



THE TROUBLE MAKERS



Stickstoffverbindungen

Was sind sie, wo entstehen sie
und was bewirken sie?

Die Deutsche Umwelthilfe – Stark für Natur und Verbraucher

Die Deutsche Umwelthilfe (DUH) ist ein anerkannter Umwelt- und Verbraucherschutzverband, der sich seit 1975 aktiv für den Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen und die Belange von Verbrauchern einsetzt. Wir sind politisch unabhängig, gemeinnützig, klageberechtigt und engagieren uns vor allem auf nationaler und europäischer Ebene. Bekannt sind wir zum Beispiel für unsere Rolle bei der Aufdeckung des Diesel-Skandals oder bei der Einführung eines Pfandsystems für Einweggetränkeverpackungen. Im Bereich Kreislaufwirtschaft setzen wir uns für Abfallvermeidung, einen verantwortlichen Konsum und eine nachhaltige Wirtschaftsweise ein.

Weitere Informationen unter: www.duh.de

Inhaltsverzeichnis

Der natürliche Stickstoffkreislauf	4
Vom Nährstoff zum Schadstoff – der Stickstoffüberschuss	4
Hauptquellen der Stickstoffemissionen	5
Landwirtschaft	5
Ammoniak	6
Entstehung und Quellen von Ammoniak	6
Auswirkungen auf die Gesundheit	7
Auswirkungen auf Ökosysteme	8
Minderungsmaßnahmen für Ammoniak	8
Nitrate	8
Auswirkungen auf das Grundwasser	9
Belastung der Oberflächengewässer	9
Lachgas	10
Entstehung und Quellen von Lachgas	10
Minderungsmaßnahmen für Lachgas	10
Verkehr	11
Stickstoffdioxid	11
Minderungsmaßnahmen für Stickstoffdioxid	12
Energie	13
Minderungsmaßnahmen im Energiebereich	13
Lebensmittelkonsum	13
Fleischkonsum	13
Lebensmittelverschwendung	14
Minderungsmaßnahmen beim Lebensmittelkonsum	15
Überschreitung von Ziel-, Schwellen- und Grenzwerten	16
Internationale Verpflichtungen	16
Europäische Verpflichtungen und nationale Umsetzung	17

Dieses Projekt wurde gefördert von:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

**Umwelt
Bundesamt**

Die Mittelbereitstellung erfolgt auf Beschluss des Deutschen Bundestages.

Der natürliche Stickstoffkreislauf

Was wir als Luft bezeichnen, setzt sich im Wesentlichen aus 78 % Stickstoff (N_2), 21 % Sauerstoff (O_2) sowie aus Argon, Aerosolen, Spurengasen wie Kohlenstoffdioxid (CO_2), Methan (CH_4), Ozon (O_3), Fluorchlorkohlenwasserstoffen, Schwefeldioxid (SO_2) und weiteren Stickstoffverbindungen zusammen. Der elementare Stickstoff (N_2) ist reaktionsträge und kann von den meisten Lebewesen nicht genutzt werden. Hingegen ist der so genannte „reaktive Stickstoff“ ein Verwandlungskünstler und geht vielfältige Bindungen mit organischen und anorganischen Stoffen ein.

Zum reaktiven Stickstoff zählen neben organisch gebundenem Stickstoff (N_{org}), der sich vor allem in Eiweißen lebender und abgestorbener Organismen findet, die folgenden Verbindungen:

NH_4^+	Ammonium
NO_2	Stickstoffdioxid
NO	Stickstoffmonoxid
NH_3	Ammoniak
N_2O	Lachgas
NO_2^-	Nitrit
NO_3^-	Nitrat



Alle Lebewesen brauchen Stickstoff als Baustein für Eiweiße und die Erbsubstanz DNS. Ohne ihn gäbe es keine höheren Tiere und Pflanzen auf der Erde. Wichtige Prozesse wie Wachstum und Vermehrung werden von Substanzen gesteuert, die an zentralen Stellen Stickstoffatome enthalten. In der Natur ist Stickstoff ursprünglich ein kostbares und knappes Gut – nur wenige natürliche Prozesse wandeln elementaren Stickstoff aus der Atmosphäre in „reaktive“ Formen um (z. B. Blitzschläge oder Knöllchenbakterien). Im natürlichen Stickstoffkreislauf ist der verfügbare reaktive Stickstoff begrenzt und zirkuliert zwischen Boden und Organismen.

Vom Nährstoff zum Schadstoff – der Stickstoffüberschuss

Erst durch menschliche Aktivitäten hat sich das Maß an reaktiven Stickstoffverbindungen massiv erhöht. Durch die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion und die Nutzung fossiler Brenn- und Treibstoffe in Industrie und Verkehr gelangten immer mehr reaktive Stickstoffverbindungen in die Umwelt. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts hat sich die weltweite Freisetzung reaktiven Stickstoffs verzehnfacht. Mit der weltweiten Einführung des Haber-Bosch-Verfahrens nahm Ende der 1960er Jahre die industrielle Agrarproduktion einen enormen Aufschwung. Die Ertragssteigerung sorgte für mehr Futtermittel und die Tierhaltung entwickelte sich, so vor allem auch in Nordwestdeutschland, zu einem dominierenden Wirtschaftszweig. Massive Nährstoffüberschüsse sind die Folge: Anfallender Wirtschaftsdünger wie Gülle, Jauche oder Mist werden meist vor Ort ausgebracht, können aber nicht vollständig von den Pflanzen auf Wiesen und Äckern aufgenommen werden. Der überschüssige Stickstoff entweicht als Nitrat in Grund- und Oberflächengewässer und als Ammoniak und Lachgas in die Luft.

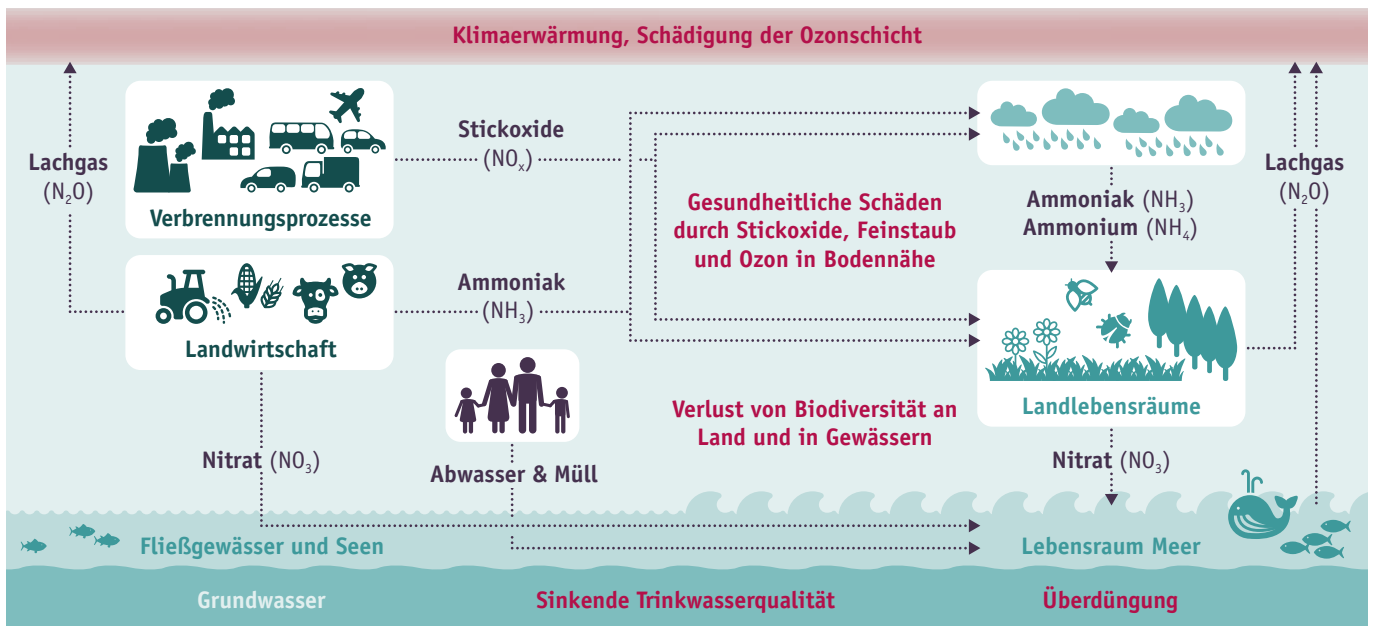
Das Haber-Bosch-Verfahren verändert die Welt

Das 1913 entwickelte Haber-Bosch-Verfahren legte den Grundstein für die gegen Ende der 1960er Jahre einsetzende industrielle Agrarproduktion. Mit dem Verfahren konnte aus Luftstickstoff Ammoniak gewonnen werden als Basis für die Herstellung synthetischer Stickstoffdünger.

Kunstdüngereinsatz im Laufe der Jahre:

1940	4 Millionen Tonnen
1965	40 Millionen Tonnen
2000	150 Millionen Tonnen

Pro Jahr gelangt mehr reaktiver Stickstoff in den Kreislauf als derzeit wieder entfernt werden kann. Überschüssiger Stickstoff führt zur Verunreinigung des Grundwassers, zur Überdüngung von Gewässern und Landökosystemen sowie zur Entstehung von Treibhausgasen und versauernden und gesundheitsgefährdenden Luftschadstoffen. In der Luft schädigen Stickoxide direkt die menschliche Gesundheit und fungieren als Vorläuferstoffe von Feinstaub und Ozon.¹ Gelangen Nitrate ins Trinkwasser, belasten sie die menschliche Gesundheit zusätzlich. Lachgas schädigt die Ozonschicht und trägt so zum Klimawandel bei.

Abb. 1: Stickstoff-Überschuss²

Hauptquellen der Stickstoffemissionen

Knapp zwei Drittel der Stickstoff-Gesamtemissionen in Luft, Boden und Gewässer in Deutschland entstehen in der **Landwirtschaft**. Der Rest teilt sich zu je etwa 10 bis 15 % auf die Bereiche **Verkehr, Industrie- und Energiewirtschaft sowie Abfall- und Abwasserbehandlung** auf.

Insgesamt sind die Stickstoffemissionen in den Sektoren zwar rückläufig, auch der Anteil der Landwirtschaft. Da die Emissionsminderung in der Landwirtschaft jedoch geringer ausfällt als in anderen Sektoren, hat ihr Anteil an den Gesamtstickstoffemissionen stark zugenommen.

Aufgrund der vielfältigen Quellen und der unterschiedlichen Wirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit

ist der Stickstoffüberschuss ein sehr komplexes Problem, für dessen Lösung eine Vielzahl von Politikfeldern und Akteuren einbezogen werden müssen.

Landwirtschaft

Aus den verschiedenen Bereichen der landwirtschaftlichen Produktionsketten gelangen **Ammoniak** (NH_3) und **Lachgas** (N_2O) in die Atmosphäre und **Nitrat** (NO_3^-) in die Gewässer. Die Landwirtschaft verursacht deutschlandweit 80 % der Nitratbelastung im Grund- und Oberflächenwasser, 95 % der Ammoniakemissionen, 78 % der Lachgasemissionen sowie 9 % der Stickstoffoxidemissionen und damit ca. 57 % aller luftseitigen Emissionen an reaktiven Stickstoffverbindungen.⁶

Verursacher	1995		2000-2004		2005-2010	
	Eichler & Schulz (1998) ³		UBA (2009) ⁴		UBA (2015) ⁵	
	Emission [Gg N/Jahr]	Anteil [%]	Emission [Gg N/Jahr]	Anteil [%]	Emission [Gg N/Jahr]	Anteil [%]
Landwirtschaft	1.330	48	1.055	57	980	63
Verkehr	595	22	270	15	207	13
Industrie/Energie	354	13	244	13	218	14
Abwasser/Oberflächenablauf/Haushalte	474	17	270	15	163	10
Gesamt	2.753	100	1.839	100	1.568	100

Tab. 1: Absolute und prozentuale Entwicklung der Stickstoffemissionen der vier Hauptverursacherbereiche in Deutschland.



Ammoniak

Entstehung und Quellen von Ammoniak

Die Landwirtschaft ist mit einem Anteil von 95 % Hauptquelle für Ammoniak, eine unangenehm riechende, farblose, giftige und gasförmige Stickstoffverbindung.⁷ Der überwiegende Teil der landwirtschaftlichen Ammoniak-Emissionen entsteht durch die Tierhaltung einschließlich der Ausbringung des dabei entstehenden Wirtschaftsdüngers (67 %). Ammoniak entsteht, wenn Harnstoff oder Eiweiß in den Exkrementen der Nutztiere zersetzt werden. Wirtschaftsdünger enthält meist hohe Anteile an Ammoniumstickstoff, der sich bei Kontakt mit der Luft rasch in Ammoniak umwandelt und entweicht. Dieser Vorgang findet im Stall, bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger statt. Und je länger Wirtschaftsdünger der Luft ausgesetzt ist, desto größer sind die Ammoniakverluste. Die höchsten Emissionen entstehen in Regionen, in denen sich die Tierhaltung konzentriert

und dadurch riesige Mengen an Wirtschaftsdünger anfallen. Weitere Emissionsquellen sind die Mineraldüngeranwendung (24 %) und die energiepflanzenbedingten Emissionen (Gärrestelagerung und -ausbringung) mit 9 %.

Die Tierhaltungsemissionen aller Nutztiere entstehen zu etwa gleichen Teilen bei der Wirtschaftsdüngerausbringung und der Stallhaltung. Bei den Hauptquellen ergibt sich ein differenzierteres Bild: bei Milchkühen und Masthähnchen stammt der Großteil der Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerausbringung, bei Mastschweinen aus der Stallhaltung.⁹

Tierart	Ausbringung Wirtschaftsdünger	Stall	Lagerung	Weide- gang
	Anteile an NH ₃ -Emissionen [in %]			
Milchkühe	57,0	31,8	8,9	2,3
Masthähnchen	51,2	27,5	21,3	–
Mastschweine	23,2	64,5	12,3	–
Alle Tierarten	43,0	39,0	16,0	2,0

Tab. 2: Verteilung der NH₃-Emissionen aus Stall, Lager und Wirtschaftsdüngerausbringung bei Milchkühen, Mastschweinen und Masthähnchen.¹⁰

In der Atmosphäre reagiert Ammoniak mit anderen anorganischen Stoffen wie Schwefelsäure (H₂SO₄) und Salpetersäure (HNO₃) relativ schnell zu Ammoniumsalzen. Die Partikel dieser Salze lagern sich aneinander und bilden Schwebstäube, sogenannte sekundäre anorganische Aerosole (SIA). Ammo-

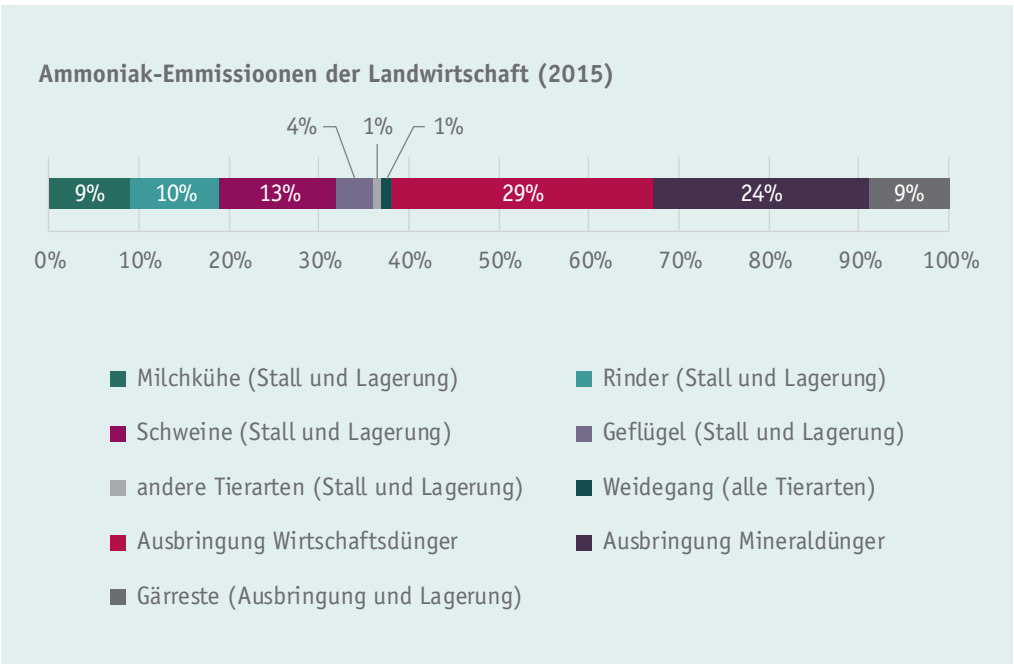


Abb. 2: Anteil der landwirtschaftlichen Produktionsbereiche an den Ammoniakemissionen im Jahr 2015.⁸

Düngerarten

Mineraldünger: Durch technische Aufbereitung (chemisch und/oder physikalisch) hergestellt; wird auch als synthetischer oder Kunstdünger bezeichnet

Wirtschaftsdünger: Organische Dünger, die in landwirtschaftlichen Betrieben anfallen wie Festmist, Jauche, Gülle, Stroh

Gärreste aus Biogasanlagen: flüssige oder feste Rückstände, die bei der Vergärung von Biomasse in Biogasanlagen zurückbleiben; werden wegen des hohen Nährstoffgehalts als landwirtschaftlicher Dünger verwendet

Kompost: Mischung aus hauptsächlich pflanzlichen Resten und Speiseresten, die einen Rotteprozess unter Sauerstoffzufuhr durchlaufen haben

Klärschlamm: in kommunalen Kläranlagen aus Abwasser durch Sedimentation gewonnene wasserhaltige Stoffe

Jährlicher Einsatz von Düngemitteln in der deutschen Landwirtschaft.¹²

Mineraldünger	1.640.000 Tonnen
Wirtschaftsdünger	890.000 Tonnen
organische Düngestoffe (Kompost, Klärschlamm)	60.000 Tonnen

niumsulfate und Ammoniumnitrate bleiben als „sekundärer Feinstaub“ mehrere Tage in der Atmosphäre, werden über weite Entfernungen transportiert und belasten die menschliche Gesundheit und die Ökosysteme.¹¹ Bei der Umwandlung von Ammoniumverbindungen entsteht Lachgas, das neben Methan und Kohlendioxid zu den Treibhausgasen gehört.

Auswirkungen auf die Gesundheit

Laut der Weltgesundheitsorganisation (WHO) gibt es keine Feinstaubkonzentration, unterhalb derer keine gesundheitsgefährdenden Effekte erwartet werden.¹³ Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die Gesundheit ergeben sich nicht nur aus der Kurzzeitbelastung, sondern auch aus langfristig andauernder Belastung. Feinstaub in der Luft erhöht das Risiko für Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen, reduziert die Lungenfunktion und verursacht Krebs.

Eine Studie zur sektoralen Zuordnung der Sterblichkeit infolge von Luftverschmutzung stellte fest, dass die Emissionen aus der Landwirtschaft den größten relativen Beitrag am Feinstaub haben und damit die größte Todesursache in Europa sind. „In vielen europäischen Ländern liegt ihr Beitrag bei 40 Prozent und mehr“, erklärten die Forscher des Max-Planck-Instituts für Chemie.¹⁴

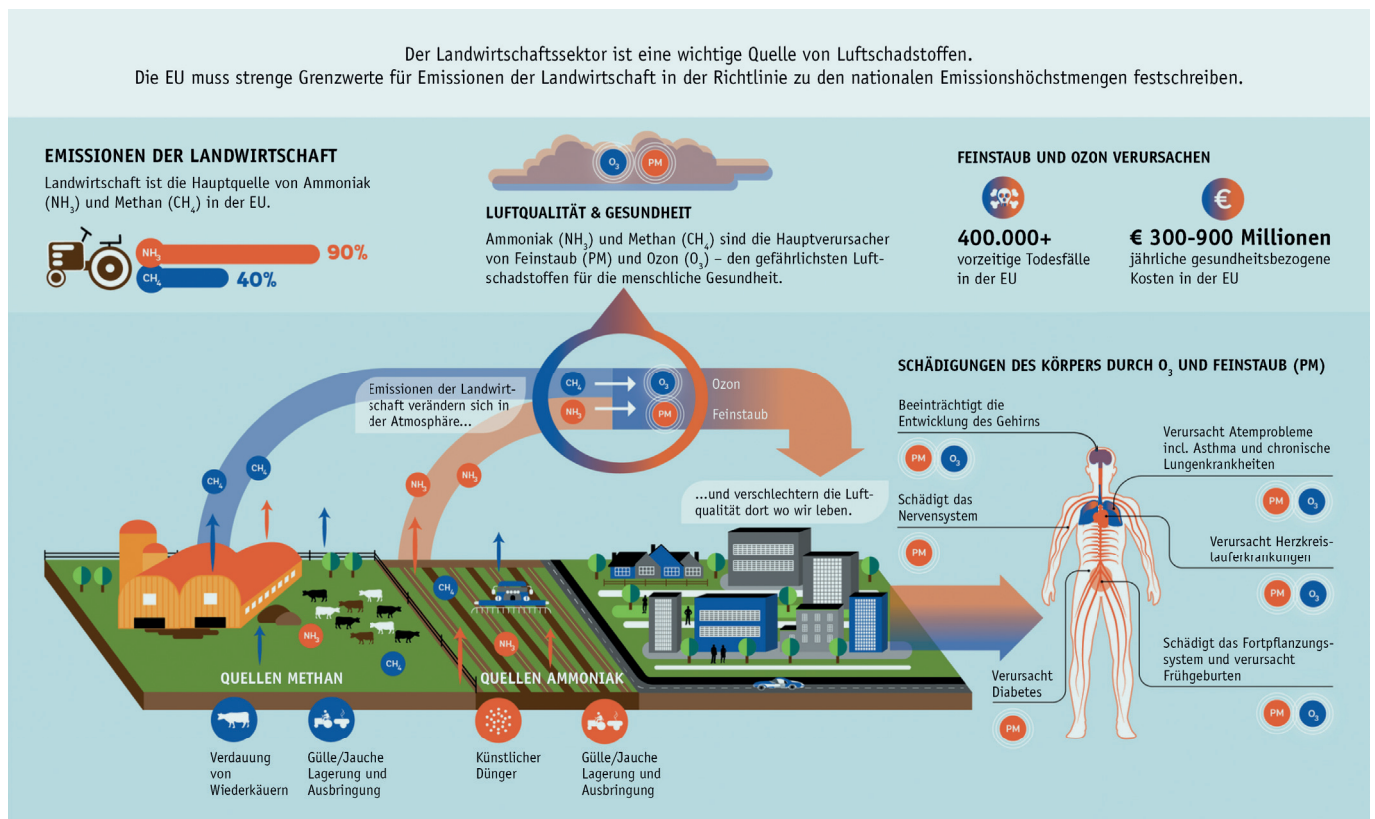


Abb. 3: Wie sich Emissionen der Landwirtschaft auf unsere Gesundheit auswirken.¹⁵

Auswirkungen auf Ökosysteme

Ammoniak und Ammonium schaden Land- und Gewässerökosysteme durch Versauerung und Nährstoffübersversorgung (Eutrophierung) und gefährden dadurch auch die biologische Vielfalt. Das gasförmige Ammoniak (NH_3) ist gut wasserlöslich und gelangt daher nicht nur über den Luftpfad in die Ökosysteme (trockene Deposition), sondern auch in oxidierter Form als Ammonium (NH_4^+) mit Regen, Nebel oder Tau (nasse Deposition). Neben den Ammoniakemissionen tragen auch Stickstoffoxide zur Versauerung und Eutrophierung bei.

Für die negativen Wirkungen von Luftschadstoffen auf Ökosysteme wurden ökologische Belastungsgrenzen (sogenannte Critical Loads) definiert – sie spiegeln die Empfindlichkeit der Ökosysteme gegenüber Luftschadstoffen wieder. Für rund elf Millionen Hektar (ca. ein Drittel der Fläche Deutschlands) wird die Einhaltung der Critical Loads regelmäßig bewertet. Während der Anteil an Ökosystemen, bei denen der Critical Load für Säureeinträge überschritten wird, von über 80 % im Jahr 1990 auf rund 10 % im Jahr 2011 verringert werden konnte, waren in diesem Jahr 2011 noch ca. 65 % der Ökosysteme durch Überschreitung der Stickstoffeinträge gefährdet.¹⁶

Die Nährstoffanreicherung ist ein Hauptgrund für den alarmierenden Rückgang der Biodiversität. Bundesweit ist fast die Hälfte der in der Roten Liste aufgeführten Farn- und Blütenpflanzen durch Nährstoffeinträge gefährdet.¹⁷ Versauern die Böden, verringert sich auch die Aktivität der Bodenlebewesen und dadurch verschlechtern sich die Bodenstruktur und die Wachstumsbedingungen für Pflanzen. Ammoniak kann auch direkt Pflanzen schädigen.

Minderungsmaßnahmen für Ammoniak

Die Reduktionsverpflichtungen können nur erreicht werden, wenn die Landwirtschaft als Hauptverursacher ihre Ammoniakemissionen deutlich senkt.

In der Tierhaltung können die Emissionen je nach Tierart durch bestimmte Fütterungsmaßnahmen wie die Senkung des Rohproteingehaltes im Futter und emissionsarme Stallhaltungssysteme (z. B. Abluftreinigung) verringert werden.¹⁸ Beim Wirtschaftsdüngermanagement sind die Abdeckung von Güllelagern und die Ausbringungstechniken sowie die sofortige Einarbeitung von flüssigen Wirtschaftsdüngern entscheidend. Das 2017 novellierte Düngerecht als zentrales

Instrument zur Verringerung der landwirtschaftlichen Stickstoffausträge legt die Einarbeitungsfrist auf vier Stunden fest statt auf eine Stunde, was besonders wirksam wäre. Da bereits seit 2011/2012 die Einarbeitung von flüssigem Wirtschaftsdünger auf unbewachsenen Ackerflächen innerhalb von vier Stunden erfolgen muss¹⁹, sind die weiteren Minderungseffekte aufgrund der neuen Düngeverordnung voraussichtlich gering. Die dort eingeführte Anwendung emissionsarmer Ausbringungstechniken kann aufgrund der Übergangsfristen erst in ein paar Jahren zur Emissionsminderung beitragen.

Darüber hinaus sind nicht-technische Maßnahmen wie die Verringerung von Fleischproduktion und -konsum und damit der Tierbestände ebenso relevant. Im Rahmen einer ausgewogenen Ernährung ist eine Reduzierung des Konsums tierischer Lebensmittel empfehlenswert und würde zur Senkung der Ammoniakemissionen beitragen. Für die Rinderhaltung, deren Emissionen den größten Teil des Ammoniakausstoßes ausmachen, existieren bisher keine verbindlichen Emissionsstandards.²⁰



Nitrate

Stickstoff als für Pflanzen wesentlicher Nährstoff wird überwiegend als Nitrat (NO_3^-) aufgenommen. Im Boden wandeln Mikroorganismen die Stickstoffverbindungen in pflanzenverfügbares Nitrat um, das von den Wurzeln aufgenommen wird. Der durch die Ernte entzogene Stickstoff muss regelmäßig wieder zurückgeführt werden, z. B. durch biologische Prozesse und vor allem durch das Ausbringen von Wirtschafts- oder synthetischem Mineraldünger. Bei einer übermäßigen Düngung kommt es zu einem Stickstoffüberangebot, das von den Pflanzen nicht vollständig aufgenommen wird, sodass ein erheblicher Stickstoffüberschuss im Boden verbleibt und durch Auswaschungen in Grund- und Oberflächengewässer gelangt.

Die Hotspots der Gewässerbelastung liegen in Regionen mit sehr intensiver Viehhaltung. In diesen Regionen fallen hohe Mengen an Wirtschaftsdünger an. Die Mengen übersteigen jedoch den regionalen Bedarf und dementsprechend hoch sind die Überschüsse.

Auswirkungen auf das Grundwasser

Ein Teil der Grundwasservorkommen in Deutschland weist zu hohe Nitratwerte auf. Laut dem Nitratbericht 2016 der Bundesregierung werden an ca. 18 % der Messstellen die zulässigen Nitratkonzentrationen von 50 Milligramm/Liter überschritten und nach dem EU-Nitratmessnetz (Belastungsmessnetz, das ausschließlich aus landwirtschaftlich geprägten Messstellen besteht) wird der Nitratgrenzwert an ca. 28 % der Messstellen nicht eingehalten.²¹ Die Belastung des Grundwassers mit Nitrat entsteht in erster Linie durch Auswaschung von Nitrat aus verschiedenen stickstoffhaltigen Düngemitteln wie Wirtschaftsdünger – vor allem in Regionen mit intensiver Viehhaltung –, Mineraldünger und zunehmend durch Gärreste aus Biogasanlagen. Die natürliche Vorbelastung des Grundwassers mit Nitrat liegt bei maximal 10 Milligramm/ Liter; Nitratkonzentrationen zwischen 10 und 25 Milligramm/ Liter gelten als geringe bis mittlere Belastung und Werte zwischen 25 und 50 Milligramm/ Liter als starke Grundwasserbelastung.

Trinkwasser wird in Deutschland zu rund 62 % direkt aus dem Grundwasser gewonnen.²² Erhöhte Nitratgehalte gefährden die Trinkwasserqualität. Der von den Wasserversorgern einzuhaltende Nitratgrenzwert von 50 Milligramm/Liter gilt

unabhängig vom Zustand des Rohwassers. Als Rohwasser wird das Wasser bezeichnet, das zur Nutzung als Trinkwasser entnommen wird. Besitzt das gewonnene Rohwasser nicht die erforderliche Güte, muss es aufbereitet werden. Bei nitratbelastetem Rohwasser müssen die Wasserversorger aufwändige Maßnahmen ergreifen wie Beimischung nitratärmeren Wassers oder Erschließung tiefer liegender Vorkommen oder auch Grundwasservorkommen völlig aufgeben.²³ Damit erhöhen sich die Kosten bei der Aufbereitung erheblich. Eine zu hohe Nitrataufnahme kann die Gesundheit beeinträchtigen; z. B. besteht eine erhöhte Krebsgefahr durch die Bildung von Nitrosaminen oder Blausucht, die für Säuglinge lebensbedrohlich sein kann.

Belastung der Oberflächengewässer

Die Nährstoffübersorgung (Eutrophierung) hat Einfluss auf die Gewässerökosysteme wie Seen, Flüsse und Meere und kann zu einer massiven Störung des Gewässers und seiner Flora und Fauna führen. Sie begünstigt ein übermäßiges Wachstum von Algen und Wasserpflanzen, das führt zu einem Ungleichgewicht und damit zu Sauerstoffmangel und zur Abnahme der Artenvielfalt.

Bis Mitte der 1990er Jahre stammten die Stickstoffeinträge in den Oberflächengewässern in Deutschland vor allem aus Kläranlagen und industriellen Einleitungen. Auswertungen der Messergebnisse der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zeigten, dass die Nitratkonzentrationen in den Fließgewässern von 1991 bis 2010 an 89 % der Messstellen zurückgingen. Im Vergleich verringerte sich der Ge-

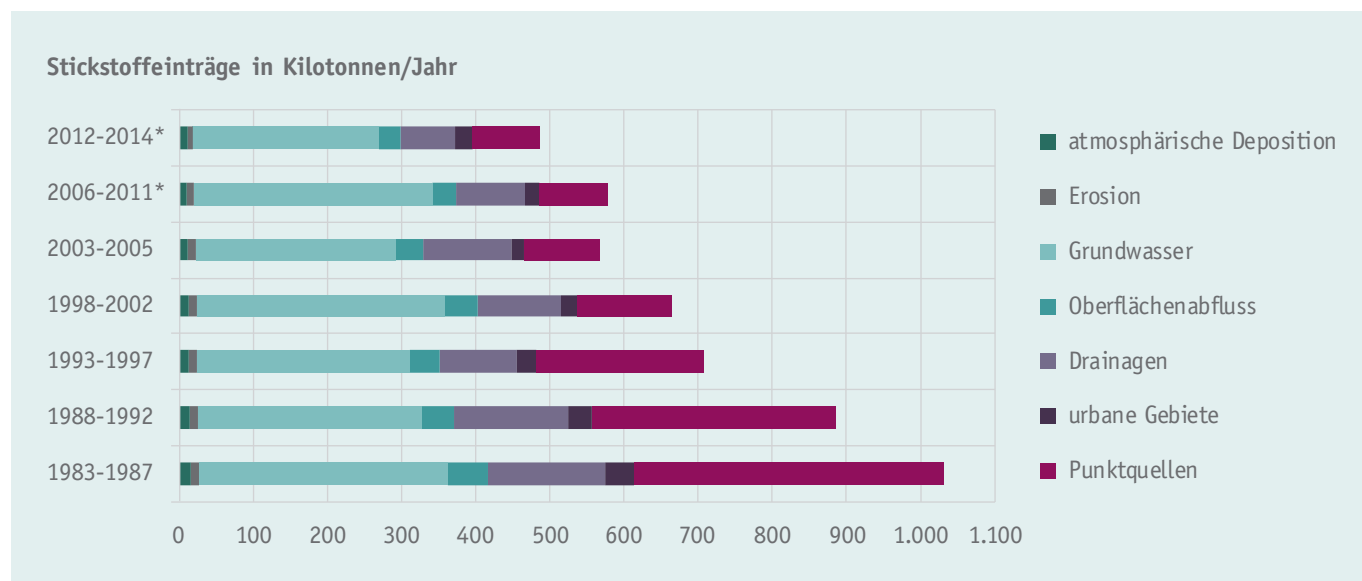


Abb. 4: Stickstoffeinträge in die Oberflächengewässer in Deutschland (Quelle: Umweltbundesamt 2016)²⁴

samtstickstoffeintrag von 1983 bis 2014 um rund 50 %. Die Reduktion wurde vor allem durch Maßnahmen an Punktquellen wie Kläranlagen und industriellen Direkteinleitern sowie durch die Umsetzung der Kommunalen Abwasserrichtlinie (91/271/EWG) erreicht. Während bei punktuellen Belastungsquellen in der Vergangenheit deutliche Minderungen erfolgten; gelangt gegenwärtig der Hauptanteil (52 %) des Gesamtstickstoffs über das Grundwasser in die Oberflächengewässer, der vor allem aus der landwirtschaftlichen Nutzung stammt. Im Zeitraum 2012 – 2014 gelangten im Mittel rund 490 Kilotonnen Stickstoff/ Jahr (kt N/a) in die Oberflächengewässer (s. Abb. 3).²⁵

Unterschiedliche Landnutzungen führen zu unterschiedlich hohen Nitratbelastungen: Im Vergleich zeigen Messstellen im Einzugsbereich von Ackerland oder Grünland deutlich höhere Nitratbelastungen des Grundwassers als beispielsweise solche, die sich vorwiegend im Einzugsgebiet von Wäldern befinden.

Die Einträge sind auch regional sehr unterschiedlich. Die höchsten Einträge sind in Nordwest- und Südwestdeutschland zu verzeichnen, was zum einen an der hohen Tierhaltungsdichte, zum anderen an der Bodenbeschaffenheit liegt.

Die übermäßige Nährstoffbelastung ist das größte ökologische Problem der deutschen Nord- und Ostsee neben den ökologischen Folgen der Überfischung.²⁶ Die Eutrophierung der Meeresgewässer hat eine Reihe negativer Auswirkungen. Die Massenvermehrung von Algen beeinflusst auch große Wasserpflanzen und verschiebt das Artengefüge im Meer. Durch den mikrobiellen Abbau der Algenbiomasse kommt es im Sommer in Nord- und Ostsee in bodennahen Wasserschichten immer wieder zu Sauerstoffmangel. Die Biodiversität wird auf lange Zeit erheblich beeinträchtigt. Die Ostsee ist aufgrund ihres Binnenmeercharakters und des geringen Wasseraustauschs mit der Nordsee besonders empfindlich gegenüber Eutrophierung.

Nitrat gelangt hauptsächlich über die Flüsse und durch Abwasser von Schiffen in die küstennahen Meeresgebiete. Verstärkend wirken die landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen sowie die Stickstoffeinträge aus dem Schiffsverkehr und Verbrennungsprozessen, die über den Luftweg in die Meere gelangen. Die Nitratbelastungen in deutschen Küstengewässern haben in den letzten 30 Jahren zwar abgenommen; allerdings zeigen einige küstennahe Messstationen,

insbesondere solche, die an Flussmündungen liegen, wieder eine Zunahme der Nitratkonzentration.²⁷



Lachgas

Entstehung und Quellen von Lachgas

Distickstoffoxid – besser bekannt als Lachgas – ist das dritthäufigste Treibhausgas. Es hat mit rund 4,3 % zwar einen geringeren Anteil an den Treibhausgasemissionen als Kohlendioxid (87,8 %) oder Methan (6,2 %)²⁸, wirkt jedoch 265-mal so stark wie Kohlendioxid. Es greift die Ozonschicht mehr an als jede andere Substanz und hat eine sehr hohe Verweilzeit in der Troposphäre von etwa 114 Jahren.

Hauptverursacher des Treibhausgases ist die Landwirtschaft: Rund 80 % der anthropogen verursachten Lachgasemissionen (N₂O) entstehen in Deutschland in der Landwirtschaft, vor allem durch die Anwendung stickstoffhaltiger Dünger und durch die Nutztierhaltung.²⁹ Lachgas entsteht durch mikrobielle Umwandlung von Stickstoffverbindungen im Boden, vor allem beim Abbau von stickstoffhaltigem Dünger und andererseits bei der Lagerung von Mist. Anteilig entstehen Lachgasemissionen auch in der Energiewirtschaft, im Verkehr, durch industrielle Prozesse und durch Abfall- und Abwasserbehandlung. Insgesamt sind die Lachgasemissionen zwar seit dem Referenzjahr 1990 um 40 % zurückgegangen, vor allem durch Minderungsmaßnahmen in der Industrie, stagnieren jedoch in den letzten Jahren auf einem gleichbleibenden Niveau.

Minderungsmaßnahmen für Lachgas

Bislang gibt es keine spezifischen Minderungsverpflichtungen für Lachgas. Jedoch hat sich Deutschland 1997 mit dem Kyoto-Protokoll als Teil der Klimarahmenkonvention der

Vereinten Nationen (UNFCCC) verpflichtet, die Emission von Treibhausgasen deutlich zu verringern. In der Vergangenheit konnten durch verschiedene umweltpolitische Maßnahmen die Lachgasemissionen in der Industrie und in Privathaushalten gesenkt werden. Jedoch fehlen politische Instrumente bzw. gesetzliche Vorgaben für die Reduzierung der landwirtschaftsspezifischen Emissionen von Lachgas. Eine Emissionsminderung kann durch eine optimierte Lagerung und geeignete Ausbringungstechniken erreicht werden. Die effektivste Möglichkeit für geringere Lachgasemissionen aus der Tierhaltung ist jedoch die Verringerung der Tierbestände und des Konsums tierischer Produkte. Insbesondere in Regionen mit Stickstoffüberschuss, d.h. in den Tierhaltungsregionen, sollten die Tierbestandsdichten reduziert werden.³⁰

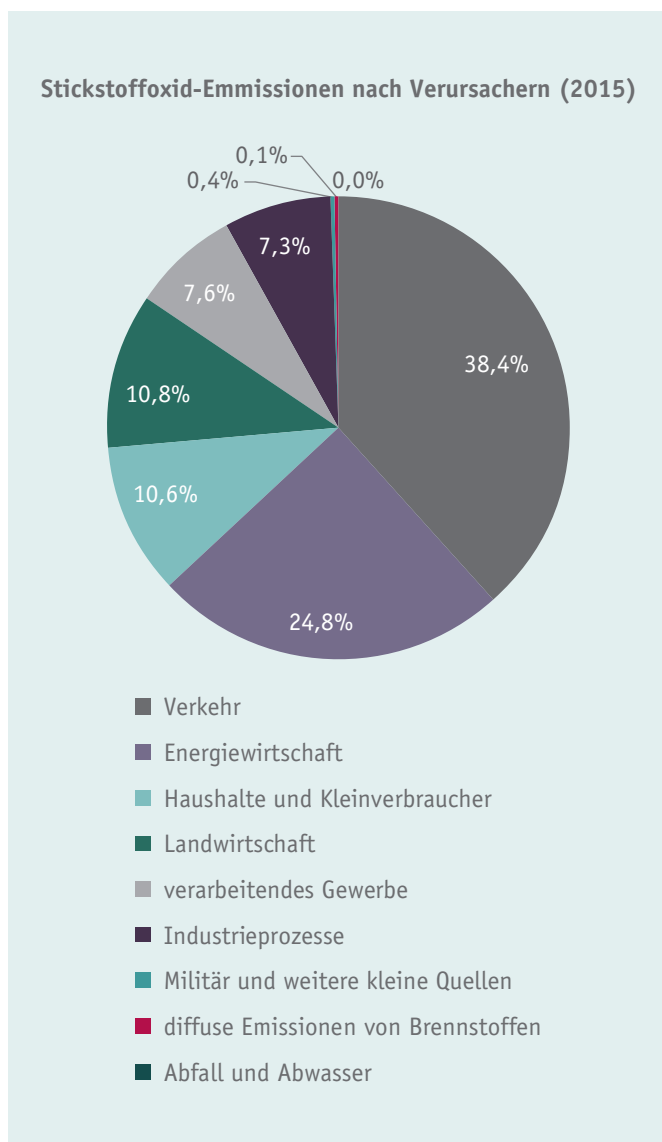


Abb. 5: Stickstoffoxid-Emissionen nach Verursachern im Jahr 2015 (NO_x berechnet als NO_2 , Angaben für den Verkehr mit land- und forstwirtschaftlichem Verkehr sowie Militär)³¹

Verkehr

Bei allen Verbrennungsvorgängen werden Stickstoffoxide gebildet und freigesetzt. Als Stickstoffoxide (NO_x) werden verschiedene gasförmige Verbindungen aus Stickstoff (N) und Sauerstoff (O) zusammengefasst; die beiden wichtigsten Verbindungen sind Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2). Hauptquellen für Stickstoffoxide sind Verkehr, Großfeuerungsanlagen (Kraftwerke, Müllverbrennungsanlagen u. ä.), industrielle Produktionsprozesse, Gebäudeheizungen und die Landwirtschaft.



Stickstoffdioxid

Stickstoffdioxid (NO_2) ist eine reaktive Stickstoffverbindung, die bei Verbrennungsprozessen, vor allem in Fahrzeugmotoren, entsteht. Aufgrund seiner unmittelbaren negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit zählt es zu den wichtigsten Luftschadstoffen. Eine dauerhafte Exposition schädigt die Atmungsorgane und beeinträchtigt das Herz-Kreislauf-System. Untersuchungen der WHO zeigen, dass die Langzeitbelastung mit durchschnittlichen NO_2 -Konzentrationen, wie sie an verkehrsnahen Standorten vorherrschen, auch mit einer erhöhten Krankheitsanfälligkeit und einer erhöhten Sterberate verbunden ist. Die Europäische Umweltagentur (EUA) geht allein in Deutschland von ca. 12.800 vorzeitigen Todesfällen in 2014 aufgrund der NO_2 -Belastung aus.³²

Stickstoffdioxid trägt als Vorläuferstoff zur Bildung von bodennahem Ozon und sekundärem Feinstaub bei und verstärkt die negativen Effekte dieser gesundheits- und klimaschädlichen Luftschadstoffe. Gleichzeitig führt NO_2 zur Überdüngung und Versauerung von Böden und schädigt die Ökosysteme.

Feinstaub

Feinstaub (PM_{10} , $PM_{2,5}$) entsteht vor allem bei Verbrennungsprozessen in Kraftfahrzeugen, Kraftwerken und Kleinfeuerungsanlagen, in der Metall- und Stahlerzeugung, durch Bodenerosion und aus Vorläufersubstanzen wie Schwefeldioxid, Stickoxiden und Ammoniak.

Die europäische Luftqualitätsrichtlinie (2008/50/EG) legt zum Schutz der Gesundheit der Bürgerinnen und Bürger Grenzwerte für die NO_2 -Konzentration in der Außenluft fest. Seit 2000 geht die Stickstoffdioxidbelastung jedoch nur leicht zurück. Nach vorläufigen Auswertungen des Umweltbundesamtes lagen die NO_2 -Jahresmittelwerte im Jahr 2017 an ca. 46 % der verkehrsnahen Messstationen oberhalb des Grenzwertes von $40 \mu g/m^3$.³³

Hauptemittenten sind Dieselfahrzeuge. Selbst bei Fahrzeugen der neuesten Schadstoffklasse Euro 6 erreichen die Realemissionen von Dieselfahrzeugen zum Teil lediglich die Werte der bereits 25 Jahre alten Abgasnorm Euro 1. Bei Bussen und anderen schweren Nutzfahrzeugen beeinträchtigen die geringen Geschwindigkeiten und häufigen Standzeiten im städtischen Verkehr und die daraus resultierenden niedrigen Abgastemperaturen die Funktionstüchtigkeit der Abgasreinigungssysteme.

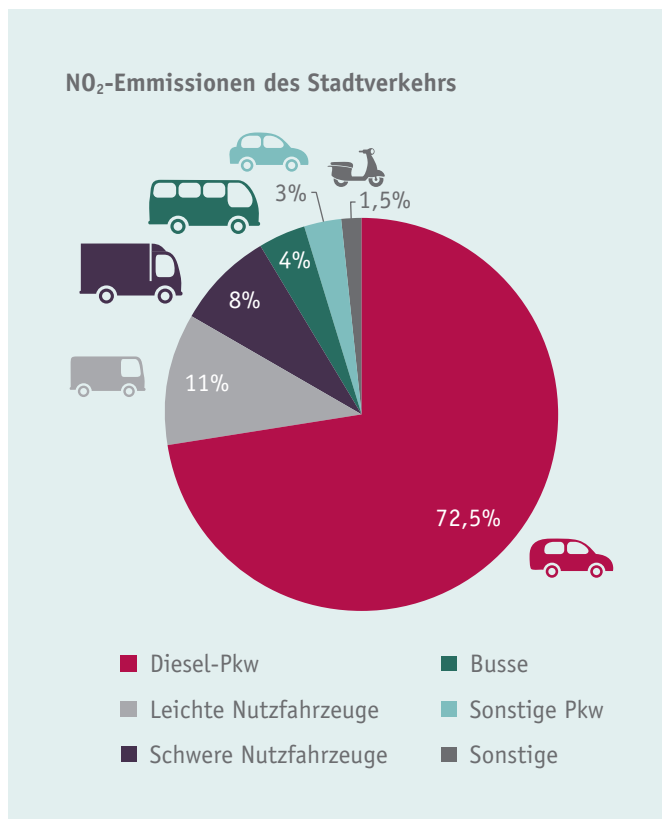


Abb. 6: Diesel-Autos stoßen das meiste NO_2 aus.³⁴

Minderungsmaßnahmen für Stickstoffdioxid

Ohne ambitionierte zusätzliche Maßnahmen werden die Luftbelastungen mit Feinstaub, Ozon und Stickstoffverbindungen in Deutschland und in der EU mittelfristig eine Hauptursache für umweltbedingte Gesundheits- und Umweltschäden bleiben.³⁵

Eine Reihe von Maßnahmen kann zur Minderung der NO_2 -Emissionen des Verkehrs beitragen. Neben technischen Maßnahmen und der Einhaltung der EU-Abgasnorm im realen Betrieb ist es erforderlich, das gesamte Verkehrsgeschehen umzugestalten und den Autoverkehr zu reduzieren. Hierzu zählen unter anderem die Förderung und Verbesserung des Fuß-, Rad- und öffentlichen Nahverkehrs, die Einführung von Tempo 30 als Regelgeschwindigkeit in Innenstädten sowie Parkraumbewirtschaftung. Diese Maßnahmen wirken sich gleichzeitig auch positiv auf die Bereiche Lärm und Sicherheit und damit auf die Lebensqualität der Menschen aus. Wichtigste Maßnahmen zur schnellstmöglichen Einhaltung der Luftqualitätsgrenzwerte ist ein Fahrverbot für Diesel-Fahrzeuge einschließlich der Abgasstufe Euro 6 in allen betroffenen Städten. Mit mehr als 70 % verursachen die Diesel-Pkw den höchsten Beitrag an den NO_x -Emissionen. Das Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) Leipzig hat mit Urteil vom 27. Februar 2018 erklärt, dass Diesel-Fahrverbote – unter Wahrung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit – umsetzbar sind. Gleichzeitig müssen Fahrzeuge, die die festgelegten Grenzwerte im realen Straßenverkehr nicht einhalten, auf Kosten der Automobilindustrie mit Hardware-Lösungen nachgerüstet werden.

Die steuerliche Bevorzugung von Dieselmotoren gegenüber Benzin ist ein wesentlicher Grund für die Zunahme an Diesel-Pkw. Ein Abbau dieser umweltschädlichen Subvention ist dringend erforderlich, um die hohe Zahl an Diesel-Pkw in Städten zu reduzieren. Die Einführung einer sogenannten „Blauen Plakette“ zur Kennzeichnung von Fahrzeugen mit besonders niedrigem NO_x -Ausstoß im realen Betrieb und die Weiterentwicklung der Umweltzonenregelungen geben den Kommunen die Möglichkeit, effektiv gegen die NO_2 -Überschreitungen vorzugehen. Ebenfalls muss sichergestellt werden, dass alle ÖPNV-Busse mit im Realbetrieb funktionierenden Partikel- und NO_x -Minderungssystemen (SCRT) nachgerüstet sind.

Energie

Die Industrie- und Energiewirtschaft hat einen Anteil von etwa 14 % an den Emissionen reaktiver Stickstoffverbindungen.³⁶ Bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehen Stickstoffoxide. Auch die Stromerzeugung aus Biomasse setzt erhebliche Mengen an Stickstoffoxid frei.

Minderungsmaßnahmen im Energiebereich

Die schrittweise Reduktion der fossilen Stromerzeugung im Rahmen der Energiewende wird die Emissionen langfristig stark senken. Allerdings sollten hierbei besonders ineffiziente Kohlekraftwerke zuerst vom Markt genommen werden. Außerdem sollten die Grenzwerte für fossil und biogen betriebene Kraftwerke an den Stand der Technik angepasst und somit verschärft werden. Die erhebliche Nachfrage nach Biomasse zur Stromerzeugung, Wärmebereitstellung und als Kraftstoff oder Rohstoff in der Industrie hat zu einer bedenklichen Entwicklung in der Landwirtschaft geführt, die sich negativ auf die biologische Vielfalt, die Strukturvielfalt unserer Kulturlandschaften und das Landschaftsbild auswirkt. Die Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe ist von 0,7 Mio. Hektar im Jahr 1999 auf 2,4 Mio. Hektar im Jahr 2013 gestiegen.³⁷ Daher sollten primär Rest- und Abfallstoffe energetisch genutzt werden.

Lebensmittelkonsum

Unsere Konsum- und Verhaltensmuster in den Bereichen Ernährung, Mobilität und Energieverbrauch beeinflussen auf Grund entsprechender Nachfrage und Marktbewegungen die Stickstoffemissionen weltweit. Die meisten Stickstoffemissionen entstehen in der Landwirtschaft. In der landwirtschaftlichen Produktion von pflanzlichen und tierischen Produkten kommen große Mengen stickstoffhaltiger Dünge- und Futtermittel zum Einsatz. Dabei entweicht ein großer Teil des eingesetzten Stickstoffs ungenutzt in die Umwelt, z.B. durch die Auswaschung von Nitrat aus Ackerböden oder die Emission von Ammoniak aus der Tierhaltung. Weitere Stickstoffemissionen entstehen bei der Verarbeitung, beim Transport und durch den Konsum der Lebensmittel. Der Konsum von Fleisch, Gemüse, Getreide und anderen Nahrungsmitteln ist daher eng mit dem Stickstoffüberschuss verknüpft. Hierbei sind zwei Themen besonders relevant: der Fleischkonsum und die Lebensmittelverschwendung.

Fleischkonsum

Während die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) für eine vollwertige Ernährung nicht mehr als 300 – 600 Gramm Fleisch und Wurst pro Woche empfiehlt, wird in Deutschland rund das Doppelte verzehrt. Im Jahr 2016 standen in

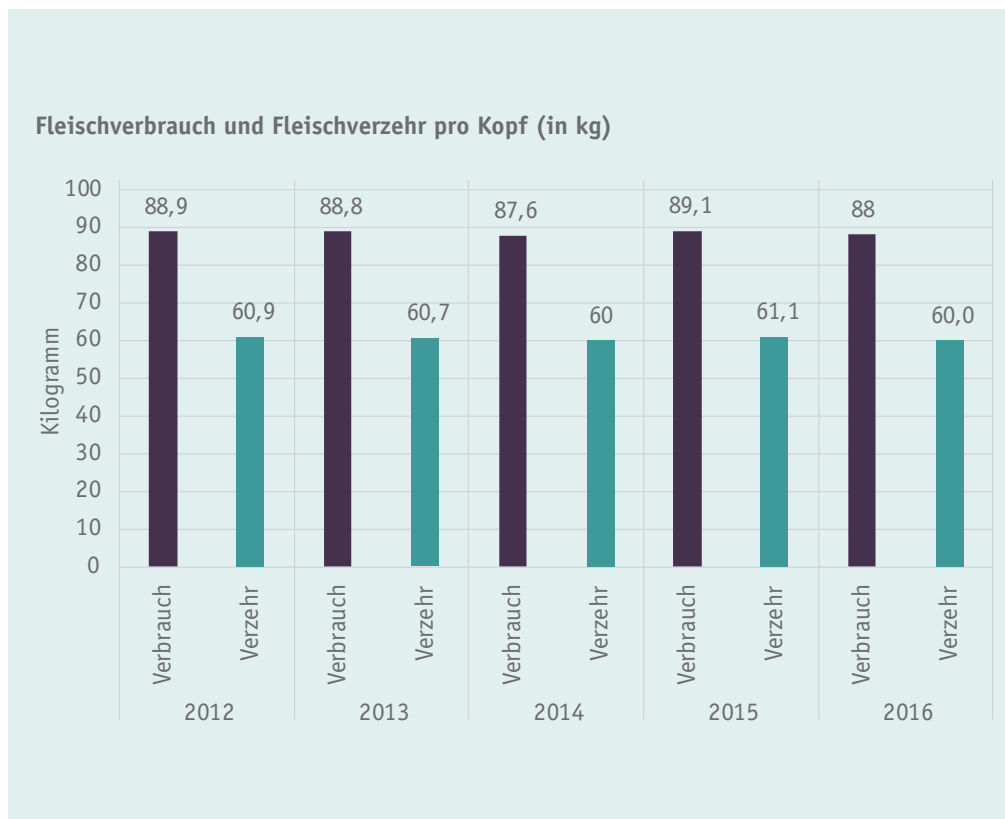


Abb. 7: Fleischverbrauch und Fleischverzehr je Kopf der Bevölkerung in Kilogramm, Werte für 2016 nur vorläufig.³⁸

Deutschland 7,23 Millionen Tonnen Fleisch zu Versorgungszwecken zur Verfügung (Fleischverbrauch). Nach Abzug von Tierfutter, industrieller Verwertung, nicht verzehrgeeigneter Anteile und sonstiger Verluste gelangten davon rund zwei Drittel auf den Teller (Fleischverzehr). Die von der Bevölkerung in Deutschland verzehrte Fleischmenge betrug 2016 rund 4,93 Millionen Tonnen, das sind im Durchschnitt 60 kg pro Kopf.^{39, 40} Seit Jahren bewegt sich der Fleischverzehr in dieser Höhe. Zum Vergleich: Im Jahr 1950 lag der Pro-Kopf-Verzehr bei 26,2 kg. Am meisten wird Schweine- und Geflügelfleisch konsumiert.

Seit der Jahrtausendwende geht der Pro-Kopf-Verzehr insgesamt langsam zurück. Doch während der inländische Verbrauch seit Jahren bei etwa 7,1 bis 7,3 Millionen Tonnen stagniert, ist die Erzeugung seit Ende der 90er Jahre stetig gewachsen. Zwischen 2006 und 2016 hat sich die Fleischproduktion um mehr als 20 % erhöht.⁴¹ Im Jahr 2016 wurde in deutschen gewerblichen Schlachtunternehmen erneut mehr geschlachtet (8,28 Millionen Tonnen) als im Vorjahr (2015: 8,24 Millionen Tonnen).

Zugleich exportiert Deutschland immer mehr Fleisch: Zwischen 2006 bis 2016 stieg der Export um 65 %.⁴² Die Importe nahmen in diesem Zeitraum um rund 12 % zu.

Mit der Fleischproduktion nehmen auch die Emission von Treibhausgasen und der Stickstoffüberschuss zu, vor allem in den Regionen mit intensiver Tierhaltung. Zudem gelangen große Mengen reaktiven Stickstoffs in Form von importierten Futtermitteln in den nationalen Stickstoffkreislauf. Bei der Produktion von tierischen Produkten werden deutlich

größere Mengen reaktiven Stickstoffs freigesetzt als bei Obst, Gemüse und Getreideprodukten.⁴³ Ein verminderter Konsum von tierischen Produkten kann die Stickstoffemissionen und die damit verbundenen Umweltwirkungen deutlich reduzieren.

Lebensmittelverschwendung

Nach Schätzungen der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) geht jährlich weltweit ein Drittel der produzierten Lebensmittel (ca. 1,3 Mrd. Tonnen) verloren oder wird weggeworfen.⁴⁵ Rund 88 Millionen Tonnen Lebensmittel sind es jährlich in der Europäischen Union.⁴⁶

Die Vernichtung von Lebensmitteln ist ein globales Problem. Lebensmittelverluste sind mitverantwortlich für unnötigen Ressourcenverbrauch und für den Stickstoffüberschuss mit enormen negativen Auswirkungen auf Klima, biologische Vielfalt und die menschliche Gesundheit. Die Lebensmittelverluste und -abfälle entstehen entlang der gesamten Wertschöpfungskette: In der Produktion und Erzeugung (Ernteverluste, Nachernteverluste), bei der Weiterverarbeitung (Prozessverluste), im Handel (Verteilungsverluste) sowie in Privathaushalten und im Außer-Haus-Sektor wie Catering, Restaurants, Kantinen u. ä..

Wie viel werfen wir weg?

In den privaten Haushalten in Deutschland werden jährlich ca. 82 kg Lebensmittel pro Kopf als Abfall entsorgt.

Etwa 53 kg, also knapp 2/3 dieser Abfälle, sind völlig oder zumindest teilweise vermeidbar.

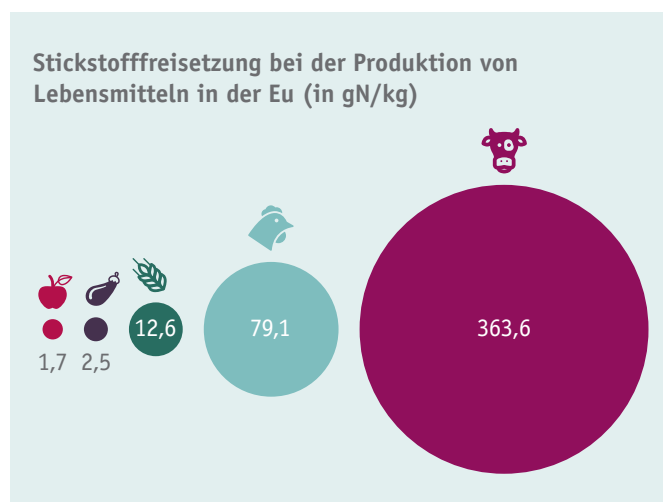


Abb. 8: Stickstofffreisetzung bei der Produktion von Lebensmitteln in der EU.⁴⁴

In Deutschland gehen laut einer Studie des Bundeslandwirtschaftsministeriums aus dem Jahr 2012 mehr als 11 Millionen Tonnen verloren.⁴⁷ Eine im Auftrag des WWF erstellte Studie schätzt die Menge, die jedes Jahr von Landwirtschaft, Industrie, Handel, Großverbrauchern und privaten Haushalten entsorgt wird, auf 18 Mio. Tonnen.⁴⁸

Die Lebensmittelverschwendung tritt entlang der gesamten Lebensmittelkette auf; jedoch ist die Datenlage zur Lebensmittelverschwendung der einzelnen Stufen unzureichend und z. T. widersprüchlich. Die Daten in der Tabelle 3 können nicht miteinander verglichen werden, da die jeweiligen methodischen Ansätze voneinander abweichen und keine einheitliche Definition von Lebensmittelverschwendung

Studie	FAO (2011) ⁴⁹	Bio Intelli- gence Service (2011) ⁵⁰	Fusions (2016) ⁵¹	FH Münster (2012) ⁵²	Kranert et al. (2012) ⁵³	WWF: Noleppa & Carlsburg (2015) ⁵⁴
Bezugsraum	Europa	EU	EU	Deutschland	Deutschland	Deutschland
Anteile an Lebensmittelverschwendung [%]						
Erzeugung	23	34	11	22	k. A.	14
Verarbeitung	17	20	19	36	17	14
Einzelhandel	9	5	17	3	5	14
Verbraucher	52	41	53	40	78	58

Tab. 3: Anteil der Lebensmittelverschwendung in den verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette.

zugrunde liegt. Doch zeigt die Tabelle den Anteil der Lebensmittelverschwendung in den verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette.

Insbesondere im Bereich der landwirtschaftlichen Erzeugung ist die Datenlage unzureichend, denn ein Großteil der Verluste wird nicht erfasst, wie z. B. Produkte, die wegen zu niedriger Erzeugerpreise untergepflügt werden, da erst das geerntete Produkt als Lebensmittel gilt. In der tierischen

Erzeugung werden Verluste erst ab der Schlachtung erfasst und nicht die Verluste in der Tierhaltung oder beim Transport der Tiere.⁵⁵

Neben den unvermeidbaren Abfällen wie nicht essbaren Bestandteilen, z.B. Schalen und Knochen, entsteht ein hoher Anteil vermeidbarer bzw. teilweise vermeidbarer Abfälle durch vermeidlichen Verderb, Verfall oder hohe Qualitätsansprüche.⁵⁶

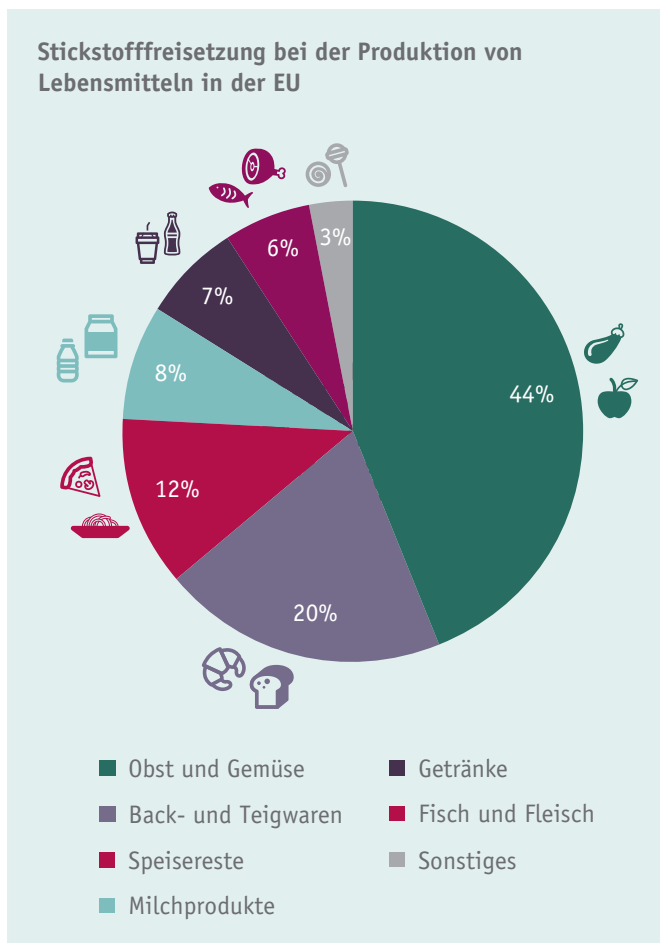


Abb. 9: Lebensmittelabfälle in Privathaushalten nach Produktgruppen.⁵⁷

Am häufigsten werden Gemüse, Obst und Getreideerzeugnisse entsorgt. Doch aufgrund der ressourcenintensiven Produktion weisen die mengenmäßig geringeren Abfälle tierischer Produkte einen vergleichsweise deutlich höheren Wasser- und Stickstoffverbrauch auf.

Minderungsmaßnahmen beim Lebensmittelkonsum

Ein wichtiger Beitrag, um den Stickstoffkreislauf wieder ins Gleichgewicht zu bringen, ist eine Veränderung des Konsumentenverhaltens. Für eine Verringerung der durch die hohen Stickstoffemissionen bedingten Auswirkungen im Bereich Ernährung sind die wesentlichen Ziele: Reduzierung der Lebensmittelabfälle und -verluste entlang der gesamten Lebensmittelkette, Stärkung der Wertschätzung von Lebensmitteln und Reduzierung des derzeit hohen Konsums tierischer Produkte⁵⁸. Im Jahr 2015 verpflichtete sich Deutschland zur Umsetzung des globalen Nachhaltigkeitsziels (Sustainable Development Goal), bis 2030 die Nahrungsmittelabfälle pro Kopf zu halbieren und die Nahrungsmittelverluste zu verringern (SDG 12.3). Es fehlt nach wie vor eine nationale Strategie zur Verringerung der Lebensmittelverschwendung mit konkreten Minderungszielen für alle Bereiche und entsprechenden Maßnahmen entlang der Wertschöpfungskette. Die Politik muss die notwendigen Veränderungen

in Strukturen und Rahmenbedingungen voranbringen. Die Entwicklung von branchenspezifischen Abfallvermeidungsprogrammen, die Erforschung und systematische Erfassung der Lebensmittelverluste und –abfälle, die Stärkung regionaler Wirtschaftssysteme und die Direktvermarktung⁵⁹ spielen hierbei ebenso eine Rolle wie Verbraucheraufklärung, –sensibilisierung und Ernährungsbildung. Insbesondere in Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung wie Kantinen, Kindertagesstätten und Schulen sollte möglichst frühzeitig die Wertschätzung von Lebensmittel und die Vermeidung von Abfällen vermittelt werden.⁶⁰ Mit Informationskampagnen sollte auch die Reduktion des Fleischkonsums auf ein ernährungsphysiologisch ausgewogenes und zugleich umweltfreundliches Maß stärker betont werden. Die Auswirkungen tierischer Produkte wie Fleisch- und Milchprodukte auf den Stickstoffüberschuss werden noch nicht hinreichend kommuniziert. Die öffentliche Gemeinschaftsverpflegung sollte sich stärker an den Empfehlungen der DGE orientieren und so zur Reduzierung des Stickstoffüberschusses beitragen.

Überschreitung von Ziel-, Schwellen- und Grenzwerten

Die Belastung von Natur und Umwelt mit reaktiven Stickstoffverbindungen stellt in vielen europäischen Ländern und auch in Deutschland ein gravierendes Problem dar. Durch zahlreiche internationale, europäische und nationale Verpflichtungen soll der Stickstoffüberschuss verringert werden. Einige Richtlinien und Programme formulieren explizit stickstoffbezogene Ziele und Grenzwerte und teilweise wurden auch Fortschritte bei der Emissionsminderung erzielt. Doch vielfach werden die Ziele und Grenzwerte in Deutschland noch nicht erreicht.

Internationale Verpflichtungen

Genfer Luftreinhaltekonvention und Göteborg-Protokoll

Die Genfer Luftreinhaltekonvention (Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung/ Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, CLRTAP) der UN-Weltwirtschaftskommission (UNECE) ist der erste völkerrechtlich verbindliche Vertrag zur Luftreinhaltung, der 1979 in Genf geschlossen wurde und 1983 in Kraft trat. Das Übereinkommen wurde um acht spezifische

Protokolle zur Luftreinhaltung ergänzt, die als völkerrechtliche Verträge ebenfalls für alle Vertragsparteien bindend sind. Zuletzt wurde 1999 das Göteborg-Protokoll verfasst. Es trat 2005 in Kraft und adressiert als Multikomponentenprotokoll mehrere Schadstoffe, um die Versauerung und Eutrophierung (Nährstoffanreicherung) sowie die Bildung von bodennahem Ozon zu verringern. Die Vertragsparteien des Göteborg-Protokolls verpflichteten sich, bis 2010 national festgelegte Emissionshöchstmenge für Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Ammoniak und flüchtige organische Verbindungen (VOC) einzuhalten. Diese Schadstoffe sind maßgeblich für die Versauerung und Überdüngung der Gewässer und Böden sowie für die Bildung von bodennahem Ozon verantwortlich.

Klimarahmenkonvention und Kyoto-Protokoll

Die Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen sind seit 1994 verpflichtet, Klimaschutzmaßnahmen umzusetzen und regelmäßig über die Treibhausgasemissionen zu berichten. Mit dem Kyoto-Protokoll verankerte die internationale Staatengemeinschaft verbindliche Ziele zur Verminderung der Treibhausgase in einem völkerrechtlichen Vertrag für den Zeitraum von 1990 bis 2012. Im Jahr 2012 einigten sich Vertragsstaaten auf die Fortführung des Kyoto-Protokolls in einer zweiten Periode (2013 – 2020); völkerrechtlich verbindlich ist dieser Vertrag jedoch noch nicht, da er bislang nicht von allen Staaten ratifiziert wurde. Auch Deutschland hat ihn offiziell erst im November 2017 ratifiziert. Davon unabhängig wird „Kyoto II“ seit 2012 europarechtlich verbindlich umgesetzt: Die EU-Staaten setzen ihre Verpflichtungen gemeinsam durch europäische Regelungen um, wie die EU-Verordnung 525/2013⁶¹ und die Durchführungsverordnung 749/2014. Die sich daraus ergebenden Minderungsziele beziehen sich auf die nationalen Treibhausgase insgesamt; spezifische Ziele für die einzelnen Treibhausgase gibt es nicht.

Deutschland verpflichtete sich in der ersten Periode des Kyoto-Protokolls (2008-2012), die Treibhausgasemissionen um 21 % gegenüber dem Basisjahr 1990 zu verringern und erfüllte dieses Ziel. Die Lachgasemissionen hatten im Basisjahr 1990 mit 64.989 Tsd. Tonnen CO₂-Äquivalente einen Anteil von 5,2 % an den Gesamtemissionen und wurden in 2012 um 42,5 % auf 37.354 Tsd. Tonnen CO₂-Äquivalente reduziert. Seit 2013 sind die Lachgasemissionen wieder leicht angestiegen und die Minderung lag 2015 noch bei 40 %.

Bis auf die Integration der Stickstoffverbindung Lachgas in die Klimarahmenkonvention fehlt es an Zielen und Regelungen für die klimaschädlichen Wirkungen von Stickstoff.⁶²

OSPAR und HELCOM

Die Eutrophierung bzw. der Eintrag von Nährstoffen ist zentraler Teil zweier internationaler Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt von Nord- und Ostsee.

Zum Schutz des Ostseegebiets wurde im Jahr 1992 das Helsinki-Übereinkommen (HELCOM) geschlossen und trat 2000 völkerrechtlich in Kraft. Im Jahr 2007 beschlossen die Ostseeanliegerstaaten für die Umsetzung den Ostseeaktionsplan (HELCOM Baltic Sea Action Plan, BSAP) und legten im Aktionsplan konkrete Nährstoffreduktionsziele fest, die sie bis 2021 erreichen wollen. 2013 vereinbarten die Staaten neue Nährstoffreduktionsziele, die sämtliche wasser- und luftbürtigen Stickstoffeinträge sowie die Stickstoffoxid-Emissionen der Schifffahrt einbeziehen. Deutschland hat sich verpflichtet, seine Stickstoffeinträge um 7.670 Tonnen pro Jahr gegenüber dem Referenzzeitraum 1997–2003 zu senken; der überwiegende Teil sind die atmosphärischen Einträge mit 5.720 Tonnen/Jahr. Die Stickstoffeinträge verringerten sich im Zeitraum 1990 bis 2015 um etwa 30 %. Jedoch ergab die aktuelle Eutrophierungsbewertung, basierend auf Daten von 2011–2015, dass weiterhin 97 % der Ostsee eutroph sind einschließlich der deutschen Ostseegewässer⁶³. Der Eutrophierungszustand hat sich seit der letzten Bewertung (Daten von 2007–2011) trotz reduzierter Nährstoffeinträge noch nicht wesentlich verbessert.⁶⁴

Zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks einschließlich der Nordsee wurde ebenfalls 1992 das Oslo-Paris-Übereinkommen (OSPAR) geschlossen, das 1998 völkerrechtlich in Kraft trat. Die aus dem Übereinkommen hervorgegangene Nord-Ost-Atlantik-Umweltstrategie (The North-East Atlantic Environment Strategy) setzte das Ziel, bis zum Jahr 2020 die Stickstoffeinträge um mindestens 50 % im Vergleich zum Basisjahr 1985 zu senken.

In der Nordsee sind besonders die Küstengewässer von der Eutrophierung betroffen, die hauptsächlich durch die Flusseinträge verursacht wird.⁶⁵ Die aktuelle OSPAR-Eutrophierungsbewertung (COMP), basierend auf Daten von 2006–2014, stuft die deutschen Übergangs- und Küstengewässer als stark nährstoffbelastet ein: 39 % gelten als potenzielle

Problemgebiete und 55 % als Problemgebiete (Küstengewässer, innere Deutsche Bucht). Lediglich 6 % der deutschen Nationalgewässer wurden als Nicht-Problemgebiete eingestuft (äußere Deutsche Bucht). Im Vergleich dazu bewertete die vorherige Eutrophierungsbewertung (2001–2000) noch 80 % als Problemgebiete (gesamte innere Deutsche Bucht einschließlich Wattenmeer) und 20 % als potenzielle Problemgebiete (äußere Deutsche Bucht). Wobei die Datenlage für die äußere Deutsche Bucht nicht ausreichend war und somit nicht eindeutig ist, ob sich der aktuelle Eutrophierungszustand gegenüber der letzten Bewertung tatsächlich verbessert hat.⁶⁶ Hinzu kommt, dass die Strömungen die mit den Flüssen eingeschwemmten Nährstoffe entlang der Küste verteilen und damit die Erreichung eines „guten Zustands“ der deutschen Meeresgewässer auch von niederländischen Nährstoffreduktionen abhängig ist.

Europäische Verpflichtungen und nationale Umsetzung

Die europäische Rahmengesetzgebung umfasst zahlreiche Richtlinien mit stickstoffbezogenen Zielen. Die Vorgaben der EU-Richtlinien wurden auf nationaler Ebene in verschiedene Gesetze und Verordnungen überführt. Auch wenn Fortschritte bei der Emissionsminderung erzielt wurden, ist die Umsetzung in Deutschland insgesamt mangelhaft. Dies führte u.a. zu Vertragsverletzungsverfahren der Europäischen Kommission wegen Verstoßes gegen die Nitratrichtlinie und die Luftqualitätsrichtlinie. Auch leitete die EU-Kommission wegen der mangelhaften Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie und der NEC-Richtlinie bereits Pilotverfahren ein und droht Deutschland wegen der anhaltenden Luftverschmutzung mit einer Klage vor dem Europäischen Gerichtshof (EuGH).

Nitratrichtlinie (91/676/EWG)

Die Nitratrichtlinie wurde bereits 1991 zum Schutz des Grund- und Oberflächenwassers vor landwirtschaftlichen Nitratverunreinigungen erlassen und legt europaweit einen einheitlichen Wert von 50 Milligramm Nitrat/ Liter fest. Die Mitgliedstaaten sind verpflichtet, den Zustand der Gewässer zu überwachen, um Nitratverunreinigungen aus landwirtschaftlichen Quellen festzustellen und alle vier Jahre der EU-Kommission über den Gewässerzustand und die durchgeführten Maßnahmen zu berichten. Der Grenzwert ist gemäß der Nitratrichtlinie an allen Messstellen sowie den Grundwasserkörpern einzuhalten. Laut Nitratbericht

der Bundesregierung von 2016 wird jedoch an ca. 18 % der Messstellen der zulässige Wert überschritten.

Die hohen Nitratbelastungen gefährden die Erreichung der Schutzziele der EU-Nitrat-Richtlinie.⁶⁷ Daher hat die EU-Kommission im Oktober 2016 Deutschland wegen Verletzung der EU-Nitratrichlinie vor dem EuGH verklagt.

In Deutschland wird diese europäische Richtlinie im Düngerecht umgesetzt. In 2017 traten das novellierte Düngegesetz, die Düngeverordnung (DÜV) und die neu erlassene Stoffstrombilanzverordnung in Kraft. Die Neufassung des Düngerechts war ein längst überfälliger Schritt. Die landwirtschaftlichen Stickstoffüberschüsse sind nach wie vor deutlich zu hoch. Inwieweit die Neuerungen ausreichen, um die Umweltziele und Verpflichtungen zu erfüllen, bleibt abzuwarten.

Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG)

Für den Schutz der Gewässer vor Nährstoffeinträgen sind die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und ihre Tochterrichtlinie, die Grundwasserrichtlinie 2006/118/EG (GWRL) von zentraler Bedeutung. Mit der WRRL setzte sich die Europäische Union das Ziel, europaweit alle Flüsse, Seen, Grundwasser und Küstengewässer in einen guten ökologischen und chemischen Zustand zu überführen. Durch Überwachung und mit Hilfe von Maßnahmenprogrammen und Bewirtschaftungsplänen müssen die Mitgliedstaaten dieses Ziel erreichen. Maßgeblich für die Umsetzung der WRRL sind in Deutschland das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), die Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) und die Grundwasserverordnung (GrwV). Die Verringerung der Nitratbelastung ist ein verpflichtender Bestandteil der WRRL. Europaweit und auch in Deutschland wurden die Ziele der WRRL bis 2015 verfehlt. Mit einer Fristverlängerung müssen die Ziele nun in den kommenden Bewirtschaftungszyklen bis zum Jahre 2021, spätestens bis 2027 erreicht werden.

Von den 1.200 Grundwasserkörpern in Deutschland befanden sich 2015 rund 36 % in einem „schlechten Zustand“; bei 74 % dieser als „schlecht“ eingestuften Grundwasserkörper ist die Ursache die Überschreitung des Schwellenwertes von 50 mg Nitrat/ Liter.⁶⁸

Von den Oberflächengewässerkörpern erreichen bislang lediglich 8,2 % einen „sehr guten“ oder „guten ökologischen Zustand“. Neben der unzureichenden Gewässerstruktur sind

bei Fließgewässern die hohen Nährstoffeinträge für die Zielverfehlung verantwortlich. Seen, Übergangs- und Küstengewässer sind besonders von hohen Nährstoffeinträgen betroffen.⁶⁹ In Nord- und Ostsee sind sie oft die hauptsächliche oder ausschließliche Ursache dafür, dass die Küstengewässer den gemäß WRRL anzustrebenden Zustand nicht erreichen: Kein einziger Wasserkörper war 2015 in „gutem“ oder „sehr gutem“ Zustand.⁷⁰

Die EU-Kommission hat 2015 ein Pilotverfahren als informelle Vorstufe eines Vertragsverletzungsverfahrens wegen mangelhafter Umsetzung der WRRL gegen Deutschland eingeleitet (Nr. 7806/15/ENVI).

EU-Grundwasserrichtlinie (2006/118/EG)

Die 2006 erlassene EU-Grundwasserrichtlinie (GRWL) schreibt Umweltqualitätsnormen vor, die von allen Mitgliedstaaten einzuhalten sind und konkretisiert die Vorgaben der WRRL. Als Tochterrichtlinie der WRRL legt sie europaweit für Grundwasser den Grenzwert von 50 Milligramm/ Liter für Nitrat fest, der auf nationaler Ebene in der GrwV verankert wurde. In Deutschland wird an ca. 18 % der Messstellen des EUA-Grundwassermessnetzes der Grenzwert nicht eingehalten.⁷¹

Trinkwasserrichtlinie

Die EU-Trinkwasserrichtlinie sieht ebenfalls einen Grenzwert von 50 Milligramm Nitrat/ Liter vor. Belastetes Grundwasser kann nicht ohne weitere Maßnahmen als Trinkwasser genutzt werden; es muss verdünnt oder biologisch beziehungsweise chemisch aufbereitet werden. Abweichungen vom Grenzwert sind, sofern sie gesundheitlich unbedenklich sind, nur vorübergehend zulässig, wenn einwandfreies Wasser anderweitig nicht verfügbar ist und ein Sanierungsplan vorliegt.

Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (2008/56/EG)

Die im Jahr 2008 in Kraft getretene Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie setzt das Ziel, dass sich bis 2020 alle europäischen Meere in einem guten Umweltzustand befinden. Die Mitgliedstaaten sind verpflichtet, für ihre jeweiligen Meeresgewässer eine Meeresstrategie zu entwickeln, die auf der Grundlage einer Anfangsbewertung die Umweltziele und die dazu gehörenden Indikatoren festlegt, ein Maßnahmenprogramm zur Erreichung des guten Umweltzustands aufzustellen, dieses umzusetzen und mittels eines Überwachungsprogramms die

Zielerreichung zu dokumentieren und die Ergebnisse der EU-Kommission zu berichten.

Die Nährstoffverhältnisse in den deutschen Küsten- und Meeresgewässern von Nord- und Ostsee werden durch flussbürtige Einträge aus dem Binnenland, durch Einträge aus der Atmosphäre sowie strömungsbedingte Austauschprozesse geprägt. Die Anfangsbewertung identifizierte die übermäßigen Stickstoffeinträge als eine der Hauptbelastungen von Nord- und Ostsee.⁷²

Im Jahr 2012 hat Deutschland zur Erreichung des guten Umweltzustands für seine Meeresgewässer in Nord- und Ostsee sieben Umweltziele festgelegt, von denen ein Ziel die hohe Nährstoffbelastung adressiert. Dieses Ziel wurde durch drei operative Ziele konkretisiert: die Verringerung der Nährstoffeinträge über die Flüsse, über Ferneinträge aus anderen Meeresgebieten sowie aus der Atmosphäre. Der gute Umweltzustand hinsichtlich der Eutrophierung in Nord- und Ostsee gilt als erreicht, wenn der gute ökologische Zustand gemäß der WRRL erreicht ist, nach der OSPAR-Eutrophierungsbewertung für die deutschen Nordseegewässer der Status eines „Nicht-Problemgebiets“ vorliegt und nach der HELCOM-Eutrophierungsbewertung für die deutschen Ostseegewässer mindestens ein guter Zustand erreicht wurde.⁷³

Für die Zielerreichung greift das nationale MSRL-Maßnahmenprogramm überwiegend auf bereits bestehende Maßnahmen der WRRL, der NERC-Richtlinie, der Nitratrtrichtlinie sowie internationaler Übereinkommen (OSPAR, HELCOM, MARPOL) zurück und benennt nur wenige neue Maßnahmen.⁷⁴

Als Indikatoren für die Minderung der flussbürtigen Einträge dienen die Zielwerte für Stickstoffkonzentrationen im Übergangsbereich der in die Nord- und Ostsee mündenden Flüsse (Ostsee: 2,6 mg/l Gesamtstickstoff, Nordsee: 2,8 mg/l Gesamtstickstoff). Diese Zielwerte wurden 2016 erstmals in die OGewV aufgenommen. Nach einer vorläufigen Auswertung 2011–2015 erreichten jedoch lediglich zwei Flüsse die Zielwerte.⁷⁵

Die MSRL ist besonders eng mit der WRRL verzahnt, da letztere innerhalb der ersten Seemeile einen „guten ökologischen Zustand“ und in den Küstengewässern der 12-Seemeilen-Zone einen „guten chemischen Zustand“ fordert. Die letzte Bewertung gemäß der WRRL zeigte, dass keines der Übergangs- und Küstengewässer im Jahr 2015 den guten ökologischen Zustand erreichte.⁷⁶

Die Reduzierung der Nährstoffeinträge aus anderen Meeresgebieten soll weiterhin im Rahmen der Zusammenarbeit von HELCOM und OSPAR erreicht werden. Indikatoren hierfür sind der Transport und die Verteilung von Stickstoff im Seewasser. Die Verringerung der atmosphärischen Stickstoffeinträge wird anhand der Emissions- bzw. Depositionswerte auf der Meeresoberfläche überwacht.

Anhand der aktuellen Berichterstattung der WRRL und der Eutrophierungsbewertungen von OSPAR und HELCOM (siehe oben) zeigt sich, dass die nationalen Küstengewässer hinsichtlich der Eutrophierung noch weit vom guten Umweltzustand der MSRL entfernt sind.

NEC-Richtlinie (2001/81/EG) und NERC-Richtlinie (2016/2284)

Um die Emissionen versauernder und eutrophierender Schadstoffe zu senken, erließ die EU 2001 eine Richtlinie über Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC-Richtlinie). Durch die NEC-Richtlinie ist Deutschland seit 2010 verpflichtet, die Ammoniakemissionen jährlich unter 550 Tsd. Tonnen zu halten. Dieses Ziel wurde bislang jedes Jahr verfehlt. Die Stickstoffoxidemissionen muss Deutschland seit 2010 auf jährlich 1.051 Tausend Tonnen begrenzen. Die Verpflichtungen in 2015 wurden nur aufgrund von Berechnungsregeln (Inventory-Adjustment-Verfahren) eingehalten, die den Abzug unvorhergesehener Emissionen erlauben sowie von Emissionsquellen, die bei der Ermittlung der nationalen Höchstmengen nicht berücksichtigt wurden.⁷⁷

Mit der Fortschreibung des Göteborg-Protokolls im Jahr 2012 sowie der neuen NEC-Richtlinie, die 2016 in Kraft trat, verschärfen sich für Deutschland die Minderungsverpflichtungen. Mit der neuen NEC-Richtlinie ist Deutschland verpflichtet, die Ammoniakemissionen ab 2020 um 5 % gegenüber dem Basisjahr 2005 zu senken und ab 2030 um 29 %. Die Stickstoffoxidemissionen müssen ab 2020 um 39 % gegenüber 2005 verringert werden und ab 2030 um 65 %. Sowohl bei den nationalen Ammoniak- als auch den Stickstoffoxidemissionen sind noch große Anstrengungen notwendig, um die Verpflichtungen zukünftig erfüllen zu können.

Mit der Senkung der Emissionsmengen soll u. a. die Belastung der Ökosysteme durch Luftschadstoffe, insbesondere die Versauerung durch Schwefel- und Stickstoffverbindungen sowie die Eutrophierung durch Stickoxide und Ammoniak,

Jahr	Stickstoffoxid (NO _x)		Ammoniak (NH ₃)	
	2010	2015	2010	2015
Emissionshöchstmenge der NEC-Richtlinie ab 2010	1.051 kt/a		550 kt/a	
Gesamtemissionen	1.583 kt	1420 kt	683 kt	761 kt
Berichtete Emissionen*	1.334kt	1.188 kt	681 kt	759 kt
Überschreitung der Emissionshöchstmenge	283 kt	137 kt	131 kt	209 kt
Korrigierte Emissionen**	1.072 kt	959 kt	642 kt	696 kt
Überschreitung mit Inventory Adjustment	21 kt	–	92 kt	146 kt
*nationale Gesamtemissionen nach Abzug nicht konformer Emissionsmengen für die offizielle Berichterstattung ** für Einhaltung der NEC-Richtlinie: Berechnung mit „Inventory Adjustment-Verfahren“: Für die Überprüfung der Einhaltung von Emissionshöchstmengen dürfen nicht vorhersehbare Änderungen und Emissionen, die bei der Festlegung der nationalen Emissionshöchstmenge nicht berücksichtigt wurden, unter bestimmten Bedingungen von den Gesamtemissionen abgezogen werden (z. B. landwirtschaftliche NO _x -Emissionen, bestimmte NO _x -Emissionen des Verkehrssektors, NO _x - und NH ₃ -Emissionen aus der Nutzung von Energiepflanzen)				

Tab. 4: Einhaltung der nationalen Emissionshöchst-mengen der NEC-Richtlinie (2001/81/EG) in Kilotonnen (kt) im Jahr 2010 und 2015 für Stickstoffoxid und Ammoniak⁷⁸

auf ein naturverträgliches Maß begrenzt werden. Die Belastungsgrenzen – Critical Loads – spiegeln die Empfindlichkeit der Ökosysteme gegenüber Luftschadstoffen wieder. Für rund elf Millionen Hektar (ca. ein Drittel der Fläche Deutschlands) wird die Einhaltung der Critical Loads regelmäßig bewertet. In Deutschland konnte der Anteil an Ökosystemen, bei denen der Critical Load für Säureeinträge (Schwefel-, Stickstoffverbindungen) überschritten wird, von über 80 % im Jahr 1990 auf rund 10 % im Jahr 2011 verringert werden. Hingegen waren im Jahr 2011 noch ca. 65 % der Ökosysteme durch Überschreitung der zulässigen Stickstoffeinträge gefährdet.⁷⁹

Luftqualitätsrichtlinie (2008/50/EG)

Die Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa (Luftqualitätsrichtlinie) trat 2008 in Kraft und wird in Deutschland mit der 39. Verordnung zum Bundesimmissionschutzgesetz (39. BImSchV) umgesetzt. Zum Schutz der menschlichen Gesundheit legt die Luftqualitätsrichtlinie für die Stickstoffoxid-Konzentrationen in der Außenluft als verbindlichen Grenzwert einen Jahresmittelwert von 40 Mikrogramm/ Kubikmeter (µg/m³) fest. Der Grenzwert muss seit 2010 von allen Mitgliedstaaten eingehalten werden. In Deutschland wird der Grenzwert seit 2010 jedes Jahr an einem Großteil der städtischen verkehrsnahen Messstationen überschritten: Nach einer vorläufigen Auswertung des Umweltbundesamtes lagen im Jahr 2017 rund 46 % dieser Stationen über dem Grenzwert.⁸⁰

Aufgrund der seit Jahren anhaltenden Überschreitung des Grenzwertes droht die EU-Kommission Deutschland mit ei-

ner Klage vor dem EuGH. Laut der Kommission verstößt Deutschland in 28 Luftqualitätsgebieten gegen die NO₂-Grenzwerte. Die Kommission hält die bisherigen Minderungsmaßnahmen Deutschlands für unzureichend und forderte Mitte Februar 2017 in einem letzten Mahnschreiben (mit Gründen versehene Stellungnahme) dazu auf, den Verstoß gegen die NO₂-Grenzwerte zu beenden.⁸¹ Nach einem Treffen mit Umweltkommissar Karmenu Vella im Januar 2018 hat die Bundesregierung weitere Maßnahmen mitgeteilt, um die NO₂-Grenzwertüberschreitung so schnell wie möglich abzustellen.

Zum Schutz der Vegetation sieht die Richtlinie einen Jahresmittelwert von 30 Mikrogramm/ Kubikmeter für Stickstoffoxide (NO_x) vor, der in der 39. BImSchV verankert wurde. Der Wert muss jedoch nur in mehr als 20 km von Ballungsräumen beziehungsweise mehr als 5 km von anderen bebauten Flächen, Industrieanlagen oder Autobahnen oder Hauptstraßen“ entfernten Gebieten eingehalten werden, so dass die Beurteilungsgebiete nur einen kleinen Teil der Fläche Deutschlands umfassen. In diesen Gebieten wurde der Grenzwert für Stickstoffoxide seit 2001 nicht überschritten. Problematisch ist allerdings, dass zum Schutz der Vegetation die Einträge von Ammoniak nicht berücksichtigt werden. Damit schützt die 39. BImSchV die terrestrischen Ökosysteme nicht ausreichend vor einer zu hohen Stickstoffbelastung.⁸²

Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie

Im Jahr 2002 beschloss die Bundesregierung die erste Nachhaltigkeitsstrategie; 2016 wurde die Strategie umfassend

überarbeitet und an der Umsetzung der globalen Nachhaltigkeitsziele ausgerichtet. Auch das Indikatorenset wurde deutlich umfangreicher. In der aktuellen Nachhaltigkeitsstrategie sind sechs Indikatoren mit direktem Stickstoffbezug enthalten.

Bereits in der Strategie aus dem Jahr 2002 wurde der Stickstoffüberschuss als Indikator aufgeführt: Die Stickstoffüberschüsse sollten bis zum Jahr 2010 auf 80 kg Stickstoff/Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche (kg N/ha) und Jahr reduziert werden. Seit 1991 ist jedoch der Saldo (Dreijahresmittel) von 130 kg/ha/Jahr lediglich auf 96 kg N/ha/Jahr in 2010 zurückgegangen. Das Ziel wurde daher nicht erreicht.⁸³ In der Neufassung der Nachhaltigkeitsstrategie wurde das Reduktionsziel für den Stickstoffüberschuss angepasst: Bis 2030 soll der Überschuss auf 70 kg/ha und Jahr reduziert werden. Doch der Stickstoffüberschuss ging zwischen 2008 und 2012 nur noch um 1 % zurück. Bei der Fortsetzung dieses Trends kann eine Verringerung bis auf 70 kg/ha bis 2030 nicht erreicht werden.⁸⁴

In der Nachhaltigkeitsstrategie wird ein weiterer stickstoffbezogener Indikator geführt: Beim Indikator „Nitrat im Grundwasser“ soll an allen Messstellen der Grenzwert von 50 Milligramm pro Liter eingehalten werden. Auch dieses Ziel wurde bislang verfehlt: Im Jahr 2014 wurde der Grenzwert an 18 % der Grundwassermessstellen des EUA-Messnetzes überschritten und ein positiver Trend ist nicht erkennbar.⁸⁵

Im Indikator „Schadstoffbelastung der Luft“ sind die fünf Schadstoffe Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffoxide (NO_x), Ammoniak (NH₃), flüchtige organische Verbindungen (NM-VOC) und Feinstaub (PM_{2,5}) gebündelt. Die Gesamtemissionen dieser Luftschadstoffe sollen bis zum Jahr 2030 um fast die Hälfte (45 %) gegenüber dem Referenzjahr 2005 gesenkt werden. Erreicht wurde bis 2014 eine Verringerung der Emissionen von Stickstoffoxiden (NO_x) um 25 %. Die Ammoniakemissionen stiegen zwischen 2005 und 2014 um insgesamt 9,1 % an – hier ist eine Zielerreichung nicht absehbar.⁸⁶

Die Stickstoffverbindung Lachgas ist in der Strategie im Indikator „Treibhausgasemissionen“ enthalten. Die Treibhausgasemissionen sollen bis 2020 um 40 % gegenüber dem Basisjahr 1990 verringert werden und bis 2050 um 80 – 95 %. Im Jahr 2015 wurde eine Minderung um 27 % erreicht; setzt sich jedoch die Trendentwicklung der letzten fünf Jahre fort, ist das Ziel bis 2020 nicht erreichbar.⁸⁷

Der Indikator „Stickstoffeintrag über die Zuflüsse in Ost- und Nordsee“ basiert auf den Zielen der Wasserrahmenrichtlinie und der Oberflächengewässerverordnung: Der Eintrag von Stickstoff soll für die in die Nordsee einmündenden Flüsse unter 2,8 mg Stickstoff/Liter Abfluss (mg/L) liegen und unter 2,6 mg Stickstoff/ Liter für die Ostseezuflüsse. Von den sieben überwachten Nord- und Ostseezuflüssen erreichte im Fünfjahresdurchschnitt bislang nur die Eider den Grenzwert (2014: 2,4 mg/L). Bei den anderen Flüssen ist zwar eine abnehmende Tendenz erkennbar, jedoch wird beispielsweise in der Ems der Grenzwert noch um mehr als das Doppelte überschritten (2014: 6,0 mg/L).⁸⁸

Der Indikator „Eutrophierung der Ökosysteme“ gibt den Flächenanteil von Ökosystemen wieder, bei dem die ökologische Belastungsgrenze (Critical Load) für eutrophierende Stickstoffeinträge überschritten ist. Ziel ist, dass bis zum Jahr 2030 noch höchstens 37 % der Flächen belastet sind.⁸⁹ Im Jahr 2011 war der Critical Load auf ca. 65 % der überwachten Ökosysteme überschritten.⁹⁰ Das Ziel steht allerdings im Widerspruch zur Nationalen Strategie der Bundesregierung zur Biologischen Vielfalt (NBS), die bereits für das Jahr 2020 eine flächendeckende Einhaltung der Belastungsgrenze anstrebt.

EU-Biodiversitätsstrategie und Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt

Mit ihrer Biodiversitätsstrategie kommt die EU internationalen Verpflichtungen aus dem Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity – CBD) nach und verfolgt das Ziel, bis zum Jahr 2020 den Verlust der biologischen Vielfalt und die Verschlechterung der Ökosystemdienstleistungen aufzuhalten. Die europäische Biodiversitätsstrategie setzt jedoch u.a. das im Strategischen Plan der CBD enthaltene Kernziel – bis 2020 die Verschmutzung der Umwelt, unter anderem durch überschüssige Nährstoffe, wieder auf ein unschädliches Niveau zu bringen – nicht in vollem Umfang um.

Die NBS der Bundesregierung aus dem Jahr 2007 enthält drei stickstoffbezogene Ziele: Bis 2020 sollen die Belastungswerte (Critical Loads und Levels) für Versauerung, Nährstoffeinträge und für Ozon eingehalten werden; die Flüsse, Seen, Übergangs- und Küstengewässer soll(t)en bis 2015 einen guten Zustand aufweisen und ab 2020 werden die Schadstoffeinträge in land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden zurückgeführt.⁹¹ Der Indikatorenbericht 2014 zeigte jedoch,

dass Deutschland noch weit von den Zielen entfernt ist. Bei neun Indikatoren mit direktem oder indirektem Stickstoffbezug ist eine Zielerreichung nicht abzusehen. In direktem Zusammenhang mit dem Stickstoffüberschuss steht der Indikator „Eutrophierende Stickstoffeinträge“: Im Jahr 2011 war der Critical Load auf ca. 65 % der überwachten Ökosysteme überschritten.⁹² Auch der Indikator Stickstoffüberschuss der Landwirtschaft liegt weit hinter dem Ziel: Bis 2010 sollten die jährlichen Stickstoffüberschüsse in der Gesamtbilanz auf 80 Kilogramm je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche reduziert werden. Erreicht wurde jedoch bis 2010 nur eine Absenkung auf 96 Kilogramm/ Hektar. Der Indikator „Ökologischer Gewässerzustand“ zeigt die Diskrepanz zwischen dem Ziel, bis 2015 alle Wasserkörper in einen guten Zustand zu überführen, und der realen Situation, dass im Jahr 2009 dieser Zustand nur bei zehn % der Wasserkörper erreicht werden konnte; ein Hauptgrund für die Zielverfehlung sind die hohen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft. Auch bei den Indikatoren mit indirektem Bezug werden die Ziele nicht erreicht: Indikator „Ökologischer Landbau“ (vom 20-%-Ziel wurden im Jahr 2012 nur 5,8 % Flächenanteil erreicht), „Artenvielfalt und Landschaftsqualität“ (vom Ziel für 2015 waren beim Indikator und den Teilindikatoren in 2011 zwischen 56 und 76 % erreicht mit teilweise negativem Trend), „Gefährdete Arten“ (Gefährdung bis 2020 auf 15 % senken; Indikator lag 2013 bei 23 %), „Erhaltungszustand

der FFH-Lebensräume und FFH-Arten“ (Zielerreichung 46 % im Jahr 2012) und „Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert“ (Zielwert 19 % Flächenanteil in 2015, erreicht 11,8 % in 2013).⁹³

Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung

Das übergeordnete Stickstoffminderungsziel der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie wurde auch im 2016 veröffentlichten Klimaschutzplan aufgegriffen: Zwischen 2028 und 2032 soll der Stickstoffüberschuss in der Gesamtbilanz auf 70 Kilogramm Stickstoff je Hektar verringert und bis 2050 weiter reduziert werden. Ansonsten nimmt der Klimaschutzplan lediglich Bezug auf die Zielvorgaben der NEC-Richtlinie.⁹⁴

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) hat zuletzt 2015 in einem Sondergutachten auf das massive Stickstoffproblem hingewiesen und Lösungsstrategien für die Minderung des Stickstoffüberschusses in Deutschland vorgestellt sowie die Bundesregierung aufgefordert, eine nationale Stickstoffminderungsstrategie zu erarbeiten. In 2016 kündigte das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) zwar eine nationale Strategie mit einem sektorübergreifenden Politikansatz an und führte Expertenforen durch, jedoch wurde dieser Strategieprozess bislang nicht fortgesetzt.

Endnoten / Quellennachweis:

- 1 Umweltbundesamt www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-wirken-sich-stickstoffoxide-auf-die-menschliche
- 2 Bundesamt für Umwelt BAFU, Schweiz
- 3 Eichler, F. & Schulz, D. (1998): The nitrogen reduction programme in the Federal Republic of Germany. *Environmental Pollution* 102, 609-617.
- 4 Umweltbundesamt (2009). Hintergrundpapier zu einer multimedialen Stickstoffemissionsminderungsstrategie. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/3982.html.
- 5 Umweltbundesamt (2014). Reaktiver Stickstoff in Deutschland – Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/reaktiver-stickstoff-in-deutschland>.
- 6 Sachverständigenrat für Umweltfragen (2015): Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten. (Hausdruck). Erscheinungsdatum 9.01.2015: http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.pdf?__blob=publicationFile
- 7 Umweltbundesamt (2016): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2014 (Stand 03/2016).
- 8 Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2015. Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2017. Thünen-Report 46
- 9 Thünen-Institut (Hrsg.) (2017): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990-2015, Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2017. Thünen-Report 46.
- 10 Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990-2015, Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2017. Thünen-Report 46
- 11 Lelieveld, J. et al. (2015): The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. – *Nature*, 525, pp. 367–371.
- 12 Umweltbundesamt (2014): Reaktiver Stickstoff in Deutschland. Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/reaktiver_stickstoff_in_deutschland_0.pdf
- 13 World Health Organization (2013): Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project Technical Report: <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-to-review-eu-policies-the-revihaaproject>
- 14 Lelieveld, J. et al. (2015): The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. – *Nature*, 525, pp. 367–371.
- 15 DUH und EEB
- 16 Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Ermittlung und Bewertung der Einträge von versauernden und eutrophierenden Luftschadstoffe in terrestrische Ökosysteme (PINETI2) Teilbericht II. Critical Load, Exceedance und Belastungsbewertung (FKZ 3712 63 240 1).
- 17 Statistisches Bundesamt (2017): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2016. Stand: 21. Februar 2017.
- 18 Umweltbundesamt (2017): Umweltschutz in der Landwirtschaft. 2. akt. Fassung April 2017: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/170405_uba_fb_landwirtschaftumwelt_bf.pdf
- 19 Thünen-Institut (Hrsg.) (2017): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990-2015, Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2017. Thünen-Report 46.
- 20 Umweltbundesamt (2017): Umweltschutz in der Landwirtschaft. 2. akt. Fassung April 2017: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/170405_uba_fb_landwirtschaftumwelt_bf.pdf
- 21 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): Nitratbericht 2016: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nitratbericht_2016_bf.pdf
- 22 ATT e.V. et al. (2015): Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft 2015. Bonn. Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser.
- 23 MOcons (2017): BDEW Gutachten – Gutachten zur Berechnung der Kosten der Nitratbelastung in Wasserkörpern für die Wasserwirtschaft. Langfassung vom 13.01.2017: [https://www.bdew.de/internet.nsf/id/C622D5C99CD10532C12580AD002F7D43/\\$file/170113_BDEW_Gutachten_Nitrat_final.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/C622D5C99CD10532C12580AD002F7D43/$file/170113_BDEW_Gutachten_Nitrat_final.pdf)
- 24 Umweltbundesamt (2016): Stickstoff- und Phosphoreinträge aus Punktquellen und diffusen Quellen in die Oberflächengewässer in Deutschland. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/fliessgewaesser/eintraege-von-naehr-schadstoffen-in-die#textpart-1>
- 25 Umweltbundesamt (2016): Stickstoff- und Phosphoreinträge aus Punktquellen und diffusen Quellen in die Oberflächengewässer in Deutschland. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/fliessgewaesser/eintraege-von-naehr-schadstoffen-in-die#textpart-1>
- 26 Europäischer Rechnungshof (2016): Sonderbericht Nr. 03/2016. Bekämpfung der Eutrophierung der Ostsee: Es sind noch weitere und wirksamere Maßnahmen notwendig. http://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR16_03/SR_BALTIC_DE.pdf
- 27 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): Nitratbericht 2016: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nitratbericht_2016_bf.pdf
- 28 Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2017. Nationaler Inventarbericht zum

- Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2015. Abschlussdatum 13.04.2017: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-04-26_climate-change_13-2017_nir-2017_unfccc_de.pdf
- 29 Umweltbundesamt (2016): Pressemitteilung Nr. 09 vom 17.03.2016 – UBA-Emissionsdaten für 2015 zeigen Notwendigkeit für konsequente Umsetzung des Aktionsprogramms Klimaschutz 2020
- 30 Umweltbundesamt (2017): Umweltschutz in der Landwirtschaft. 2. akt. Fassung April 2017: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/170405_uba_fb_landwirtschaftumwelt_bf.pdf
- 31 Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2014 (Stand 03/2016)
- 32 European Environment Agency (2017): Air quality in Europe – 2017 report. EEA Report No 13/2017
- 33 Umweltbundesamt (2017): Luftqualität 2016 Vorläufige Auswertung: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/hgp_luftqualitaet_2016.pdf
- 34 Umweltbundesamt (2018): Pressemitteilung Nr. 05/2018 vom 1.02.2018 Luftqualität 2017: Rückgang der Stickstoffdioxidbelastung reicht noch nicht aus. <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/luftqualitaet-2017-rueckgang-der / TREMOD 5.64 / HBEFA 3.3>
- 35 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): Den ökologischen Wandel gestalten. Integriertes Umweltprogramm 2030 (IUP 2030): http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/integriertes_umweltprogramm_2030_bf.pdf
- 36 Umweltbundesamt (2014): Reaktiver Stickstoff in Deutschland. Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/reaktiver_stickstoff_in_deutschland_0.pdf
- 37 Sachverständigenrat für Umweltfragen (2015): Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten. (Hausdruck). Erscheinungsdatum 9.01.2015, 560 Seiten, 71 Abbildungen, 30 Tabellen: http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.pdf?__blob=publicationFile
- 38 Bundesverband der Deutschen Fleischwarenindustrie e.V.
- 39 Bundesverband der Deutschen Fleischwarenindustrie e.V. (2017): Geschäftsbericht 2016/2017: [fi-le:///C:/Users/volsdorf/Downloads/geschaeftsbericht_2016-2017_presse-download.pdf](http://www.fleischerhandwerk.de/fileadmin/content/03_Presse/Geschaeftsbericht/GB2017_Fleischverzehr.pdf)
- 40 Deutscher Fleischer-Verband e. V. (2016): Geschäftsbericht 2016/2017, Fleischverzehr: http://www.fleischerhandwerk.de/fileadmin/content/03_Presse/Geschaeftsbericht/GB2017_Fleischverzehr.pdf
- 41 Johann Heinrich von Thünen-Institut (2017): Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Ein Überblick. Stand 23.10.2017. https://www.thuenen.de/media/ti-themenfelder/Nutztierhaltung_und_Aquakultur/Nutztierhaltung_und_Fleischproduktion/Ueberblick_Tierhaltung_2017.pdf
- 42 Johann Heinrich von Thünen-Institut (2017): Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Ein Überblick. Stand 23.10.2017. https://www.thuenen.de/media/ti-themenfelder/Nutztierhaltung_und_Aquakultur/Nutztierhaltung_und_Fleischproduktion/Ueberblick_Tierhaltung_2017.pdf
- 43 Umweltbundesamt 2014: Reaktiver Stickstoff in Deutschland Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen. Broschüre. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/reaktiver_stickstoff_in_deutschland_0.pdf
- 44 nach Leip et al., 2013 in Umweltbundesamt 2014
- 45 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2011): Global food losses and food waste, 37 S. <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e.pdf>
- 46 Europa Parlament (2012): Schluss mit der Verschwendung von Lebensmitteln. Entschließung des Europäischen Parlaments vom 19. Januar 2012 zu dem Thema „Schluss mit der Verschwendung von Lebensmitteln – Strategien für eine effizientere Lebensmittel-versorgungskette in der EU“ (2011/2175(INI)). <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A7-2011-0430+0+DOC+XML+V0//DE#title1>
- 47 Kranert, M., Hafner, G.; Barabosz, J.; Leverenz, D.; Schuller, H.; Schneider, F.; Scherhauber, S.; Lebersorger, S.; Kölbig, A.; (2012): Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland i. A. des Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMELV), Stuttgart. http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/WvL/Studie_Lebensmittelabfaelle_Langfassung.pdf?__blob=publicationFile
- 48 Noleppa, S. & Carlsburg, M. (2015): DAS GROSSE WEGSCHMEISSEN Vom Acker bis zum Verbraucher: Ausmaß und Umwelteffekte der Lebensmittelverschwendung in Deutschland.
- 49 Gustavsson, J.; Cederberg, C.; Sonesson, U. (2011): Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
- 50 Monier, V.; Mudgal, S.; Escalon, V.; O'Connor, C.; Gibon, T.; Anderson, G.; Montoux, H.; Reisinger, H.; Dolley, P.; Ogilvie, S.; Mor-ton, G. (2010): Final report - Preparatory study on food waste across EU 27; European Commission [DG ENV – Directorate C]. BIO Intelligence Service, Paris
- 51 FUSIONS (2016): Estimates of European food waste levels.
- 52 Fachhochschule Münster, Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen & Trifolium-Beratungsgesellschaft mbH (2012): Verringerung von Lebensmittelabfällen – Identifikation von Ursachen und Handlungsoptionen in Nordrhein-Westfalen Studie für den Run-den Tisch „Neue Wertschätzung von Lebensmitteln“ des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
- 53 Kranert, M., Hafner, G.; Barabosz, J.; Leverenz, D.; Schuller, H.; Schneider, F.; Scherhauber, S.; Lebersorger, S.; Kölbig, A.;

- (2012): Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland i. A. des Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMELV), Stuttgart.
- 54 Noleppa, S. & Carlsburg, M. (2015): DAS GROSSE WEG-SCHMEISSEN Vom Acker bis zum Verbraucher: Ausmaß und Umwelteffekte der Lebensmittelverschwendung in Deutschland.
- 55 Waskow, F. (2018): Verluste vom Acker bis auf den Teller: Lebensmittelabfälle in der Wertschöpfungskette und im Konsum (Arbeitspapier Lebensmittelabfälle), Stand 23.01.2018. https://haushalt-wissenschaft.de/wp-content/uploads/2018/01/HUW_03_2018_Lebensmittelverluste_Waskow.pdf
- 56 Sachverständigenrat für Umweltfragen (2015): Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten. (Hausdruck). Erscheinungsdatum 9.01.2015. http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.pdf?__blob=publicationFile
- 57 Kranert, M., Hafner, G., Barabosz, J., Schneider, F., Lebersorger, S., Scherhauer, S., Schuller, H., Leverenz, D. (2012): Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland. Langfassung. Stuttgart: Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
- 58 Sachverständigenrat für Umweltfragen (2015): Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten. (Hausdruck). Erscheinungsdatum 09.01.2015. http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.pdf?__blob=publicationFile
- 59 NRW Studie 2014
- 60 Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e. V., corsus, United Against Waste e. V. (2016): Situationsanalyse zu Lebensmittelverlusten im Einzelhandel, der Außer-Haus-Verpflegung sowie in privaten Haushalten und zum Verbraucherverhalten (SAVE), beauftragt und fachlich begleitet von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. <https://www.verbraucherzentrale.nrw/media242727A.pdf>
- 61 VERORDNUNG (EU) Nr. 525/2013 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTES UND DES RATES vom 21. Mai 2013 über ein System für die Überwachung von Treibhausgasemissionen sowie für die Berichterstattung über diese Emissionen und über andere klimaschutzrelevante Informationen auf Ebene der Mitgliedstaaten und der Union und zur Aufhebung der Entscheidung Nr. 280/2004/EG
- 62 Sachverständigenrat für Umweltfragen (2015): Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten. (Hausdruck). Erscheinungsdatum 09.01.2015. http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.pdf?__blob=publicationFile
- 63 Sachverständigenrat für Umweltfragen (2015): Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten. (Hausdruck). Erscheinungsdatum 9.01.2015. http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.pdf?__blob=publicationFile
- 64 Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Wasserwirtschaft in Deutschland - Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/uba_wasserwirtschaft_in_deutschland_web_05.pdf
- 65 Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Wasserwirtschaft in Deutschland - Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/uba_wasserwirtschaft_in_deutschland_web_05.pdf
- 66 OSPAR Commission (2017): Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area – Third Integrated Report on the Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area. <https://www.ospar.org/documents?v=37502>
- 67 Richtlinie des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (91 / 676 /EWG): <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1991:375:0001:0008:DE:PDF>
- 68 Umweltbundesamt (Hrsg.) (2016): Die Wasserrahmenrichtlinie – Deutschlands Gewässer 2015. Bonn, Dessau.
- 69 Umweltbundesamt (Hrsg.) (2016): Die Wasserrahmenrichtlinie – Deutschlands Gewässer 2015. Bonn, Dessau.
- 70 Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Wasserwirtschaft in Deutschland - Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/uba_wasserwirtschaft_in_deutschland_web_05.pdf
- 71 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL): Nitratbericht 2016: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nitratbericht_2016_bf.pdf
- 72 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Stickstoffeintrag in die Biosphäre // Erster Stickstoff-Bericht der Bundesregierung (2017)
- 73 Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): MSRL-Maßnahmenprogramm zum Schutz der deutschen Nord- und Ostsee. Bericht gemäß § 45h Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes. Stand 31. März 2016. http://www.meeresschutz.info/berichte-art13.html?file=tl_files/meeresschutz/berichte/art13msrl/massnahmen/MSRL_Art13_Massnahmenprogramm_AnL_1_Massnahmenkennblaetter.pdf
- 74 Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): MSRL-Maßnahmenprogramm zum Schutz der deutschen Nord- und Ostsee. Bericht gemäß § 45h Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes. Stand 31. März 2016. http://www.meeresschutz.info/berichte-art13.html?file=tl_files/meeresschutz/berichte/art13msrl/massnahmen/MSRL_Art13_Massnahmenprogramm_AnL_1_Massnahmenkennblaetter.pdf

- nahmen/MSRL_Art13_Massnahmenprogramm_An1_1_Massnahmenkennblaetter.pdf
- 75 Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Wasserwirtschaft in Deutschland - Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/uba_wasserwirtschaft_in_deutschland_web_05.pdf
- 76 Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Wasserwirtschaft in Deutschland - Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/uba_wasserwirtschaft_in_deutschland_web_05.pdf
- 77 Umweltbundesamt (2017): Stickstoffoxid-Emissionen, Erfüllungsstand der Emissionsminderungsbeschlüsse. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland/stickstoffoxid-emissionen#textpart-3>
- 78 Umweltbundesamt (2017): German Informative Inventory Report 2017 (IIR 2017), Chapter 11 – Adjustments and Emissions Reduction Commitments. <http://iir-de.wikidot.com/welcome:welcome>
- 79 Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Ermittlung und Bewertung der Einträge von versauernden und eutrophierenden Luftschadstoffe in terrestrische Ökosysteme (PINETI2) Teilbericht II. Critical Load, Exceedance und Belastungsbewertung (FKZ 3712 63 240 1).
- 80 Umweltbundesamt (Hrsg.) (2018): Luftqualität 2017 – Vorläufige Auswertung. Stand: Januar 2018. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/uba_hg_luftqualitaet_2017_bf.pdf
- 81 Europäische Kommission (2017): Kommission droht Deutschland, Frankreich, Spanien, Italien und dem Vereinigten Königreich mit Klage wegen anhaltender übermäßiger Luftverschmutzung. Pressemitteilung vom 15. Februar 2017
- 82 Sachverständigenrat für Umweltfragen (2015): Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten. (Hausdruck). Erscheinungsdatum 9.01.2015. http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.pdf?__blob=publicationFile
- 83 Statistisches Bundesamt (2014): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2014. Stand: April 2014. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Umweltindikatoren/Indikatoren0230001149004.pdf?__blob=publicationFile
- 84 Bundesregierung (2017): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Neuauflage 2016. Stand: 28. April 2017
- 85 Statistisches Bundesamt (2017): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2016. Stand: 21. Februar 2017. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Umweltindikatoren/IndikatorenPDF_0230001.pdf?__blob=publicationFile
- 86 Statistisches Bundesamt (2017): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2016. Stand: 21. Februar 2017. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Umweltindikatoren/IndikatorenPDF_0230001.pdf?__blob=publicationFile
- 87 Statistisches Bundesamt (2017): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2016. Stand: 21. Februar 2017. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Umweltindikatoren/IndikatorenPDF_0230001.pdf?__blob=publicationFile
- 88 Statistisches Bundesamt (2017): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2016. Stand: 21. Februar 2017. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Umweltindikatoren/IndikatorenPDF_0230001.pdf?__blob=publicationFile
- 89 Statistisches Bundesamt (2017): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2016. Stand: 21. Februar 2017. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Umweltindikatoren/IndikatorenPDF_0230001.pdf?__blob=publicationFile
- 90 Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Ermittlung und Bewertung der Einträge von versauernden und eutrophierenden Luftschadstoffe in terrestrische Ökosysteme (PINETI2) Teilbericht II. Critical Load, Exceedance und Belastungsbewertung (FKZ 3712 63 240 1).
- 91 Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007.
- 92 Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Ermittlung und Bewertung der Einträge von versauernden und eutrophierenden Luftschadstoffe in terrestrische Ökosysteme (PINETI2) Teilbericht II. Critical Load, Exceedance und Belastungsbewertung (FKZ 3712 63 240 1).
- 93 Statistisches Bundesamt (2017): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2016. Stand: 21. Februar 2017. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Umweltindikatoren/IndikatorenPDF_0230001.pdf?__blob=publicationFile
- 94 Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung.

Bildnachweis:

Zeichnungen Troublemakers: neonfisch.de, Grafiken: DUH (mit Icons von Fotolia (spiral media, radoma)), Rückseite: ESA, CC BY-SA 3.0 IGO



Helfen Sie mit!

Der Schutz von Natur, Gesundheit und Verbrauchern ist unverzichtbar und dringend! **Deshalb machen wir von der Deutschen Umwelthilfe uns stark für:**

- saubere Luft und Klimaschutz
- intakte Ökosysteme, Artenvielfalt und Wildnis
- Müllvermeidung und Recycling
- eine bezahlbare Energie- und Verkehrswende
- verantwortlichen Konsum und ökologische Produkte
- Umweltgerechtigkeit und „Grün“ in Kommunen
- die Durchsetzung von Verbraucherrechten
- eine gesunde und ökologische Lebensweise

Alles in allem: Für mehr Lebensqualität – auch für künftige Generationen.

Bitten helfen Sie uns dabei – mit Ihrer Spende oder als Fördermitglied.

Werden Sie
Fördermitglied – schon
ab 5 € im Monat!

[www.duh.de/
foerdermitglied](http://www.duh.de/foerdermitglied)

Vielen Dank ♥



Stand: 19.3.2018



Deutsche Umwelthilfe e.V.

Bundesgeschäftsstelle Radolfzell
Fritz-Reichle-Ring 4
78315 Radolfzell
Tel.: 07732 9995-0

Bundesgeschäftsstelle Berlin
Hackescher Markt 4
10178 Berlin
Tel.: 030 2400867-0

Ansprechpartner

Amrei Münster
Projektmanagerin Verkehr
und Luftreinhaltung
Tel.: 030 2400867-71
E-Mail: muenster@duh.de

Suleika Suntken
Projektmanagerin Naturschutz
Tel.: 030 2400867-891
E-Mail: suntken@duh.de

www.duh.de [@ info@duh.de](mailto:info@duh.de) [umwelthilfe](https://twitter.com/umwelthilfe) [umwelthilfe](https://facebook.com/umwelthilfe)

 Wir halten Sie auf dem Laufenden: www.duh.de/newsletter-abo

Die Deutsche Umwelthilfe e.V. ist als gemeinnützige Umwelt- und Verbraucher-schutzorganisation anerkannt. Wir sind unabhängig, klageberechtigt und kämpfen seit über 40 Jahren für den Erhalt von Natur und Artenvielfalt. Bitte unterstützen Sie unsere Arbeit mit Ihrer Spende. www.duh.de/spenden

Transparent gemäß der Initiative Trans-parente Zivilgesellschaft. Ausgezeich-net mit dem DZI Spenden-Siegel für seriöse Spendenorganisationen.



Initiative
Transparente
Zivilgesellschaft



Unser Spendenkonto: Bank für Sozialwirtschaft Köln | IBAN: DE45 3702 0500 0008 1900 02 | BIC: BFSWDE33XXX