und Verkehr, Naturschutz, Rohstoffabbau und

Energieerzeugung. Das Verständnis hierfür ist essentiell zur Verminderung des Flächenverbrauchs, denn durch die Nutzung von immer neuen Flächen für Wirtschaft, Verkehr und Wohnen haben sich bereits erhebliche zum Teil unerwünschte ökologische, soziale, städtebauliche, landwirtschaftliche und ökonomische Folgewirkungen ergeben.

Um diesen Entwicklungen Rechnung zu tragen hat die Bundesregierung im Rahmen der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie das Ziel formuliert, die Inanspruchnahme von Boden für neue Siedlungs- und Verkehrsflächen auf 30 Hektar pro Tag bis zum Jahr 2020 zu reduzieren [33]. Als langfristiges Ziel wird die Reduzierung der Siedlungsflächeninanspruchnahme auf 0 Hektar/Tag angestrebt. Das 30-Hektar Ziel sowie das langfristige 0-Hektar Ziel sind Maßstäbe für die Nachhaltigkeit bei der Entwicklung von Stadt und Land und stehen für eine Trendwende im Umgang mit Flächenressourcen. Es geht hierbei um eine intelligentere und vor allem nachhaltigere Nutzung der endlichen Flächen. Es ist davon auszugehen, dass ein sparsamer Umgang mit der Ressource Fläche mit positiven Effekten für den Umweltschutz, das Bauen sowie die Wohnungs- und Sozialwirtschaft verbunden ist. Um diese Ziele zu erreichen, sieht die Bundesregierung in erster Linie Länder und Kommunen gefordert, da sie im Rahmen der Raumordnungs- und Bauleitpläne Festlegungen über die Flächenwidmung treffen.

Das Land Hessen hat sich im Rahmen der hessischen Nachhaltigkeitsstrategie sukzessive Minderungsziele gesetzt, wonach der tägliche Zuwachs seiner Siedlungs- und Verkehrsfläche ab 2020 auf 2,5 Hektar zu begrenzen ist. Diesen Wert gilt es mittel- und langfristig deutlich zu senken.

Es sind die demografische Entwicklung und die Wirtschaftsentwicklung mit zu berücksichtigen, die zu räumlich stark differenzierten Bedarfen bezüglich der Ausweisung zusätzlicher Siedlungsflächen führen. In Wachstumsräumen wie dem Rhein-Main-Gebiet besteht nach wie vor Flächenbedarf und Siedlungsdruck auf die Freiräume. In Stagnationsräumen oder Räumen mit rückläufiger Bevölkerung kommt es zu einer vermehrten Zunahme von Leerständen bei gleichzeitiger Nachfrage nach zusätzlichen Siedlungsflächen.

Der [Landesentwicklungsplan Hessen](#) strebt eine kompakte Siedlungsentwicklung orientiert an dem Leitbild der dezentralen Konzentration entlang der Siedlungsachsen an. Ziel des Landesentwicklungsplanes ist es, Vorsorge für die

ausreichende Bereitstellung von Siedlungsflächen zu treffen. In den Regionalplänen wird der voraussichtliche Bedarf an Wohnsiedlungsflächen gemeindeweise ermittelt und dargestellt. Der Landesentwicklungsplan Hessen sieht die vorrangige Inanspruchnahme regionalplanerisch bereits ausgewiesener Siedlungsbereiche vor der Ausweisung zusätzlicher Siedlungsflächen vor. Die tägliche Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr liegt ohne die Kompensationsmaßnahmen im gleitenden Vierjahresdurchschnitt bei etwa 3 Hektar.

Um das ab dem Jahr 2020 gesetzte Ziel zu erreichen, die tägliche Flächeninanspruchnahme dauerhaft auf maximal 2,5 ha zu begrenzen, sind jedoch aus Sicht der Landesregierung angesichts demografischer Entwicklungen und damit einhergehender erhöhter Baulandnachfrage in Teilräumen des Landes weitere Anstrengungen erforderlich. Für die Landesentwicklungsplanung gelten deshalb folgende Prinzipien: „Innen- vor Außenentwicklung“, das Flächenrecycling von Brachflächen, die Konzentration der Siedlungsflächenentwicklung auf zentrale Ortsteile, die Ermittlung des voraussichtlichen Bedarfs und die Prüfung von Baulandreserven sowie deren Mobilisierungsmöglichkeiten im Rahmen der Bauleitplanung. Hierzu hat das Land den Kommunen eine Flächenmanagement-Datenbank zur unentgeltlichen Nutzung zur Verfügung gestellt. Der Vorrang „Innen- vor Außenentwicklung“ ist auch im Bereich der Städtebauförderung eine zentrale Zielsetzung. Dementsprechend sind die vier Städtebauförderungsprogramme „Soziale Stadt“, „Stadtumbau in Hessen“, „Aktive Kernbereiche in Hessen“ und „Städtebaulicher Denkmalschutz“ klar auf Innenentwicklung ausgerichtet. Gleiches gilt für die Landesinitiativen „Ab in die Mitte“ und „IngePlus“. Auch im Hessischen Dorfentwicklungsprogramm gilt der Grundsatz „Innenentwicklung geht vor Außenentwicklung“. Um die Vielfalt dörflicher Lebensformen, das bau- und kulturgeschichtliche Erbe sowie den individuellen Charakter der hessischen Dörfer zu erhalten, sollen die Innenentwicklung gestärkt, die Energieeffizienz gesteigert und der Flächenverbrauch verringert werden.

Die natürliche Ressource - Biologische Vielfalt

Biologische Vielfalt oder Biodiversität bezeichnet die Variabilität unter lebenden Organismen jeglicher Herkunft und die ökologischen Komplexe zu denen sie gehören. Je größer die Biodiversität - also die Vielfalt an Lebensräumen, an Tier- und Pflanzenarten sowie an deren genetischer Ausstattung - umso leichter gelingt Arterhaltung, Evolution und Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen und damit die Sicherung unserer Lebensgrundlagen, der Ökosystemleistungen.

Leistungen

Welche Dienste leistet uns die Ressource biologische Vielfalt?

- sichert Anpassungsfähigkeit der Natur an sich ändernde Rahmenbedingungen durch genetische Vielfalt
- sichert die Lebensgrundlagen des Menschen durch kostenfreie Produktion von Sauerstoff
- trägt bei zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit anderer natürlicher Ressourcen und Lebensgrundlagen wie frische Luft, sauberes Wasser und fruchtbarem Boden
- ermöglicht Bodenbildung und Stoffumbau
- ermöglicht Abbau organischen Materials durch Mikroorganismen
- generiert Nahrungsmittel; 70.000 essbare Pflanzenarten bekannt, 7000 Arten genutzt und 150 Arten gezüchtet
- generiert Rohstoffe für medizinische Produkte
- generiert nachwachsende Rohstoffe als Baumaterialien (z.B. Holz)
- generiert Fasern und Rohstoffe für Kleidung (z.B. Leinen und Baumwolle)

Pflanzen und Tiere spielen bei der Ernährung des Menschen die entscheidende Rolle. Ungefähr 7000 Pflanzenarten wurden bislang für die menschliche Ernährung weltweit kultiviert – ein Prozess, der bereits vor 12 000 Jahren begann. Ferner erhalten wir zahlreiche Rohstoffe aus der Natur. Pilze sind beispielsweise nicht nur als Destruenten bedeutsam, sondern ermöglichen die Produktion von Lebensmitteln wie z. B. bei Brot, Käse, Bier oder Wein. Die Herstellung von Penicillin basiert auf Pilzen. Ebenso werden Pilze in der Biotechnologie genutzt, als Produzent von

Enzymen, Zitronensäure, Bioethanol und Aromastoffen. Die Vielfalt der Gene ist von enormer Bedeutung. Neben der o. a. Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen können die genetischen Ressourcen, in der Ernährung und in der Medizin helfend eingesetzt werden. Diese nutzt der Mensch vielfach (z. B. durch die Zucht ertragreicherer Nutztierassen und Pflanzensorten). Damit das gelingen kann, muss aber die biologische Vielfalt in ihrer ganzen Breite erhalten werden. Von den ursprünglich über 7000 Pflanzenarten, die für die menschliche Ernährung kultiviert und durch Zucht verbessert wurden, liefern heute lediglich noch 15 Arten ungefähr 90 % der menschlichen Nahrung weltweit [34]. Die biologische Vielfalt der Natur dient auch unserer Erholung.

Zustand

Die Biodiversität nimmt weltweit kontinuierlich ab. Nach Schätzungen **sterben täglich 130 Arten** aus. Der Verlust des Lebensraums gehört heute zu den wichtigsten Bedrohungen der Arten. Die wichtigste Ursache für den Biodiversitätsverlust sind die Landnutzungsänderungen der letzten 100 Jahre. Auch vor Hessen macht der Verlust an Artenvielfalt nicht Halt. In Hessen starben in den letzten 230 Jahren mehr als 140 Pflanzenarten aus. Brutbestände einiger Arten sanken. Beim Kiebitz sanken diese in den letzten 30 Jahren um 85 %. Die Population des Feldhamsters hat sich drastisch reduziert. Die ursprünglich in den Gewässern des Vogelsberges, der Rhön, des Spessarts und des Odenwaldes verbreitete Flussperlmuschel gilt inzwischen als ausgestorben. Trotz verschiedener Erfolge bei der Bestandsvergrößerung oder Wiederansiedlung von Arten sind bei vielen Arten Rückgänge zu beobachten (sogar beim Haussperling) bzw. das Aussterben zu befürchten (z. B. Feldhamster).

Zu den Ursachen gehören neben dem Flächenverbrauch (Versiegelung durch Bau- und Zerschneidung durch Infrastrukturmaßnahmen und Siedlungsentwicklung) auch die Flurbereinigung, der Verlust an vielfältigen Landschaftselementen und eine kleinteiligen Landwirtschaft, der verstärkte Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und die Intensivierung der Landwirtschaft.

Durch die Erstellung der behördlichen Maßnahmenpläne für die Naturschutz- und Natura 2000-Gebiete und die Umsetzung der dort festgelegten Pflegevorgaben trägt Hessen zur Erhaltung der hessischen Tier- und Pflanzenwelt sowie ihrer Lebensräume bei genauso zur Erhaltung des Europäischen Naturerbes bei. Auch

durch die hessische Teichwirtschaft sind eine Reihe von Vogelarten gefördert worden. Zu den Vogelarten, die in den letzten 150 Jahren von der Teichwirtschaft profitierten, zählen u. a. Schwarzhalstaucher, Schnatter-, Kolben-, Tafel- und Moorenten, Reiher und Lachmöwen. Auch für die Artengruppe der Reiher und der Löffler sind bewirtschaftete Teichgebiete als Nahrungshabitate von großem Nutzen. Trockenliegende, vegetationsfreie bzw. -arme Teichböden werden z. B. von Flussregenpfeifern und Kiebitzen genutzt.

Das Land Hessen trägt eine besondere Verantwortung für bestimmte gefährdete Lebensgemeinschaften oder Arten, die einen Verbreitungsschwerpunkt in Hessen haben.

Dies betrifft u. a. die Lebensgemeinschaften der Buchenwälder, bestimmte Tier- und Pflanzenarten wie z.B. Rotmilan, Äskulapnatter, Feldhamster, Knoblauchkröte oder Frauenschuh und breitblättriges Knabenkraut. Für viele von diesen sowie für die Fische Lachs, Maifisch und Schneider im Fließgewässer gibt es Artenhilfskonzepte bzw. -programme mit konkreten Empfehlungen für Hilfsmaßnahmen..

Hessen verfügt als Drehscheibe für den internationalen Verkehr über ein dichtes Netz an Verkehrsinfrastruktur mit der Konsequenz, dass der Anteil an unzerschnittenen verkehrsarmen Räumen mit einer Maschenweite von 100 Quadratkilometer lediglich 15,3 % ausmacht und damit deutlich unter dem Bundesdurchschnitt von 23 % liegt [35]. Dementsprechend muss ein Schwerpunkt hessischer Artenvielfaltspolitik die Biotopverbundplanung sein, die sich auf eine großräumige Vernetzung von Lebensräumen konzentriert. Grundzüge des landesweiten Biotopverbundes werden in Hessen durch den Landesentwicklungsplan festgelegt.

Schutz

Hessen ist über seine Grenzen hinaus für seine einzigartige Natur und Landschaft mit ihrer Vielfalt, Eigenart und Schönheit bekannt. Seine Mittelgebirgslandschaften von Rhön, Spessart, Vogelsberg und Odenwald, die Auenlandschaften von Rhein, Werra, Fulda, Eder und Lahn, die Weinberge des Rheingaus und der Bergstraße sowie die Seen des Waldecker Landes bieten nicht nur den Hessen ein lebenswertes Umfeld und Raum für Erholung, sondern sind auch beliebte Urlaubsziele für viele deutsche und ausländische Gäste.

Zahlreiche internationale Vereinbarungen und Rechtsvorschriften wurden geschlossen, um den Biodiversitätsverlust zu verhindern oder abzumildern. Deshalb sind in Hessen zahlreiche Naturschutz-, FFH- und Vogelschutzgebiete ausgewiesen (ca. 22 % der Landesfläche).

Am 1. Januar 2004 wurden die Buchenwälder südlich des Edersees zum Nationalpark erklärt. Auf einer Fläche von knapp 6000 ha soll im Nationalpark Kellerwald-Edersee allmählich wieder ein Urwald entstehen. Im Nationalpark gibt es rund 55 Gefäßpflanzenarten und vermutlich über 3000 Pilzarten, von denen erst rund 600 erfasst worden sind.

Das Biosphärenreservat Rhön umfasst in Hessen eine Fläche von 63.564 ha Landesfläche. Das Biosphärenreservat ist einerseits ein Rückzugsgebiet für viele, auch bedrohte Tier- und Pflanzenarten, andererseits Lebens-, Wirtschafts- und Erholungsraum. Die Erhaltung der offenen Kulturlandschaft mit ihren Lebensräumen und gleichzeitig deren umweltgerechte Nutzung sind das übergeordnete Ziel. Um Maßnahmen zur Erhaltung der Vielfalt im Biosphärenreservat Rhön zielgerichtet planen und umsetzen zu können, wurden sogenannte Zielarten bestimmt. Hierzu gehören 93 Blühpflanzen, 18 Moosarten, 25 Flechtenarten und 73 Tierarten, wie. z. B. das große Mausohr, das Birkhuhn, der Wachtelkönig und der schwarze Apollofalter.

In einem Kooperationsprojekt des Landes Hessen mit dem Landkreis Darmstadt-Dieburg und weiteren Partnern konzentrieren sich die Maßnahmen zur Sicherung und Erhöhung der Artenvielfalt im waldreichen 9.000 ha großen zentralen und südlichen „Messeler Hügelland“. Der Erhalt und die Stabilisierung der Arten wie Moorfrosch, Laubfrosch, Ziegenmelker und Pillenfarn werden dabei besonders gefördert.

Am 3. Juni 2013 hat das Kabinett der Hessischen Landesregierung die Hessische [Biodiversitätsstrategie](#) [36] verabschiedet. Da absehbar war, dass wir unsere Anstrengungen intensivieren müssen, um den Verlust wirksam einzudämmen wurde die Strategie in der 19. Legislaturperiode fortgeschrieben. Am 1. Februar 2016 verabschiedete das Kabinett die Weiterentwicklung, durch die die angestrebten Maßnahmen in den Aktionsplänen zu den bisherigen Zielen I - X über 50 % gesteigert wurden. Außerdem verpflichteten sich im neuen Ziel XI alle hessischen Ministerien zu eigenständigen Beiträgen zur Erhaltung der biologischen Vielfalt.

Die natürliche Ressource - Luft/Klima

Leistungen

Pflanzen, Tiere und Menschen sind Bestandteil des Sauerstoffkreislaufes in der Atmosphäre. Sauerstoff ist essentiell für das Leben auf unserer Erde und ein wichtiger Bestandteil unserer Atemluft. Die Bereitstellung sauberer Luft ist eine fundamentale Leistung der biologischen Vielfalt für das Leben auf unserer Erde.

Welche Dienste leistet uns die Ressource Luft?

- dient als Reservoir für Sauerstoff
- stellt den Hauptspeicher für den Nährstoff Stickstoff
- dient als Reservoir für Kohlendioxid
- schützt Lebewesen vor UV-Strahlung aus dem Weltraum
- lässt lebenswichtiges Sonnenlicht (Energiequelle) durch
- schützt vor schneller Auskühlung und Überhitzung (z. B. Wärmeausgleich zwischen Tag und Nacht)
- sichert gemäßigte mittlere Temperatur auf der Erdoberfläche durch natürlichen Treibhauseffekt
- transportiert Wärme und Luftmassen aus dem Bereich des Äquators in mittlere Breiten (Wetterdynamik)
- transportiert Wasserdampf durch dynamische Zirkulationsprozesse und Verteilung des Niederschlags
- ist Teil lebensnotwendiger Stoffkreisläufe, u. a. Wasserkreislauf, Stickstoffkreislauf und Kohlenstoffkreislauf
- verteilt natürliche und anthropogene Emissionen und wandelt diese um (Oxidation, Reaktion mit Radikalen)
- schützt vor dem Einschlag kleiner Meteoriten, die wegen der großen Reibung beim Eintritt in die Atmosphäre verglühen und die Erdoberfläche nicht erreichen
- ermöglicht die Nutzung der Windenergie

Zustand

Der Zustand der Luft wird anthropogen einerseits durch die Emission klimawirksamer Gase und andererseits durch den Ausstoß von Luftschadstoffen beeinflusst. Dadurch kann die Leistungsfähigkeit der Atmosphäre signifikant verschlechtert werden. Die Bilanzierung abgeleiteter Emissionen ist damit eine wichtige Kennzahl für die Inanspruchnahme unserer Ressource Luft.

Seit Beginn der industriellen Revolution sind die CO₂-Konzentrationen global um 40 % angestiegen und forcieren als klimawirksames Gas zusätzlich den Treibhauseffekt. In den letzten 250 Jahren hat sich die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre von 200 bis 270 ppm (parts per million) auf etwa 380 ppm erhöht. Staaten wie China, Indien, Russland und Brasilien schließen im Hinblick auf Wirtschaftsentwicklung und Emissionsverhalten zu den Industrienationen auf. Etwa 60 % des anthropogen verursachten Treibhauseffektes gehen auf CO₂-Emissionen zurück. Weitere Treibhausgase Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) stammen aus der Landwirtschaft. Hausmülldeponien mit unbehandelten organischen Abfallanteilen weisen beachtliche Methanfreisetzungen auf.

Die Wissenschaftler des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) fordern nachdrücklich, dass die Weltgemeinschaft Maßnahmen ergreift, um den Ausstoß klimarelevanter Emissionen zu reduzieren und den Temperaturanstieg auf maximal 2 Grad zu begrenzen, da andernfalls mit erheblichen Konsequenzen, wie z. B. dem Anstieg des Meeresspiegels mit der Folge erheblicher Landverluste in den weltweiten Küstenregionen, der Zunahme extremer Wetterphänomene wie Hitzewellen und Dürreperioden, Hochwasser und dem Verlust fruchtbarer Böden, durch die klimatischen Veränderungen zu rechnen ist [37].

Zur Beurteilung unserer Luftnutzung ist eine umfassende Bestandsaufnahme der vorhandenen Emissionen, Immissionen sowie der meteorologischen Gegebenheiten notwendig. Bezogen auf das Bundesland Hessen emittierte die Industrie 11,1 Millionen Tonnen CO₂ im Jahr 2011. Im Bereich der Haushalte, Gewerbe und Dienstleistungen wurden insgesamt 26,8 Millionen Tonnen CO₂ emittiert und der Verkehrssektor war in Hessen mit etwa 13,7 Millionen Tonnen CO₂ beteiligt [38].

Neben der Reduzierung der Treibhausemissionen ist in den letzten Jahrzehnten auch ein starker Rückgang der industriellen Schadstoffemissionen zu beobachten

[39]. Dies ist u. a. auf wichtige technische Maßnahmen zur Entschwefelung und Entstickung bei Großfeuerungsanlagen sowie generell der Modernisierung von Produktionsverfahren und Fortschritte bei der industriellen Abluftreinigung zurückzuführen. Auch im Bereich der Gebäudeheizung sind in den letzten Jahrzehnten die Schadstoffemissionen insgesamt stark zurückgegangen. Ein solcher Schadstoffrückgang hat im Bereich des Verkehrs erst in den letzten Jahren eingesetzt. Die Maßnahmen setzen auf mehreren Ebenen an: beim Motor, bei der Abgasreinigung sowie bei der Kraftstoffzusammensetzung. Die wichtigsten Änderungen sind die Verbesserung der Motortechnik, die Einführung des Katalysators (Emissionsverringern von Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO_x) und volatile organische Kohlenwasserstoffverbindungen (VOC)), die Verwendung von bleifreiem Benzin, die Senkung des Schwefelgehalts im Treibstoff und jüngst der Einbau von Partikelfiltern sowie SCR-Abgasreinigungsanlagen (SCR =selektive katalytische Reduktion) bei Diesel-Kfz.

Im Hinblick auf Luftschadstoffe, erfolgt eine dauerhafte Beurteilung der Luftqualität immissionsseitig also einwirkungsbezogen. Mit dem [Luftmessnetz Hessen](#) [40] erfasst das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) seit Jahren die Luftqualität in Hessen. Hier zeigen sich die Erfolge der Schadstoffreduzierungen auf der Emissionsseite auch immissionsseitig, z. B. für Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}). Seit einigen Jahren wird hessenweit sowohl der gesetzliche Jahresmittelwert, als auch die zulässige Anzahl an Überschreitungen des Tagesmittelwertes für PM₁₀ eingehalten. Bei anderen Schadstoffkomponenten besteht dagegen noch deutlicher Handlungsbedarf. So wird an einer Vielzahl verkehrsnaher, städtischer Luftmessungspunkte der Grenzwert für das Jahresmittel Stickstoffdioxid überschritten [41].

Schutz

Mit dem [Integrierten Klimaschutzplan Hessen 2025](#) [42] sollen folgende Ziele umgesetzt werden: Bis 2050 will Hessen klimaneutral sein. Die Treibhausgasemissionen sollen im Vergleich zum Jahr 1990 bis 2050 um mindestens 90 % reduziert werden. Bereits bis 2020 sollen die Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 um 30 Prozent und bis zum Jahr 2025 um 40 % sinken.

Luftschadstoffe können im Gegensatz zu klimawirksamen Gasen die menschliche Gesundheit direkt beeinträchtigen oder schädigen. Beispielsweise bei Feinstaub

hängt die gesundheitliche Wirkung neben der Zusammensetzung auch von der Größe und der damit zusammenhängenden Eindringtiefe der Teilchen zusammen. PM₁₀ kann beim Menschen vom Nasen-Rachenraum bis in die Luftröhre, PM_{2,5} bis in die Bronchien und Lungenbläschen und ultrafeine Partikel (bis 100 Nanometer) bis in das Lungengewebe und von dort sogar in den Blutkreislauf eindringen. So reichen die gesundheitlichen Folgen von Schleimhautreizungen und lokalen Entzündungen in der Luftröhre und den Bronchien oder den Lungenalveolen bis zu verstärkter Plaquebildung in den Blutgefäßen, einer erhöhten Thromboseneigung oder Veränderungen der Regulierungsfunktion des vegetativen Nervensystems.

Zum Schutz von Mensch und Umwelt vor schlechter Luftqualität gibt es eine Vielzahl von Vorschriften, für deren Vollzug und Umsetzung in vielen Fällen die Bundesländer verantwortlich sind. Dazu gehören einerseits vor allem die Überwachung der Einhaltung von Emissions- und Immissionsbegrenzungen bei Gewerbe und Industriebetrieben. Etwaige Auswirkungen auf das Schutzgut Luft werden bei größeren Vorhaben oder betrieblichen Veränderungen bereits im Rahmen von Genehmigungsverfahren im Vorfeld der Realisierung umfassend durch die zuständigen Landesbehörden geprüft. Dabei werden der Stand der Technik bzw. die besten verfügbaren Techniken zugrunde gelegt und nach Maßgabe des gültigen Rechts die maximal zulässigen Emissions- und Immissionsbegrenzungen festgelegt. Andererseits erfolgt davon unabhängig eine dauerhafte flächendeckende Überwachung der Luftqualität in Hessen durch das HLNUG.

Eine bedeutende Vorschrift, welche europaweite Standards für die Luftqualität regelt, hat die Europäische Union im Mai 2008 mit der Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa verabschiedet. Die Umsetzung in deutsches Recht erfolgte im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und in der Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen. Von besonderer Bedeutung sind die in der Verordnung festgelegten Immissionsgrenzwerte, die zum Schutz der menschlichen Gesundheit nicht überschritten werden dürfen.

Der Gesetzgeber sieht vor, dass bei Überschreitungen dieser Immissionsgrenzwerte Luftreinhaltepläne aufgestellt werden. In enger Zusammenarbeit mit den betroffenen Kommunen werden dort konkrete Maßnahmen festgelegt, die zu einer dauerhaften Verminderung der Schadstoffbelastung führen sollen. Die Aufstellung und Fortschreibung der Luftreinhaltepläne erfolgt durch das Hessische

Umweltministerium. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Immissionsgrenzwerte nur an innerstädtischen Verkehrsschwerpunkten überschritten werden. Der Verkehr bedingt hier teilweise über 70 % der Stickstoffdioxid-Immissionen, während Industrieanlagen und Gebäudeheizung typischerweise nur im kleinen einstelligen %-Bereich beitragen. Dabei wiederum haben Diesel-Pkw einen überproportional hohen Anteil.

Der Emissionsstandard von Fahrzeugen wird durch ihre Einstufung nach der Euronorm bestimmt. Die Europäische Union legt mit den Euronormen Abgasgrenzwerte für verschiedene Luftschadstoffe fest, die ab einem bestimmten Zeitpunkt von neuen Motoren und Fahrzeugen nicht mehr überschritten werden dürfen. Ihre Einhaltung muss in einem Prüfzyklus nachgewiesen werden.

Zur Verbesserung der Luftqualität wurden die Abgasgrenzwerte immer weiter verschärft. Dabei durften Dieselfahrzeuge zulässigerweise deutlich mehr emittieren als Benzinfahrzeuge. Bis heute erfolgte noch keine Angleichung der Abgasgrenzwerte.

Der Nachweis der Einhaltung der Abgasgrenzwerte erfolgt im Labor auf einem Rollenprüfstand. Der NEDC (new european driving cycle) war bis zum 31. August 2017 der geltende Prüfstandard für neue Fahrzeugmodelle. Er stand allerdings seit Jahren in der Kritik, weil der Prüfstandtest deutlich von realen Bedingungen im alltäglichen Straßenverkehr abweicht. Insbesondere werden hier sogenannte Thermofenster ausgenutzt, die die Abgasreinigung bei Temperaturen unterhalb von ca. 17° C, nach Herstellerangaben zum Schutz des Motors, abschalten.

Bei benzingetriebenen Fahrzeugen (Pkw und leichte Nutzfahrzeuge) hat die Verschärfung der EU-Emissionsgrenzwerte trotz des realitätsfernen Testzyklus zu einer deutlichen Reduzierung der NO_x-Emissionen geführt. Seit Einführung der Euro-3-Norm emittieren Benzinfahrzeuge nur noch sehr geringe Mengen an Stickoxiden

Seit Jahren war bekannt, dass Dieselfahrzeuge die festgelegten Abgasgrenzwerte im normalen Fahrzeugbetrieb bei weitem nicht einhalten. Der dafür verantwortliche Typprüfzyklus war für schwere Nutzfahrzeuge bereits 2011 geändert worden, so dass neue Euro-VI-Lkw und -Busse auch im Realbetrieb den NO_x-Emissionsgrenzwert im Wesentlichen einhalten. Dagegen emittieren Euro-6-Diesel-Pkw, aber auch leichte dieselgetriebene Nutzfahrzeuge noch immer sehr viel höhere Stickoxidmengen.

Bedeutende abiotische Rohstoffe für Hessen

Zu den abiotischen Rohstoffen gehören neben den fossilen Brennstoffen (Kohle, Gas und Erdöl) auch bedeutende Industriemineralien wie Phosphor, Kalisalze, mineralische Baumaterialien sowie Metalle. 17,3 Millionen Tonnen an fossilen Rohstoffen (Erdölprodukte, Erdgas und Kohle) werden in Deutschland stofflich genutzt [43].

Abiotische Rohstoffe sind insbesondere für die Herstellung und Fertigung industrieller technischer Produkte bedeutsam.

Mineralische Baumaterialien in und für Hessen

Mineralische Rohstoffe sind eine unverzichtbare Grundlage menschlicher Existenz. Sie werden in der Bauindustrie und in allen Bereichen des täglichen Lebens in großen Mengen benötigt.

In Hessen werden jährlich über 30 Mio. Tonnen mineralischer Rohstoffe gefördert. Die wichtigsten oberflächennahen Bodenschätze in Hessen sind:

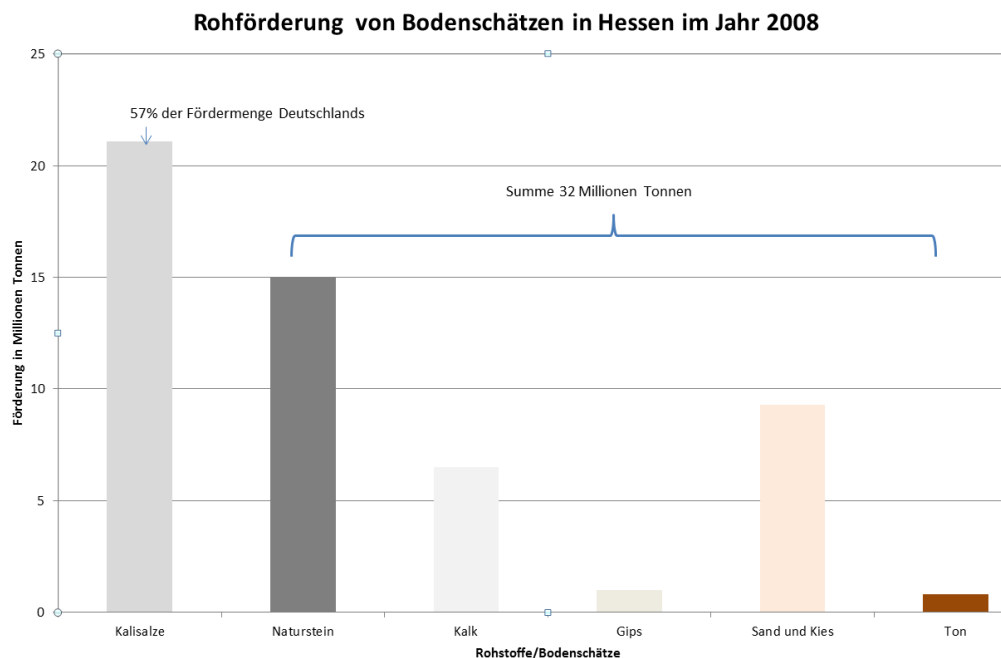


Bild 4: Rohförderung von Bodenschätzen in Hessen, 2008 [44]

Diese und andere mineralische Rohstoffe sind nicht unbegrenzt verfügbar. Sie sind standortgebunden; man findet sie ausschließlich dort, wo sie durch geologische Prozesse in der Erdgeschichte entstanden sind.

Für den Abbau mineralischer Rohstoffe sind (zeitlich begrenzte) Flächenbeanspruchungen unvermeidlich. Andere Flächennutzungen konkurrieren häufig um dieselben Flächen und können die Verfügbarkeit von mineralischen Rohstoffen reduzieren (siehe auch Kapitel Boden/Fläche).

Die Ausweisung von Rohstoffsicherungsflächen birgt wegen konkurrierender Nutzungsansprüche in der Planung ein Konfliktpotenzial. Um solche Konflikte zu versachlichen, erarbeitete das Hessische Umweltministerium bereits vor 10 Jahren das „[Rohstoffsicherungskonzept Hessen](#)“ [45].

Der Bausektor trägt bedeutend zum Ressourceneinsatz bei. Zugleich stellen mineralische Bauabfälle den mit Abstand größten Abfallmassenstrom dar, für den eine möglichst hochwertige Verwertung anzustreben ist.

Eine Gesteinskörnung, die aus recyceltem Bauschutt besteht, kann Substitut für Kies sowie anderes gebrochenes Primärgestein sein. Ihre Verwendung führt dementsprechend zu einem reduzierten Abbau und Einsatz von Primärbaustoffen und gleichzeitig zu einer verringerten zu deponierenden Menge an Bauschutt. Haupteinsatzgebiet für Recyclingbaustoffe ist vor allem der Tiefbau. Insbesondere beim Straßenaufbruch wird mit fast 98 % die höchste Verwertungsquote im Bausektor erreicht, wie der Monitoringbericht der Initiative Kreislaufwirtschaft Bau 2014 (erschienen im Jahr 2017) darlegt. Auch der Landesbetrieb Hessen Mobil führt den Großteil der verschiedenen Ausbaustoffe im Sinne einer hochwertigen Wiederverwendung in den Stoffkreislauf zurück.

Aber auch im Hochbau ist eine Verwendung als Zuschlagsstoff zur Herstellung von Recycling-Beton möglich. Im Idealfall gelangen so Altmassen aus dem Hochbau wieder in die Produktion eines Baustoffes für den Hochbau. So kann der Kreislauf idealtypisch geschlossen werden. Bei Einhaltung von geringen Transportdistanzen lässt sich durch die Verwendung von Recycling-Beton auch der Ausstoß von CO₂ reduzieren. Durch den Einsatz von recyceltem Beton stellen hochwertiges und ressourcenschonendes Bauen keinen Gegensatz dar.

Die Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen leistet einen Beitrag zur Befriedigung der Nachfrage nach mineralischen Baustoffen und trägt so zur Schonung mineralischer Rohstoffe bei. Ziel muss es daher sein, die Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen im Tiefbau auf dem derzeit hohen Niveau zu stabilisieren und dabei auch die Belange des vorsorgenden Grundwasser- und Bodenschutzes angemessen zu berücksichtigen.

Bedeutende Erze/Metalle für Hessen

Als bedeutende Metalle gelten für Hessen eisenhaltige (FE) und nicht eisenhaltige (NE) Metalle sowie Edel- und Technologiemetalle. Im Jahr 2017 wurden Metalle im Wert von 58,6 Milliarden Euro [46] von Deutschland importiert. Bei den Metallen Aluminium, Blei, Kupfer, Nickel und Zinn gehört Deutschland mit China, den USA, Indien, Japan und Südkorea zu den fünf nachfragestärksten Ländern weltweit. Hessen verfügt über keine eigenen Gewinnungsanlagen für Metallerze und ist damit extrem importabhängig im Hinblick auf metallische Rohstoffe. In Hessen hat allein die Metall- und Elektroindustrie fast 200.000 Beschäftigte. Dieser Sektor umfasst die Automobil- und Zuliefererbranche, die Elektro und Elektronikindustrie, den Maschinen- und Anlagenbau sowie die Metallerzeugung und- verarbeitung und als hessische Besonderheit auch die Feinmechanik und Optik.

Für den bestehenden Rohstoffbedarf der hessischen Industrie gibt es momentan keine Datengrundlage. Eine Hauptursache für die nicht vorhandenen Daten ist wohl darin zu sehen, dass teilweise keine Rohstoffe, sondern bereits Halbwaren und vorgefertigte Komponenten eingekauft werden. In einer Studie „Ressourcenstrategie für Hessen unter besonderer Berücksichtigung von Sekundärrohstoffen“ im Auftrag des hessischen Umweltministeriums aus dem Jahr 2011 [28] fand eine Analyse des hessischen Rohstoffbedarfs mit den identifizierten Mangelressourcen statt. Hierbei wurde festgestellt, dass Indium, Platin und Seltene Erden zu den Rohstoffen mit der höchsten Bedeutung für die hessische Industrie gehören. Ebenfalls wichtig sind die Metalle Chrom, Kobalt, Gallium, Germanium, Kupfer, Lithium, Silber Tantal, Tellur und Zirkonium für die hessische Industrie.

Bedeutende Industriemineralien

Phosphor und Phosphate

Phosphor ist für alle Lebewesen ein lebensnotwendiges Element und ein lebensnotweniger Baustoff für Knochen und Zellen. Phosphor ist eine endliche, knappe und nicht substituierbare Ressource (siehe auch Kapitel über natürliche und technische Kreisläufe). Europa verfügt nicht über eigene Phosphor-Lagerstätten. 2014 hat die Europäische Kommission erstmals Phosphor als kritischen Rohstoff im Hinblick auf die europäische Versorgungssicherheit aufgeführt.

In 2016 wurden lt. US Geological Survey rund 260 Millionen Tonnen Rohphosphat in kontinentalen Lagerstätten abgebaut und etwa 54 Millionen Tonnen Phosphatdünger (P_2O_5) produziert [47]. Davon werden rund 82 % für die Landwirtschaft eingesetzt. Preissprünge und Lieferengpässe hatten das Interesse der Öffentlichkeit auf die Frage gelenkt, ob auch zukünftige Generationen noch über genügend Phosphorreserven verfügen, um damit ausreichend Nahrungsmittel für die Weltbevölkerung zu produzieren. Die UN geht davon aus, dass annähernd 10 Milliarden Menschen im Jahr 2050 unseren Planeten bewohnen. Damit wird eine Verdoppelung der Nachfrage an Phosphat erwartet. Es gilt also die Leistungsfähigkeit unseres Planeten im Hinblick auf Nahrungsmittelversorgung sicherzustellen und die dafür notwendigen Voraussetzungen zu schaffen [48].

Über menschliche Ausscheidungen sowie bei übermäßigem Düngemittelleinsatz gelangt Phosphor in Grund- und Oberflächenwasser. In Flüssen, Seen und Meeren führt eine erhöhte Phosphorfracht zur Eutrophierung und beeinflusst so das aquatische Ökosystem. Ziel ist es deshalb Phosphor aus der Abwasserentsorgung u. a. für Düngemittelzwecke zurück zu gewinnen.

Kalialzengewinnung in Hessen

Die zum Rohstoffkonzern K+S gehörende K+S Kali GmbH fördert in Hessen in den Werken Werra und Neuhoof-Ellers Kalium- und Magnesiumsalze. Etwa die Hälfte der deutschen Kaliprodukte wird in diesen hessischen Kaliwerken hergestellt. Jährlich werden rund 23 Millionen Tonnen Rohsalz gefördert und zu hochwertigen Produkten für die Landwirtschaft (Pflanzennährstoffe) und für industrielle Anwendungen (u. a. pharmazeutische Produkte) weiterverarbeitet. In Verbindung mit der Produktion und

der Aufhaltung der festen Rückstände fallen salzhaltige Abwässer an, die direkt in die Werra eingeleitet bzw. in den Untergrund (Plattendolomit) versenkt werden.

Im Zeitraum von 2000 bis 2015 hat sich das Abwasseraufkommen von jährlich 15 Millionen Kubikmeter auf rund 7 Millionen Kubikmeter verringert. Dies wurde vor allem durch innerbetriebliche Investitionen in den Umweltschutz erreicht. Trotz der erheblichen Reduzierung des Salzabwasseranfalls in den letzten Jahrzehnten und der damit verbundenen Entlastungen für die Grundwasser- und Oberflächenwasserkörper stellte die Salzabwassereinleitung die dominierende Belastung der Gewässergüte von Werra und Weser dar. Mit den bisher von K+S ergriffenen Maßnahmen alleine können die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) nicht erreicht werden.

Daher hat die Weser-Ministerkonferenz als Beschlussebene der Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser) am 18. März 2016 einvernehmlich den detaillierten Bewirtschaftungsplan Salz 2015 bis 2021 und das detaillierte Maßnahmenprogramm Salz 2015 bis 2021 beschlossen. Länderübergreifend wurde mit allen Weseranrainern gemeinsam ein Plan beschlossen, der den Zielen der WRRL und den Anforderungen der EU-Kommission Rechnung trägt. Ziel ist das Erreichen eines guten ökologischen Zustandes am Pegel Boffzen im Jahr 2027 sowie eine Halbierung der Chlorid-Belastungen in der durch den Kalibergbau hochbelasteten Werra am Pegel Gerstungen im Jahr 2027. Zum nachhaltigen Schutz des Grund- und Trinkwassers ist eine Beendigung der Versenkung spätestens im Jahr 2021 vorgesehen. Das Land Hessen hat sich für die erreichte, länderübergreifende Lösung stark gemacht.

Zentrale Elemente der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen sind eine stärkere Wertstoffrückgewinnung, das Abdecken und Begrünen der Kali-Rückstandshalden und das Einstapeln und der Versatz in Grubengebäuden unter Tage. Die verabschiedeten Elemente zur Verminderung und Vermeidung der Salzkonzentration basieren im Wesentlichen auch auf den Lösungsoptionen des Masterplans Salz des Landes Hessen und wurden im Rahmen der Aufstellung der Bewirtschaftungsplanung in das detaillierte Maßnahmenprogramm Salz 2015 bis 2021 der FGG Weser integriert. Der Umsetzungsprozess wird durch das Land Hessen sowie die AG Salzreduzierung der FGG Weser, in der das Land Hessen mitwirkt, kontinuierlich begleitet [49].

Bedeutende biotische Rohstoffe für Hessen

Biotische Rohstoffe sind sämtliche tierischen und pflanzlichen Stoffe, die nicht in fossile Rohstoffe umgewandelt worden sind. Hierzu gehören z. B. Holz, Fleisch, Getreide und Heu.

Der hessische Wald hat eine Größe von rund 894.000 Hektar. Dies entspricht 42,3% der Landesfläche Hessens und 8 % des Waldes in Deutschland. Die Waldfläche hat zwischen 2002 und 2012 um etwa 4.800 Hektar zugenommen. Hintergrund sind Aufforstungsmaßnahmen. Der Laubbaumanteil in Hessen liegt zwischenzeitlich bei 59 % und hat weiter zugenommen. Die Buche ist die am häufigsten vertretene Baumart mit einem Anteil von 31 % in Hessen, gefolgt von der Fichte mit 22 %, der Eiche mit 14 % und der Kiefer mit einem Anteil von 10 %. Die Rohstoffversorgung aus heimischen Wäldern ist eine bedeutende Leistung des hessischen Waldes.

In Hessen werden ca. 6 Millionen Erntefestmeter Holz jährlich genutzt. Davon stammt 39 % aus dem Staatswald, 37 % aus Kommunalwäldern und 24 % aus Privatwäldern. Der aktuelle Verbrauch pro Einwohner und Jahr liegt bei ca. 1,3 Kubikmeter Holz [50]. Der Holzeinschlag stellt sich wie folgt in Hessen seit 2000 dar:

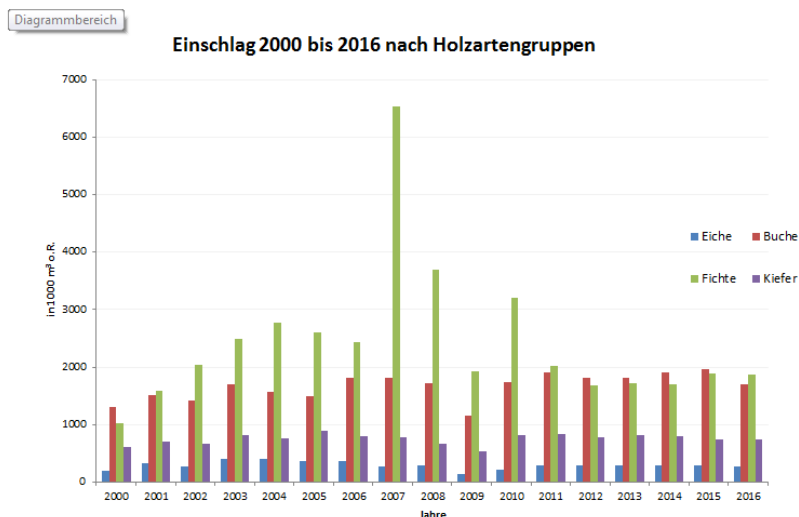


Bild 5: Holzeinschlag in Hessen 2000 bis 2016

Der Hessische Wald weist günstige Strukturen auf, um den vielfältigen Anforderungen aus forstwirtschaftlicher Rohstoffversorgung, Naturschutz, Klima- und Umweltschutz gerecht zu werden.

Mit 466.823 Hektar wird auf 61 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Hessen Ackerbau betrieben. Die bedeutendste Kultur auf dem Ackerland ist Weizen mit einem Flächenanteil von 35 % der hessischen Ackerfläche, gefolgt von Gerste mit einem Anteil von 18 %, Winterraps 13 % und Silomaisanbau mit 10 % Ackerfläche.

Welcher Anteil der hessischen Ackerflächen für Nahrungs-, Futtermittel oder Energiezwecke genutzt wurde, wird statistisch nicht erfasst. Schätzungen zufolge wurden in Hessen im Jahr 2016 rund 16,3 % der Ackerfläche (dies entspricht etwa 76.060 Hektar) für den Energiepflanzenbau genutzt. Basierend auf den bundesweiten Zahlen wurden 10,7 % der Ackerfläche für Biokraftstoffe benötigt. Auf 19.700 Hektar wird Silomais als Substrat für Biogasanlagen erzeugt, die restlichen 32.300 Hektar Maisfläche dienen der Körnergewinnung und als Viehfutter.

Auf Grund verschiedener Nutzungsansprüche ist die landwirtschaftlich genutzte Fläche stark zurückgegangen (vergleiche Kapitel Boden). Seit 1950 hat sich in Hessen die pro Einwohner zur Verfügung stehende Ackerfläche von 0,15 Hektar (1.500 m²) auf nunmehr 0,0755 Hektar (755 m²) nahezu halbiert. In wissenschaftlichen Studien wurde auf Grundlage des europäischen Konsums von Anbau-Agrargütern ein Bedarf von 0,29 Hektar (2.900 m²) pro Einwohner ermittelt. Das entspricht annähernd dem Vierfachen der tatsächlich in Hessen für die Erzeugung von Anbau-Agrargütern zur Verfügung stehenden Ackerfläche pro Kopf.

Die hessische Dauergrünlandfläche macht mit rd. 294.157 Hektar etwa 38 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche aus. Ihr Aufwuchs dient vor allem für Wiederkäuer als Futterfläche. Dauergrünland übernimmt zudem wichtige Funktionen bei der CO₂-Bindung und dem Artenschutz. Um die vielfältigen Funktionen des Dauergrünlands, insbesondere auch als Lebensraumtypen nach der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie zu erhalten, muss es bewirtschaftet werden, da es ansonsten der Sukzession verfällt.

Der ökologische Landbau ist den Prinzipien geschlossener Kreisläufe, dem Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und der Erhöhung der Artenvielfalt in besonderem Maße verpflichtet. Der Erhalt und Ausbau des Öko-Landbaus als nachhaltigste Form der Landbewirtschaftung ist deshalb ein erklärtes Ziel der Landesregierung. In 2017 wurde in Hessen eine Fläche von 104.608 Hektar von über 2.090 Betrieben ökologisch bewirtschaftet [51]. Hessen liegt mit 13,5 % ökologisch bewirtschafteter landwirtschaftlicher Nutzfläche im Spitzenbereich der Bundesländer.

Im Jahr 2016 belief sich der hessische Rinderbestand auf 448.935 Tiere und der Schweinebestand auf 584.900. Es wurden 2.389.900 Stück Geflügel gehalten (Zahl aus 2013). Die landwirtschaftlichen Nutztierbestände sind seit Jahren rückläufig. Einzig die Geflügelbestände nahmen seit 2005 wieder zu [52]. Für die auf Nutzung angewiesenen Dauergrünlandflächen fehlt es durch die absinkenden Rinderbestände zunehmend an Verwertungsmöglichkeiten für den Aufwuchs.

Die Frage, welchen Anteil die hessischen Nutztierbestände zur Versorgung der Bevölkerung leisten können, ist nur näherungsweise zu beantworten, da diese Daten für einzelne Bundesländer nicht mehr erfasst werden. Die bundesweit ermittelten Daten wurden mit dem statistischen Pro-Kopf-Verbrauch auf die hessische Bevölkerung hochgerechnet. Daraus ergibt sich folgender Selbstversorgungsgrad für Hessen (Basis 2016):

| Fleischsorte | Selbstversorgungsgrad |
|------------------------|------------------------------|
| Rind- und Kalbsfleisch | 49% |
| Schweinefleisch | 34% |
| Geflügelfleisch | 29% |

Hessen weist einen Gesamtverbrauch an Fleisch von 526.217 Tonnen auf. Dem steht eine anhand der Nutztierbestände hochgerechnete Produktionsmenge von 186.245 Tonnen gegenüber.

Die hessische Viehhaltung hat einen Gesamteiweißbedarf von etwa 270.000 Tonnen Protein. Unter Anrechnung des im Grundfutter und im Getreide der Futterrationen enthaltenen Proteingehaltes verbleibt ein Ergänzungsbedarf von knapp 55.000 Tonnen, der als Ergänzungsfuttermittel abzudecken ist. Häufig geschieht dies durch zum Teil gentechnisch verändertes Sojaextraktionsschrot. Durch das bei der Rapsölgewinnung anfallende Rapsextraktionsschrot könnten etwa 80 % (Zahlen aus 2012) [53] des für Hessen kalkulierten Ergänzungsbedarfs an Zukauf-Protein gedeckt werden. Raps stellt damit die wichtigste heimische Eiweißquelle für Ergänzungsfutter dar. Zur weiteren Verringerung der Importabhängigkeit von Soja und um dem Abholzen von Regenwäldern zum Anbau von Soja nicht weiter Vorschub zu leisten, wurde 2015 in Hessen die „Initiative gentechnikfreie Futtermittel“ gestartet.

Eine Besonderheit im Vergleich zum restlichen Bundesgebiet sind die guten Standortbedingungen für Teichwirtschaft. Hauptsächlich werden Forellen und Karpfen produziert. Trotzdem ist der Selbstversorgungsgrad an Fisch und Fischprodukten in Hessen gering. Er liegt bei lediglich 0,67 %.

Bioabfall

Zu den Bioabfällen gehören gemäß Bioabfall-Verordnung Garten- und Parkabfälle, Landschaftspflegeabfälle, Nahrungs- und Küchenabfälle aus Haushaltungen, aus dem Gaststätten- und Cateringgewerbe, aus dem Einzelhandel und vergleichbare Abfälle aus Nahrungsmittelverarbeitungsbetrieben, sowie sonstige vergleichbare Abfälle. Bioabfälle sind wertvolle Nährstoff- und Humuslieferanten und dienen als regenerative Energieressource. In Hessen werden seit über 20 Jahren Bioabfälle auf hohem Niveau getrennt gesammelt. In 2016 waren dies über 860.000 Tonnen. Dies entspricht einer Menge von 139 kg pro Einwohner und Jahr. Bis 2025 wird erwartet, dass die getrennte Bioabfallfassung in Hessen weiterhin steigt [11]. Insbesondere soll die Sammlung aus Küchen- und Speiseabfällen optimiert werden, die aus Bequemlichkeit und Unwissenheit im Restmüll entsorgt werden. Hier unterstützte das Hessische Umweltministerium im Jahr 2016 mit Kommunen gemeinsam die „[Aktion Biotonne](#)“ [54].

Stoffliche Nutzung biotischer Rohstoffe

Bei der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe stehen die Werkstoffeigenschaften, die chemische Zusammensetzung oder die Verarbeitbarkeit im Vordergrund. Stofflich genutzt werden Holz und landwirtschaftliche Produkte hinsichtlich ihrer verschiedenen Eigenschaften und Inhaltsstoffe (Pflanzenöle, Stärke, Zucker, Pflanzenfasern, pflanzliche Farbstoffe, medizinische Wirkstoffe).

Nachwachsende Rohstoffe können stofflich sehr vielseitig eingesetzt werden. Sie finden Verwendung als Bau- und Dämmstoffe, bei Papier und Pappe, als Farben und Lacke, als Werk- und Schmierstoffe sowie als Zwischen- und Endprodukte für die chemische Industrie.

In der Kunststoff- und Automobilindustrie ersetzen nachwachsende Rohstoffe zunehmend petrochemisch hergestellte Werkstoffe. Durch die stoffliche Nutzung kann CO₂ für die Nutzungsdauer gebunden werden.

Wesentliche Voraussetzung für eine möglichst effiziente Nutzung der biotischen Ressourcen ist die Kaskaden- und Koppelnutzung von Biomasse. Bei einer *Kaskadennutzung* wird ein und derselbe Stoff mehrfach hintereinander wiederverwendet, wobei er nach Möglichkeit seine Eigenschaften behalten soll. Erst, wenn eine erneute stoffliche Nutzung nicht mehr sinnvoll ist, steht am Ende seine thermische Verwertung. Eine Koppelnutzung liegt vor, wenn bei der Produktion eines bestimmten Stoffs anfallende Reststoffe ebenfalls einer sinnvollen Verwertung zugeführt werden (Beispiel: Rapsextraktionsschrot (Nebenprodukt der Rapsölproduktion) nutzbar als Eiweißfutter).

Energiewende Hessen

Die bezahlbare und sichere Bereitstellung mit Energie stellt eine zentrale Voraussetzung für die Wahrung und Sicherstellung der wirtschaftlichen Entwicklung unserer Gesellschaft dar. Die Energieimportabhängigkeit ist sehr hoch und aufgrund der sich perspektivisch einstellenden Ressourcenverknappung bei den fossilen Energieträgern ein zunehmendes Risiko. Die Ressourcenverfügbarkeit stellt neben der Klimadiskussion in Bezug auf die CO₂-relevanten Energieträger das maßgebliche Argument für die Energiewende dar.

Bereits 2011 wurden die Weichen für die hessischen Energiewendeaktivitäten gestellt. Danach soll die Deckung des Endenergieverbrauchs in Hessen (Strom und Wärme) bis zum Jahr 2050 möglichst zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien erfolgen. Zudem sollen über die Steigerung der Energieeffizienz deutliche Energieeinsparungen realisiert werden. Gerade die Energieeinsparung und die Verbesserung der Energieeffizienz leisten einen entscheidenden Beitrag zum Gelingen der Energiewende. Mit dem Ausbau der Erneuerbaren Energien allein ist das hessische Ziel einer zu 100 % auf den Erneuerbaren Energien beruhenden Energieversorgung nicht zu erreichen.

Für Hessen wird für das Jahr 2016 aus den bisher vorliegenden Daten ein Primärenergieverbrauch in Höhe von insgesamt 895 PJ bzw. 249 Terrawattstunden (TWh) prognostiziert. Das sind 19 Petajoule (PJ) bzw. 2,2 Prozent mehr als im Jahr 2015. Nach dem besonders milden Jahr 2014 mit dem bisher niedrigsten Primärenergieverbrauch in Höhe von 847 PJ ist damit das zweite Jahr in Folge eine leichte Zunahme des Primärenergieverbrauchs festzustellen. Dadurch setzt sich auch der bis zum Jahr 2012 zu beobachtende langfristig abwärts gerichtete Trendverlauf des PEV aktuell nicht weiter fort. Mehr Informationen zum Primärenergieverbrauch im Monitoringbericht 2017 [55].

Der Endenergieverbrauch für Hessen beträgt nach erster Schätzung für das Jahr 2016 insgesamt 815 PJ bzw. 226 TWh. Gegenüber 2015 ist dies ein Anstieg um 16 PJ bzw. 1,9 Prozent. Laut Schätzung des Leipziger Instituts für Energie dürfte im Jahr 2016 damit der höchste Wert seit 2009 erreicht worden sein. Ähnlich wie beim Primärenergieverbrauch setzte sich die langfristig abwärts gerichtete

Trendentwicklung nicht fort. Mehr Informationen zum Endenergieverbrauch in Hessen im Monitoringbericht 2017 [55].

Aufgrund der hohen Bedeutung des Verkehrssektors mit dem internationalen Flughafen Frankfurt prägt vor allem Mineralöl mit ca. 52 Prozent den Energieverbrauch in Hessen.

Ziel muss es sein, einerseits das Delta zwischen dem fossilen Primärenergieverbrauch und Endenergieverbrauch zu minimieren und Verluste beim Energietransport zu verhindern, andererseits Energie nur dann zu beanspruchen, wenn sie zur Aufrechterhaltung erwünschter Funktionalitäten notwendig ist. Energieeinsparungen und die Steigerung der Energieeffizienz sind deshalb ein weiteres wesentliches Handlungsfeld der Energiewende in Hessen. Hier sind ebenfalls Fortschritte festzustellen. Der Rückgang des Endenergieverbrauchs bei gleichzeitigem Anstieg der hessischen Wirtschaftsleistung (gemessen am realen Bruttoinlandsprodukt (BIP)) schlägt sich in einer steigenden Energieproduktivität bzw. Energieeffizienz nieder, d. h. mit einer gegebenen Menge an Energie kann im Zeitverlauf immer mehr Wirtschaftsleistung erzeugt werden. Im Zeitraum von 2000 bis 2016 ist die hessische Wirtschaftsleistung real um 12 Prozent gewachsen. Dem steigenden BIP steht ein Rückgang des gesamtwirtschaftlichen Energieverbrauchs gegenüber. Der temperaturbereinigte Endenergieverbrauch lag im Jahr 2016 um 5 Prozent niedriger als im Ausgangsjahr 2000. Der temperaturbereinigte Primärenergieverbrauch ist um 16 Prozent zurückgegangen. Langfristig ist demnach eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum auf der einen Seite und Energieverbrauch auf der anderen Seite festzustellen. Die lange Zeit gegenläufigen Entwicklungen von Wirtschaftsleistung und Energieverbrauch haben sich bis etwa zum Jahr 2012 in einer deutlich steigenden Energieproduktivität niedergeschlagen. So ist im Zeitraum von 2000 bis 2012 die Primärenergieproduktivität um 33 Prozent und die Endenergieproduktivität um 19 Prozent gestiegen. Seitdem bewegen sich die Primär- und Endenergieproduktivität mit geringen Schwankungen um einen Indexwert von 133 bzw. 118. Im Jahr 2016 blieb die Primärenergieproduktivität im Vergleich zum Vorjahr unverändert, die Endenergieproduktivität hat sich geringfügig um 0,2 Prozent erhöht.

Erneuerbare Energien

Zum Endenergieverbrauch des Jahres 2016 haben erneuerbare Energien insgesamt 18 TWh beigetragen. Bild 8 zeigt die Entwicklung differenziert für Strom, Wärme und Treibstoffe. Dabei ist bei Strom über den gesamten Zeitraum von 2003 bis 2016 ein kontinuierlicher Zuwachs zu beobachten. Beim Wärmeverbrauch ist der Einsatz erneuerbarer Energien zunächst von 2003 bis 2010 ebenfalls stark angestiegen. Seitdem hat sich diese Dynamik aber spürbar abgeschwächt und es sind stärkere Auf- und Abwärtsbewegungen zu erkennen, die auf unterschiedliche Jahresdurchschnittstemperaturen zurückzuführen sind. So waren in Hessen die Wintermonate 2013/2014 im Schnitt über 2,5° Celsius wärmer, die Wintermonate 2009/2010 hingegen um fast 2° Celsius kühler als im langjährigen Durchschnitt. Auch bei den Biotreibstoffen ist zunächst von 2003 bis 2007 ein sehr dynamischer Verlauf zu erkennen. Ursächlich hierfür war eine Steuerbefreiung für Biodiesel bis zum Jahr 2007. Mit Rücknahme dieser Befreiung kam dieser Aufwärtstrend unmittelbar zum Erliegen und Biotreibstoffe stagnieren seitdem um Werte zwischen 2,5 und 2,9 TWh pro Jahr.

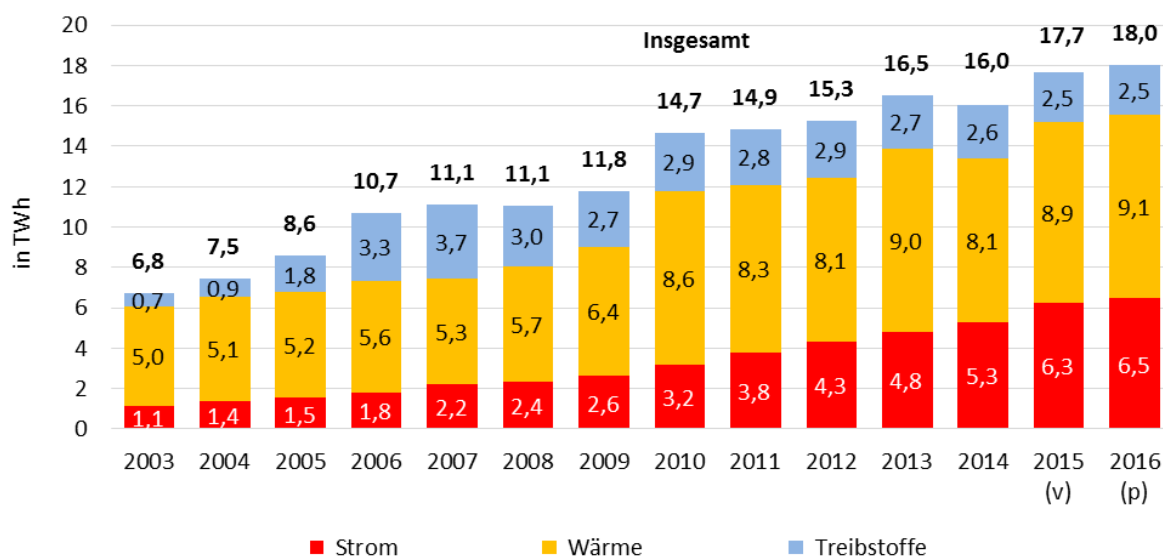


Bild 8: Entwicklung des Beitrags der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch in Hessen für Strom, Wärme und Treibstoffe von 2003 bis 2016 (in TWh), (v)=vorläufig, (p)=Prognose [56,57]

Literaturverzeichnis

1. Entwicklungspolitik als Zukunfts- und Friedenspolitik, - 15. Entwicklungs-politischer Bericht an den Deutschen Bundestag; Bundestagsdrucksache 18/12300
2. Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bauen und Reaktorsicherheit, November 2016
3. Growth of global material use, GDP and population during the 20th century, Ecological Economics, Vol 68 Nr.10, August 2011, Krausmann et al
4. Die Nutzung natürlicher Ressourcen, Umweltbundesamt, September 2016
5. Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa, Mitteilung der Europäischen Kommission KOM (2011) 571 endgültig
6. Beschluss Nr. 1386/2013/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. November 2013 über ein allgemeines Umweltaktionsprogramm für die Zeit bis 2020 „Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen unseres Planeten (7. Umweltaktionsprogramm); Amtsblatt L 354/171
7. The land footprint of the EU bioeconomy monitoring tools, gaps and needs, 2015, O'Brien M.
8. Hessische Anbauflächen, HSL
9. Kostenstruktur des verarbeitenden Gewerbes im Jahr 2011, Statistisches Bundesamt,
10. Die nächste industrielle Revolution, die cradle-to-cradle community, Braungart M., 2008
11. Stickstoff-Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem, Sachverständigenrat für Umweltfragen, Januar 2015
12. Rückgewinnung von Phosphor aus der Abwasserreinigung, BFU Schweiz, 2009
13. Phosphor- mineralischer Rohstoff und unverzichtbarer Nährstoff für die Ernährungssicherheit weltweit, BMZ Oktober 2013
14. Abfallwirtschaftsplan Hessen, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, April 2015
15. Nachhaltige Rohstoffwirtschaft, Kaiser, BMUB im Rahmen des Workshops Rohstoffwende 2049, Februar 2016
16. Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland; Universität Stuttgart; Kranert M. Hafner G, Barabosz J. , Schuller H., Leverenz D., Kölbig A., März 2012
17. Coffee to go- Einwegbecher- Umweltauswirkungen und Alternativen, Hintergrundpapier der Deutschen Umwelthilfe
18. The global E-waste monitor 2014- quantities, flows and resources – United Nations University, 2015
19. Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen “Obsoleszenz”; Umweltbundesamt, November 2016
20. Konsum, Bedarf und Wiederverwendung von Bekleidung und Textilien in Deutschland, Korolkow, Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung
21. Ressourceneffizientes Wirtschaften in der Praxis durch das alternative Geschäftsmodell Chemikalienleasing, Joas, Umweltforschungsplan des BMUB, Forschungskennzahl 371193401, November 2014
22. www.bauernverband.de
23. Weshalb wir in Rohstoffproblem bekommen, Bauen mit Holz, Sobeck, W. Mai 2017

24. Ökobilanzielle Betrachtung des Recyclings von Gipskartonplatten, Buchert M., Umweltforschungsplan BMUB Forschungskennzahl 3715343200, April 2017
25. Zulassung fabrikneuer PkW in Hessen; Statista 2018
26. Pressemitteilung des Kraftfahrtbundesamtes Nr. 1/2017
27. Nachhaltige Rohstoffe für den deutschen Automobilsektor; Bethge J, Hörmann S., Hütz-Adams F., Liese S., Voge A., Mai 2014
28. Ressourcenstrategie für Hessen unter besonderer Berücksichtigung der Potenziale aus Sekundärrohstoffen, Faulstich M, 2011

Anhang

29. Gewässergütestrukturkarten Hessen; HMUKLV;
https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/HMUJELV/hlug_bioguetekarte_20101124_a0.pdf
30. Grundwasserbeschaffenheit Hessen; HLNUG;
<https://www.hlnug.de/themen/wasser/grundwasser/grundwasserbeschaffenheit.html>
31. Bewirtschaftungsplan 2015-2021; Hessen; HMUKLV
<http://flussgebiete.hessen.de/information/bewirtschaftungsplan-2015-2021.html>
32. Hessen im Wandel; HSL, S.140-143; S 520-521; 1960
33. Nationale Nachhaltigkeitsstrategie, BMUB, Neuauflage 2016
34. Bundesanstalt für Naturschutz,
<https://www.bfn.de/themen/biologische-vielfalt/daten-und-fakten.html>
35. http://atlas.umwelt.hessen.de/atlas/planung/indikatoren/j_4_1_1_lz.htm
<https://www.bfn.de/infothek/daten-fakten/nutzung-der-natur/siedlung-und-verkehr/ii-42-1-unzerschnittene-verkehrsarme-raeume.html>
36. Biodiversitätsstrategie Hessen
<https://umwelt.hessen.de/umwelt-natur/naturschutz/hessische-biodiversitaetsstrategie>
37. 5. IPCC Sachstandsbericht, Weltklimarat, November 2014
38. Treibhausgasbilanz für das Land Hessen, HSL und HLNUG, Bilanzjahr 2011, März 2015
39. Emissionskataster HLNUG; <http://atlas.umwelt.hessen.de/servlet/Frame/atlas/luft/inhalt.htm>
40. Luftmessnetz; HLNUG; <http://atlas.umwelt.hessen.de/servlet/Frame/atlas/luft/inhalt.htm>
41. Immissionskataster, Stickstoffdioxid; HLNUG
<http://atlas.umwelt.hessen.de/servlet/Frame/atlas/luft/inhalt.htm>
42. Integrierter Klimaschutzplan Hessen, HMUKLV, März 2017
<https://umwelt.hessen.de/klima-stadt/hessische-klimaschutzpolitik/integrierter-klimaschutzplan-hessen-2025>
43. Deutschland Rohstoffsituation 2014, Bundesanstalt für Georohstoffe, 2014
44. <https://umwelt.hessen.de/umwelt-natur/bergbau-geologie/abbau-von-bodenschaetzen>
45. <https://www.hlnug.de/themen/geologie/rohstoffe/rohstoffsicherungskonzept-hessen.html>
46. Importe von Deutschland in 2017 nach Güterabteilungen, statista
47. Mineral Commodity Summaries 2017, US Geological Survey
48. Statuspapier Phosphatrückgewinnung, der ProcessNet-Fachgruppe
„Rohstoffe“, Oktober 2017
49. <http://www.fgg-weser.de/>
50. Hessen-Bäume, Wälder, Lebensräume ausgewählte Ergebnisse der 3. Bundeswaldinventur, HMUKLV, Oktober 2014
51. HMUKLV 2017
52. Statistisches Bundesamt; GENESIS-Online Datenbank;
Statistische Berichte, Agrarstrukturerhebung 2013, Juli 2014; HSL,
Kennziffer C IV 9- 3/13 - 3

53. <https://www.llh.hessen.de/pflanze/eiweissinitiative/eiweissbedarf-in-hessen/>
54. <http://www.aktion-biotonne-deutschland.de/>
55. Energiewende in Hessen - Monitoringbericht 2017, HMWEVL
<https://www.hessen-agentur.de/dynasite.cfm?dsmid=16148&newsid=29162&skipfurl=1>
56. Datenbereitstellung im Rahmen der Erstellung des Monitoringberichtes 2017; HSL
57. Schätzprognose zur Energiebilanz 2016, Leipziger Institut für Energie GmbH