

# Hintergrundbelastungsdaten Stickstoffdeposition

## Ergebnisse und Daten des PINETI-Projekts

- Erläuterungen des Umweltbundesamtes, Stand 31.08.2017 –

### Hinweise

Die veröffentlichten Daten entstammen dem UBA-Forschungsprojekt 3712 63 240-1 „Ermittlung und Bewertung der Einträge von versauernden und eutrophierenden Luftschadstoffe in terrestrische Ökosysteme“ auch bekannt unter dem Akronym PINETI-2 (Pollutant INput and EcosysTEM Impact), haben den Bezugszeitpunkt 2009. Der Abschlussbericht der Forschungsnehmer zu PINETI-2 steht im Publikationsangebot des Umweltbundesamtes<sup>1</sup> zur Verfügung ([link](#)).

### Einführung

Die Stickstoffdeposition ist eine der bedeutendsten Triebkräfte für den Rückgang der biologischen Vielfalt in Deutschland. Die flächenhafte Erfassung der Stickstoffdeposition ist daher notwendig, um die Wirkung von stickstoffhaltigen Luftverunreinigungen auf Ökosysteme bei der Entwicklung von Luftreinhaltestrategien zu berücksichtigen, sowie die Einhaltung von Umweltqualitätszielen der Genfer Luftreinhaltekonvention und der EU-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC-Richtlinie) und den Erfolg diesbezüglich eingeleiteter Minderungsmaßnahmen zu überprüfen.

Weiterhin müssen beim Bau und der Erweiterung bestimmter Anlagen oder bei der Planung von Straßen die Auswirkungen der projektbedingten Stickstoffdeposition auf empfindliche Ökosysteme und gesetzlich geschützte Gebiete beurteilt werden. Der Vollzug der entsprechenden Gesetze und die Ermittlung der Unter- oder Überschreitung von Critical Loads für solche Beurteilungsverfahren liegt in der Zuständigkeit der Länder. Daher sind in Vollzugsfragen primär die Fachbehörden der Länder zu konsultieren. Ein wichtiger Bestandteil der Prüfung ist die Ermittlung der Hintergrundbelastung. Da die messtechnische Erfassung der Stickstoffeinträge äußerst aufwendig und bei der trockenen Deposition nur indirekt möglich ist, bietet die Nutzung des nationalen Datensatz, der auf einer Kombination von Mess- und Modellwerten beruht, eine sinnvolle, einheitliche Alternative.

Die Karten der Stickstoff-Hintergrunddeposition werden zu diesem Zweck regelmäßig aktualisiert. Da die Berechnung der Gesamtdosition eine umfangreiche Datenaufbereitung und –modellierung erfordert, stehen die Daten für ein Bezugsjahr erst drei bis fünf Jahre später zur Verfügung.

Zuletzt wurde im Rahmen des BMU/UBA F&E-Vorhabens<sup>2</sup> 3712 63 240-1 „Ermittlung und Bewertung der Einträge von versauernden und eutrophierenden Luftschadstoffe in terrestrische Ökosysteme“ (PINETI-2) der Datensatz für das Jahr 2009 berechnet. Diese Daten stellen wir in [unserem Kartendienst](#) zur Verfügung. Diese Daten spiegeln den aktuellen Stand der Wissenschaft unter Berücksichtigung international anerkannter Methoden wider<sup>3</sup>. Methodische Details sowie eine Darstellung und Diskussion der Ergebnisse des gegenwärtig aktuellsten Datensatzes für das Jahr 2009 sind dem [Abschlussbericht](#) des Forschungsprojekts sowie dem Abschlussbericht des Vorgängerprojekts „3710 63 246 „Modellierung und Kartierung atmosphärischer Stoffeinträge und kritischer Belastungsschwellen zur kontinuierlichen Bewertung der ökosystemspezifischen Gefährdung der Biodiversität in Deutschland“ (PINETI-1, [Abschlussbericht](#)) zu entnehmen. Im Folgenden werden Antworten des Umweltbundesamtes zu häufig gestellten Fragen zum vorliegenden Datensatz gegeben.

### Ausblick

Vor Veröffentlichung der hier angebotenen Daten wurden im Rahmen mehrerer Bund-Länder-Fachgespräche mit Experten aus Verwaltung und Praxis Vorgehensweise, Ergebnisse und offene Fragen

<sup>1</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/modelling-assessment-of-acidifying-eutrophying>

<sup>2</sup> Forschungs- und Entwicklungsprojekt im Geschäftsbereich des Bundesumweltministeriums

<sup>3</sup> Eine Ausnahme stellt das Land Baden-Württemberg (BW) dar: Dort hat die Überprüfung der Daten ergeben, dass für eine Anwendung im Vollzug BW-spezifische Korrekturfaktoren zur Anwendung kommen, welche die nationalen Berechnungen erhöhen.

präsentiert und diskutiert. Im Ergebnis wurde eine verstärkte Kooperation zwischen Bund und Ländern zur Ermittlung der nationalen Daten beschlossen, um bestehende Unsicherheiten weiter zu verkleinern.

Ab 2015 soll eine Bund-Länder Kooperation Stickstoffdeposition die Weiterentwicklungen und Evaluierungen gemeinsam begleiten. Verschiedene Projekte des Bundes und der Länder sollen von einem Projektrat vom Beginn an koordiniert und die Ergebnisse aufeinander abgestimmt werden. Gemeinsames Ziel ist mittelfristig die derzeit noch große Unsicherheit in dicht besiedelten, intensiv landwirtschaftlich genutzten und geomorphologisch kleinräumig gegliederten Landschaften deutlich zu reduzieren.

### **Danksagung**

Das Umweltbundesamt bedankt sich bei den Mitwirkenden der immissionschutz- und wasserrechtlichen sowie forstlichen Umweltmessnetze für die Bereitstellung der Messdaten, die eine bedeutende und unerlässliche Grundlage für die Erhebung und Qualitätssicherung der vorliegenden Daten bilden.

## **Fragen zur Methodik der Modellierung, zu Eingangsdaten und zur Validität der Berechnungsergebnisse**

### **Welche Depositionenflüsse werden bei der Modellierung der Gesamtdeposition berücksichtigt?**

Der Eintrag atmosphärischer Stickstoffverbindungen in Ökosysteme erfolgt über **trockene Deposition**, d. h. Ablagerung gasförmiger Stoffe oder Partikel an Oberflächen und Aufnahme von Gasen durch die Vegetation, über **nasse Deposition**, d.h. Eintrag gelöster und ungelöster Verbindungen mit dem Niederschlag, sowie über **feuchte (oder okkulte) Deposition**, d.h. Abscheidung von Stickstoffverbindungen mit Wolken- bzw. Nebeltröpfchen an Rezeptoroberflächen. Diese drei Größen zusammengenommen ergeben die Gesamtdeposition, deren Werte im Kartendienst angezeigt werden. Die trockene Deposition wird ausschließlich modelliert, die nasse und die feuchte Deposition basieren auf einer Kombination von Mess- und Modellwerten. Die Massenbilanz zwischen Emission und Gesamtdeposition sollte in einem idealen atmosphärenchemischen Modellsystem ausgeglichen sein.

### **In welcher Maßeinheit und mit welcher Genauigkeit werden die vorliegenden Werte angegeben?**

Die Gesamtdeposition wird mit der Maßeinheit „Kilogramm pro Hektar und Jahr“ ( $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ) und mit einer Genauigkeit von  $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$  angegeben. Alternativ können Depositionenflüsse auch in „Äquivalenten pro Hektar und Jahr“ ( $\text{eq ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ) angegeben werden. Der Umrechnungsfaktor von  $\text{kg}$  Stickstoff in  $\text{eq}$  Stickstoff beträgt 71,428.

### **Wie wird die trockene Deposition im Datensatz erfasst?**

Die trockene Deposition beruht auf der Ablagerung gasförmiger Stoffe oder Partikel an Oberflächen und der Aufnahme von Gasen durch die Vegetation. Daher hängt sie stark von den lokalen meteorologischen Parametern und den Eigenschaften des Rezeptors ab<sup>4</sup>. Die trockene Deposition kann nur mittels sehr aufwendiger und kostspieliger Technik experimentell bestimmt werden. Im Rahmen von Forschungsvorhaben führt man solche „Messungen“ vereinzelt durch; eine routinemäßige messtechnische Erfassung der trockenen Deposition erfolgt jedoch nicht. In PINETI wird die trockene Deposition mit dem Chemie-Transportmodell LOTOS-EUROS berechnet. Die Parameter zur Berechnung<sup>5</sup> leiten sich aus experimentellen Untersuchungen der trockenen Deposition ab. Das Chemie-Transport-Modell simuliert alle Prozesse, die für Transport, Deposition und Umwandlung der betrachteten Stoffe wichtig sind. Es unterteilt die Atmosphäre in Zellen. Innerhalb einer solchen Zelle sind folgende Prozesse möglich:

- Import von Stoffen aus und Export in Nachbarzellen
- Import von Stoffen durch Emission (oder Reemission) und Export von Stoffen durch Deposition bei Zellen, die an die Erdoberfläche grenzen
- chemische Reaktionen (z.B. Umwandlung von Ammoniak in Ammonium, Oxidation von Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid, etc.)

Als Resultat entstehen höhenabhängige Konzentrationsfelder der einzelnen Stoffe. Die trockene Deposition über einer Oberfläche wird entsprechend den Eigenschaften des betrachteten Rezeptors berechnet<sup>6</sup>. Im Modellansatz von PINETI wird vereinfacht zwischen 10 Rezeptoren unterschieden (Laubwald, Nadelwald, Mischwald, Wiesen & Weideland, seminaturliches Grünland, Ackerflächen, Dauerkulturen, bebauten Gebiete, Wasserflächen, Andere). Für die räumliche Zuordnung der Landnutzung wurde der CORINE Landcover 2006 Datensatz verwendet.

Die laterale Auflösung einer Zelle des in PINETI verwendeten LOTOS-EUROS-Modells beträgt  $0,125 \times 0,0625$  Grad (etwa  $7 \times 8 \text{ km}^2$ ; die Rastergröße variiert zwischen  $55$  und  $65 \text{ km}^2$ ), die zeitliche eine Stunde. Diese laterale Auflösung entspricht auch der maximalen Auflösung der meisten Eingangsdaten, die für die Modellierung benötigt werden (Meteorologie, europaweite Emissionen). Die

---

<sup>4</sup> So ist die trockene Deposition beispielsweise im Allgemeinen am Tage größer als in der Nacht und in Wäldern größer als über einer Wasseroberfläche.

<sup>5</sup> Die Berechnung erfolgt auf Basis einer Widerstandsanalogie.

<sup>6</sup> Hierbei ist zu beachten, dass sich die totale Stickstoff-Gesamtdeposition aus der nassen, der feuchten und der trockenen Deposition reduzierter und oxidierter Stickstoffspezies zusammensetzt. Es besteht daher kein linearer Zusammenhang zwischen der Immissionsituation einer Stickstoffspezies und der totalen Stickstoffgesamtdeposition.

pro Rastermittelpunkt ermittelten Depositionsflüsse werden anschließend – den Modellberechnungen nachgeschaltet - landnutzungsabhängig mit geostatistischen Methoden auf ein feineres 1x1 km<sup>2</sup>-Gitter verteilt.

### **Wie wird die nasse Deposition im Datensatz erfasst?**

Die nasse Deposition ist von der Konzentration der Stickstoffverbindungen im Niederschlag sowie von der Niederschlagsmenge abhängig, im Gegensatz zur trockenen Deposition jedoch nicht von der Art des Rezeptors. In PINETI werden Messdaten der nassen Deposition aus mehreren Messnetzen in Kombination mit Berechnungsergebnissen der nassen Deposition aus dem LOTOS-EUROS Modell verwendet, um die Stickstoffkonzentration im Niederschlag flächendeckend zu darzustellen. Die somit anhand der Messwerte korrigierten Konzentrationsfelder werden mit Niederschlagskarten des Deutschen Wetterdienstes (Auflösung 1 x 1 km<sup>2</sup>), die auch das Höhenprofil des Geländes berücksichtigen, verschnitten, um eine flächendeckende Karte der nassen Deposition mit einer Auflösung von 1 x 1 km<sup>2</sup> zu erhalten.

### **Wie wird die feuchte Deposition im Datensatz erfasst?**

Stickstoffverbindungen werden mit Wolken- bzw. Nebeltröpfchen an der Oberfläche abgeschieden. Die feuchte Deposition ist mit Ausnahme von Bergregionen im Allgemeinen von geringer quantitativer Bedeutung. Für Stickstoff beläuft sie sich auf rund 0,1 % der nationalen Gesamtdosition. Im Unterschied zu vorangegangenen Projekten (MAPESI, PINETI-1) wurde die feuchte Deposition im vorliegenden Datensatz flächendeckend nach Katata et al. (2008, 2011) parametrisiert. Dieser Ansatz geht davon aus, dass die Nebeldeposition von der Größe der Blattoberfläche beeinflusst ist, und macht für die Parametrisierung vom Blattflächenindex<sup>7</sup> Gebrauch. Zudem fließen weitere Parameter wie Windgeschwindigkeit und Daten des Deutschen Wetterdienstes zum Flüssigwassergehalt (7 x 8 km<sup>2</sup>) in die Berechnungen ein. Die Stickstoffkonzentration im Wolkenwasser berechnet sich mit Hilfe aktueller Anreicherungs-faktoren aus den Konzentrationsfeldern zur Berechnung der nassen Deposition (s.o.). In einem der Modellierung nachgeschalteten Schritt werden die Ergebnisse mit geostatistischen Methoden auf ein feineres 1 x 1 km<sup>2</sup>-Gitter verteilt.

### **Welche Emissionsdaten liegen der Modellierung zugrunde?**

Die Berechnungen des LOTOS-EUROS Modell liegen sowohl der trockenen Deposition (modelliert ohne Messdaten der Länder) als auch der nassen und feuchten Deposition (modelliert mit Messdaten der Länder) zu Grunde. Als Eingangsdaten für die Modellierung werden Emissionsdaten benötigt. Neben den nationalen Emissionen werden Emissionen der anderen europäischen Länder benötigt, um den atmosphärischen Ferntransport von Stickstoffverbindungen nach Deutschland berechnen zu können. Den europäischen Emissionen liegen die Daten des TNO MACC-II European Emissionsinventars mit einer Gitterzellen-Auflösung von 7 x 8 km<sup>2</sup> zugrunde. Für Deutschland werden die regionalisierten Emissionsdaten aus dem PAREST-Projekt (UBA FKZ 206 43 200/01, vgl. [PAREST-Bericht](#)) verwendet, die eine Auflösung 1/60° x 1/60° (etwa 2 x 2 km<sup>2</sup>) haben. Die regionale Verteilung von Emissionswerten des nationalen Emissionsinventars (ZSE) aus dem PAREST-Projekt für das Jahr 2005 ist die aktuellste derzeit vorliegende nationale Regionalisierung von Emissionsdaten<sup>8</sup>. Diese Verteilung beibehaltend wurden die Emissionswerte quellgruppenspezifisch auf die 2014 offiziell berichteten ZSE-Emissionen für das Jahr 2009 skaliert<sup>9</sup>, so dass die verwendeten Emissionsgesamtmengen mit den aktuellsten für 2009 berichten Emissionsmengen übereinstimmen.

Die räumliche Verteilung (für das Jahr 2005) erfolgte nach folgenden Kriterien (Auswahl):

- Großemittenten (z.B. Kraftwerke) wurden als Punktquellen geographisch referenziert; die Emissionen wurden anhand von Kapazitätsinformationen skaliert;
- Straßenverkehr wurde durch Linienquellen geographisch referenziert (digitale Verkehrsnetze) und anhand der Verkehrsvolumina skaliert;

---

<sup>7</sup> LAI = Leaf Area Index; Blattfläche pro Bodenoberfläche

<sup>8</sup> Die in einzelnen Bundesländern vorhandenen hoch auflösenden bottom up Emissionskataster konnten bislang nicht berücksichtigt werden

<sup>9</sup> [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/de\\_2014\\_nfr-tabellen.zip](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/de_2014_nfr-tabellen.zip)

- Landwirtschaftliche NH<sub>3</sub>-Emissionen wurden als Flächenquellen berücksichtigt; die Emissionen aus der Tierhaltung wurden mit landkreisbezogenen Tierzahlen berechnet und innerhalb der Kreise auf die landwirtschaftliche Nutzfläche verteilt.

Die Berücksichtigung tages- und jahreszeitlicher Variationen erfolgte über entsprechende Emissionsfunktionen innerhalb des LOTOS-EUROS-Modells.

### Wie und warum unterscheiden sich die Depositionen aus dem Jahr 2007 (MAPESI Datensatz) vom aktuellen Datensatz (PINETI)?

Bei der Betrachtung und Berechnung der Depositionen für verschiedene Jahre (2007 gegenüber 2009) wirken sich die interannuelle Variation der meteorologischen Verhältnisse (z.B. Niederschlagsmengen) und die jeweiligen Emissionsmengen (aus dem ZSE) auf die Höhe der Deposition aus. Darüber hinaus wurde die Methodik zur Depositionsmodellierung im Rahmen der PINETI-Projektreihe (PINETI-1 und PINETI-2) am Beispiel des Jahres 2009 gegenüber MAPESI für das Jahr 2007 weiterentwickelt und an den Stand der Wissenschaft angepasst. Folgende methodische Verbesserungen gegenüber MAPESI wurden in den PINETI-Projekten aufgenommen:

PINETI-1, FKZ 3710 63 246	PINETI-2, FKZ 3712 63 240
<p>Berechnung der nassen Deposition</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Weiterentwicklung der Kriging-Technik: Kombination von Modell- und Messwerten</li> </ul> <p>Berechnung der Nebeldeposition</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufnahme von verfügbaren Stundenwerten des Flüssigwassergehalts des DWD</li> </ul>	<p>Weiterentwicklung des LOTOS-EUROS Modell:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung neuer Parametrien für <ul style="list-style-type: none"> <li>○ den Kompensationspunkt für Ammoniak</li> <li>○ den Effekt der Co-Deposition von Ammoniak und Schwefeldioxid</li> <li>○ die Partikeldeposition</li> <li>○ eine pH-abhängige Sulfatbildung in Wolken</li> <li>○ landnutzungsabhängige Depositionsparameter</li> <li>○ die Auswaschung von Gasen in und unterhalb der Wolken</li> </ul> </li> <li>• Aufnahme von CORINE Landcover 2006 als Landnutzungsdatenbasis</li> </ul> <p>Berechnung der Nebeldeposition</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung einer neuen Parametrik, die <ul style="list-style-type: none"> <li>○ auf dem Blattflächenindex der Vegetation, der Windgeschwindigkeit und dem Flüssigwassergehalt in der Atmosphäre basiert,</li> <li>○ keine höhenzonale Einschränkung mehr aufweist also auch für Gebiete &lt; 250 m ü. NN berechnet werden kann.</li> </ul> </li> </ul>

#### Quantitative Unterschiede

Im Vergleich zum letzten Datensatz für das Jahr 2007 liegt die ermittelte Gesamtdeposition des Jahres 2009 um gut -27% niedriger (Laub-, Nadel- und Mischwald -27, -29 und -26 %; Grünland -42 %; Acker -35 %). Dies ist überwiegend auf die methodische Verbesserung und zum Teil auf die veränderten Emissionen und auf meteorologische Unterschiede zurückzuführen. Durch die methodischen Weiterentwicklungen verringerte sich der relative Anteil der trockenen Deposition an den vom LOTOS-EUROS-Modell berechneten Stoffflüssen im Vergleich zur modellintern ausgewiesenen nassen Deposition. Dies führt dazu, dass die modellierten und gemessenen Stoffflüsse der nassen Deposition nun gut übereinstimmen. Im Ergebnis kann daher im Mittel von einer weitgehend konsistenten und geschlossenen Massenbilanz des gesamten Systems (Emission + atmosphärischer Import = modellierte trockene und feuchte Deposition sowie auf Messwerten basierende nasse Deposition + atmosphärischer Export) ausgegangen werden<sup>10</sup>. Als Folge dieser methodischen Verbesserungen sinkt die Gesamtdeposition, deren Werte hier veröffentlicht sind. Dies lässt sich vor allem auf die Veränderung der trockenen Deposition zurückzuführen.

<sup>10</sup> dies wurde bisher nur auf nationaler Ebene aber nicht für einzelne Bundesländer überprüft

### *Räumliche Unterschiede*

Durch die neue Parametrik kommt es zu einer leichten Verschiebung der Belastung von emissionsintensiven Regionen hin zu emissionsfernen Rezeptorflächen, so dass die Abnahme der Gesamtdosition über Wäldern etwas geringer ist, als über anderen Rezeptoren (z.B. landwirtschaftliche Fläche). Darüber hinaus unterscheidet sich die räumliche Verteilung der Deposition in allen Landnutzungsklassen zwischen den betrachteten Jahren auf Grund interannueller meteorologischer Variationen. So war zum Beispiel 2009 ein weitaus trockeneres Jahr als 2007, besonders stark ausgeprägt hat sich dieser Unterschied in den Mittelgebirgsregionen, was zum Beispiel im Schwarzwald und im Sauerland zu einer Abnahme der Niederschlagsmenge in Höhe von bis zu 500 mm geführt hat (im Harz sogar > 700 mm).

### **Wie wurde die Qualitätssicherung der Modellergebnisse sichergestellt**

Zur Qualitätssicherung und zum besseren Verständnis der Modellergebnisse wurden diese mit

- Resultaten früherer nationaler Berechnungen,
- Depositionsschätzungen aus Intensivmesskampagnen (z.B. aus dem ICP Integrated Monitoring),
- Depositionsschätzungen von EMEP,
- Luftkonzentrationsmessungen von Ammoniak sowie Schwefel- und Stickstoffdioxid und
- Depositionsschätzungen auf Basis von Messungen des Bestandniederschlags (Kronenraumbilanzen)

verglichen. Die Vergleiche zeigen, dass die aktuellen Modellergebnisse besser mit Daten aus dem Depositions- und Konzentrationsmonitoring, dem „Integrated Monitoring“ Programm und mit der Depositionskartierung von EMEP übereinstimmen als die MAPESI Ergebnisse. Der Vergleich mit Resultaten der Kronenraumbilanzierung zeigt, dass sich die Unterschätzung dieser Daten im Vergleich zu MAPESI vergrößert hat und dass sich insbesondere Werte in Baden-Württemberg vom Modell nicht abbilden lassen (die Ursachenanalyse dazu dauert an).

### **Wie groß ist das Konfidenzintervall der angegebenen Werte?**

Mess- und Modellresultate sind stets mit Unsicherheiten behaftet. Im Rahmen des PINETI-Projekts wurde die Unsicherheit der deutschlandweiten mittleren Gesamtdosition mit  $\pm 30\%$  abgeschätzt. Die Schätzung beruht auf Sensitivitätsanalysen, Expertenschätzungen sowie Vergleichen mit Messungen und anderen Modellen. Die Größenordnung von 30 % entspricht dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft und den rechtlichen Anforderungen an die Genauigkeit von Jahresdurchschnittswerten aus Modellrechnungen (vgl. z.B. EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG). Die Unsicherheit wird dominiert durch Unsicherheiten in der Berechnung der trockenen Deposition. Innerhalb einer Rasterzelle und in orographisch stark gegliedertem Gelände liegt die modellbedingte Unsicherheit sehr viel höher.

Innerhalb einer Gitterzelle mit einer Auflösung von 7 x 8 km<sup>2</sup> kann die Unsicherheit 30-50 % betragen. Damit liegt die Unsicherheit in der gleichen Größenordnung wie bei vergleichbaren Modellen, die in Großbritannien, Dänemark oder den Niederlanden Anwendung finden. Durch Interpolation der trockenen Deposition auf die höhere Auflösung von 1 x 1 km<sup>2</sup> kann die Unsicherheit noch zu nehmen.

Da die vorliegenden Daten den aktuellsten Stand der Wissenschaft darstellen, wurden die Unsicherheiten bei gegebener Auflösung auf das derzeit kleinstmögliche Maß reduziert („best estimate“).

### **Wie gut werden lokale Gegebenheiten im nationalen Datensatz abgebildet?**

Die Möglichkeiten und Grenzen der vorliegenden nationalen Modellierung zeigt der Vergleich der modellierten Gesamtdosition mit Daten der Kronenraumbilanzen an Waldmonitoringstandorten der Länder und des ICP Forest Level- 2 Netzwerks<sup>11</sup>. Beim Datenvergleich an 59 Standorten weisen die modellierten Werte eine geringere Variabilität auf, als die auf Messungen des Bestandniederschlags basierenden Kronenraumbilanzen. Kleinräumige lokale Besonderheiten, wie z.B. stark erhöhter Eintrag durch Nebel, starke Schwankungen im Höhenprofil des Geländes (Orographie), abrupte Änderungen in der Landnutzung, können durch die nationale Modellierung nicht erfasst werden. Dies lässt sich auch am Beispiel eines Waldes illustrieren: Die Modellierung beruht auf der Annahme der horizontalen

---

<sup>11</sup> Intensivmonitoring des [ICP Forest](#) der Genfer Luftreinhaltekonvention (CLRTAP)

Homogenität. Durch Feldexperimente und theoretische Studien ist aber bekannt, dass die Deposition gasförmiger Luftschadstoffe am Waldrand höher ist als im Wald selbst<sup>12</sup>: Dieser Effekt wird in der nationalen Modellierung nicht abgebildet. Wird also z.B. ein sehr kleines Waldstück oder ein besonders exponierter Standort betrachtet, so müssen ggf. Aufschläge berücksichtigt werden.

Gleiches gilt für die Deposition im Nahbereich von Emissionsquellen. Insbesondere bei Ammoniak wird ein beträchtlicher Teil (Faustzahl: 50 %) der emittierten Menge quellnah (im Umkreis von wenigen Kilometern) deponiert. Die verbleibende Menge reagiert zu Ammonium und unterliegt dem Ferntransport. Durch die hohe Depositionsgeschwindigkeit von Ammoniak wird dieser Effekt grundsätzlich berücksichtigt. Die emittierte Menge wird aber auf die gesamte Zelle verteilt, weshalb auch die daraus resultierende Nahdeposition nicht punktscharf abgebildet und in unmittelbarer Quellnäher deutlich unterschätzt wird.

### **In welchen Fällen wird empfohlen, die vorliegenden Daten zu korrigieren?**

#### *Räumliche Korrektur*

Da die Daten aufgrund der Auflösung der Emissionen einzelquellspezifische Nahdepositionen nicht abbilden, wird für die Ermittlung der Vorbelastung in Genehmigungsverfahren empfohlen, die Daten um die Nahbereichsdeposition relevanter Emittenten (die durch die Gutachter gesondert zu ermitteln ist) zu korrigieren. Dies reflektiert auch die Empfehlungen der verantwortlichen Bund-Länder-Gremien<sup>13</sup>. Um zu beurteilen, ob eine Quelle ausreichend in der Hintergrundbelastung abgebildet ist, wird empfohlen, entsprechend der Genauigkeit des vorliegenden Datensatzes eine Schwelle von  $1 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  heranzuziehen (vorläufiger Wert in Erprobung). Liegt demnach das Beurteilungsgebiet im Bereich einer Emissionsquelle, in dem die einzelquellspezifische Deposition mindestens  $1 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  beträgt<sup>14</sup>, wird empfohlen, die Belastung dieser Einzelquelle im Beurteilungsgebiet zu ermitteln und zu den Werten aus dem hier vorliegenden Datensatz hinzuzuaddieren.

#### *Zeitliche Korrektur*

Die bei der Modellierung der vorliegenden Daten verwendeten Emissionsdaten beziehen sich auf das Jahr 2009. Zur Ermittlung der Vorbelastung in FFH-Verträglichkeitsprüfungen wird empfohlen auch solche Emissionsquellen zu betrachten, die nach dem o. g. Bezugszeitpunkt in Betrieb gegangen sind oder genehmigt wurden. Analog zum Vorgehen zur Berücksichtigung lokaler Quellen (siehe oben) wird auch hier empfohlen, nur solche Anlagen zu berücksichtigen, deren Deposition im Beurteilungsgebiet wenigstens  $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  beträgt.

### **Warum gelten die Daten nur für ein ausgewähltes Jahr und werden nicht über mehrere Jahre gemittelt?**

Bisher wurden die Schwerpunkte im Rahmen der UBA-Forschungsprojekte auf die Weiterentwicklung und Verbesserung der Methodik zur Erfassung der flächendeckenden Einträge gelegt. Dies führte nacheinander zu mehreren Methodensprüngen mit jeweils methodenbedingten Unterschieden in den Ergebnissen. Eine sinnvolle Mittelwertbildung über mehrere Jahre ist nur möglich, wenn Ergebnisse verschiedener Jahre mit einer konsistenten Methodik erhoben wurden. Das UBA arbeitet derzeit an einer solchen konsistenten Zeitreihe. Mit Ergebnissen dazu ist jedoch nicht vor Ende 2017 zu rechnen.

---

<sup>12</sup> Die Größenordnung hängt von den jeweiligen Gegebenheiten ab (insbesondere von der Länge der freien Anströmung, z.B. über eine Wiese). Gemäß einer groben Faustzahl ist die Deposition direkt am Rand etwa um einen Faktor 2 erhöht; innerhalb von ca. 100 m nähert sich dieser Wert dann der mittleren Deposition an.

<sup>13</sup> Bund-Länder Fachgespräch N-Deposition (LAI), FGSV-Arbeitskreis 2.12.2 "Stickstoff in der FFH-VP", „LAI/LANA-Arbeitskreis Stickstoff“

<sup>14</sup> Zur Ermittlung des Korrekturbereichs von  $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  kann z. B. nach Screening-Verfahren des [LAI-Leitfadens zur Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen](#) vorgegangen werden



## **Fragen zur Handhabung des Kartendienstes**

### **Wie erfolgt die Abfrage?**

Die Abfrage der Daten erfolgt über einen [Kartendienst](#). Nach Auswahl einer für den bekannten Standort geeigneten Landnutzungs-kategorie lassen sich Depositionswerte entweder durch Eingabe der Rechts- und Hochwerte (Gauß-Krüger-Koordinaten oder UTM (Universal Transverse Mercator); wobei der entsprechende Streifen bzw. die entsprechende Zone vorab im Pulldown-Menü „Koordinatenreferenzsystem“ ausgewählt werden muss) oder ab der Zoomstufe neun durch Bewegen des Mauszeigers auf der Karte (direkt am Mauszeiger)<sup>15</sup> anzeigen. Der Wert wird im Fenster „Depowert“ oder als Pop-Up-Information am Mauszeiger angezeigt. Nach einem Wechsel der Landnutzungs-kategorie muss erneut „Anfrage starten“ gedrückt werden, um im Fenster „Depowert“ oder am Mauszeiger den korrekten Eintrag zu erhalten. Der gesamte Datensatz ist auch auf einer Daten-DVD oder unter einem passwortgeschützten download-Link erhältlich. Passwort oder Daten-DVD können kostenlos beim Umweltbundesamt angefordert werden ([II4.3@uba.de](mailto:II4.3@uba.de)). Die Daten liegen als ASCII-Daten vor und können in ein GIS eingelesen werden.

### **Wie können Standortdaten aus einem anderen Koordinatensystem in die GK-Koordinaten transformiert werden?**

Das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) bietet auf seiner Website die Möglichkeit, die Koordinaten unterschiedlicher Systeme ineinander zu transformieren ([www.geodatenzentrum.de](http://www.geodatenzentrum.de)). Jegliche Haftung für die Korrektheit und für Schäden aus der Anwendung dieser Dienste wird ausgeschlossen.

### **Ändern sich die Werte, je nachdem über welchen Gauß-Krüger-Streifen / UTM-Zone die Abfrage erfolgt?**

Die Werte liegen auf einem 1 x 1 km<sup>2</sup> Raster vor. Befindet sich der gesuchte Standort in der Nähe einer Rastergrenze, so ist es möglich, dass, je nach gewähltem Gauß-Krüger-Streifen / UTM-Zone und Kartenmaßstab, der Wert des benachbarten Rasters angezeigt wird. Dieser Effekt ist aufgrund der räumlichen Auflösung unvermeidbar. Es sollten daher immer die Werte in der direkten Umgebung untersucht werden. Bei Werten nahe der Rastergrenze empfiehlt sich die Verwendung des Mittelwertes.

---

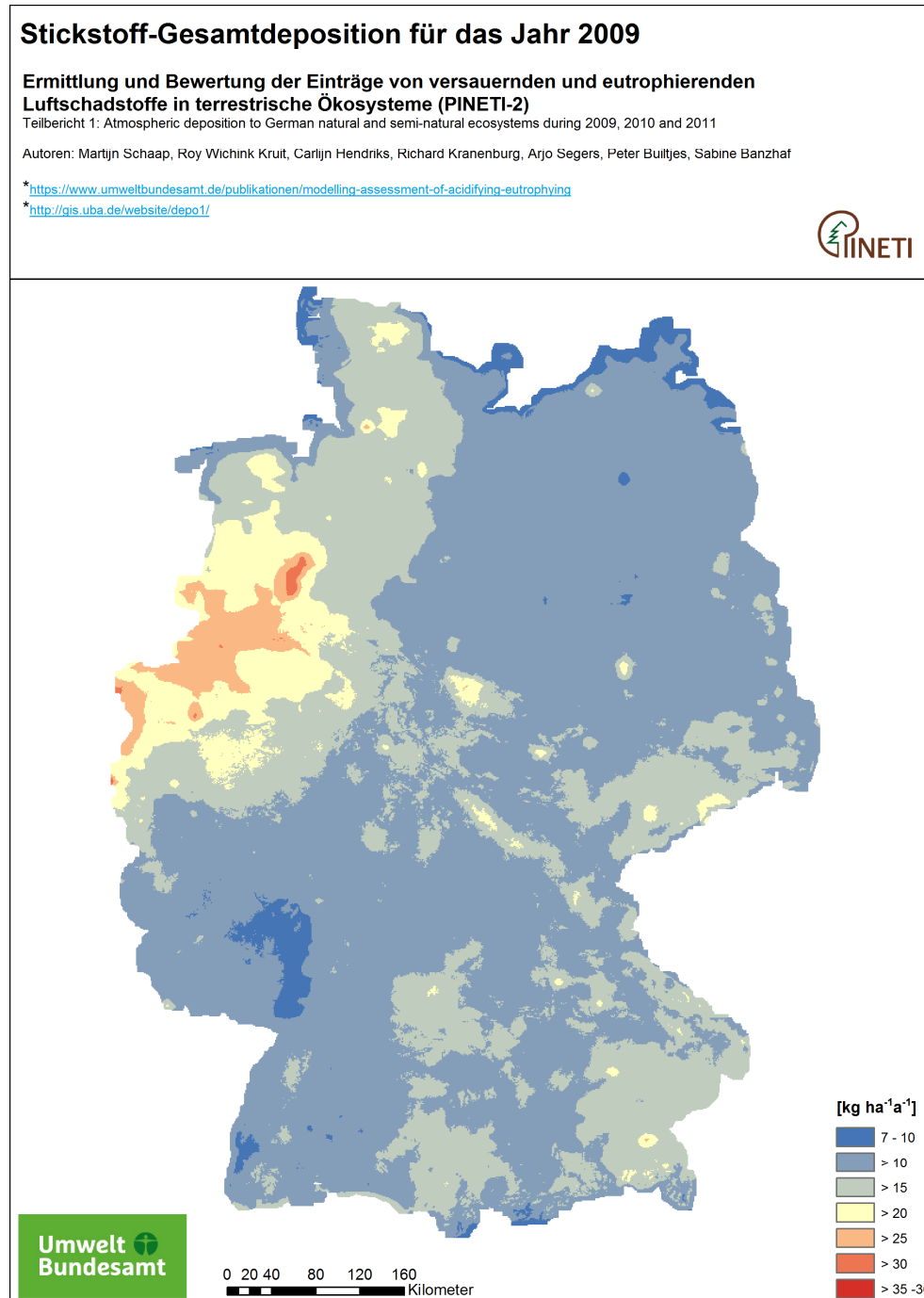
<sup>15</sup> Hierbei wird durch Bewegen des Mauszeigers der Depositionswert in Echtzeit angezeigt. Diese Funktionalität ist ab Zoomstufe 9 verfügbar. Leichte Verzögerungen (Ruckeln des Popups) resultieren daher, dass nur bei unterschiedlichen Depositionswerten eine Aktualisierung des Popups durchgeführt wird.



## Wieso muss im Datensatz eine Landnutzungs-kategorie ausgewählt werden?

Für die meisten Fragestellungen ist die Deposition für eine einzelne der zehn Landnutzungs-klassen des Corine Landcover 2006 (CLC2006) Datensatzes an einem Punkt von Interesse, d.h. gefragt ist z.B. die Deposition in ein Laubwaldgebiet. Für die Beantwortung dieser gezielten Fragestellungen lassen sich die neun flächenweiten Datensätze je Landnutzungs-kategorie<sup>16</sup> nutzen. Diese können über ein Auswahlmenü unabhängig voneinander angezeigt werden.

Nachdem Deutschland von einem Landnutzungs-mosaik bedeckt ist (d.h. die einzelnen Landnutzungen wechseln sich ab), gibt es auch einen nationalen Datensatz, in dem die Deposition pro 1 x 1 km<sup>2</sup>-Rasterzelle entsprechend der Anteile der Landnutzungs-klassen prozentual gewichtet ist, dieser Datensatz der Gesamtdeposition wird in der Anwendung nicht angezeigt:



<sup>16</sup> Die Berechnung der Deposition in die einzelnen Landnutzungs-klassen erfolgt anhand der Konzentrationsfelder, die auf dem Landnutzungs-mosaik beruhen. Das Depositionsfeld für eine bestimmte (ausgewählte) Landnutzungs-kategorie wird also mit den ursprünglichen Konzentrationsfeldern und den jeweils rezeptorspezifischen Depositionsgeschwindigkeiten berechnet.

**Wie lassen sich die zehn aggregierten Landnutzungsklassen dem CORINE Landcover Datensatz<sup>17</sup> zuordnen**

Landnutzungsklasse Kartendienst	Englischer Name (Abkürzung), siehe <a href="#">Abschlussbericht</a>	Corine Land Cover (CLC) Code
Wiesen und Weiden	Grassland (grs)	231, 141, 142, ½ * 412
Ackerland	Arable land (ara)	211, 212, 213, 242, ½*243
Mischwald	Mixed forest (mix)	313
Nadelwald	Coniferous forest (cnf)	312
Laubwald	Deciduous forest (dec)	311, ½ *411
Wasserflächen	Water (wat)	511-523, 335, ½*(411, 412, 421, 423)
bebautes Gebiet	Urban area (urb)	111-133
semi-natürliche Vegetation	Semi-natural vegetation (sem)	321, 322, 324
Dünen und Felsfluren	Other (oth)	331-334, ½*(421, 423)
Dauerkulturen	Crops (crp)	221,222, 223, 244, ½* 243

Die CORINE-Landnutzungsklassen 243 – Landwirtschaft und natürliche Bodenbedeckung, 411 – Sümpfe, 412 - Torfmoore, 421 – Salzwiesen, 423 –in der Gezeitenzone liegende Flächen lassen sich nicht eindeutig einer der aggregierten Landnutzungsklassen zuordnen, da das Modell für diese Flächen eine Mischparametrisierung aus zwei Klassen für Faktoren wie z. B. Rauigkeitslänge oder Blattflächenindex zu Grunde legt. Entsprechend den tatsächlichen Bedingungen vor Ort ist in solchen Fällen zu entscheiden, ob eher die eine oder die andere Landnutzungsklasse maßgeblich ist. Im einfachsten Fall lässt sich der Mittelwert der Depositionswerte aus den beiden Landnutzungsklassen bilden.

<sup>17</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten/corine-land-cover-clc>

## **Fragen zu Critical Loads und Critical Loads Überschreitungen**

### **Können die im PINETI-Projekt verwendeten Karten der Critical Loads und Critical Loads Überschreitungen für lokale Anwendungen herangezogen werden?**

Die Anwendung der im PINETI-Projekt verwendeten Critical Loads wird nicht für Bewertungen in den Bundesländern empfohlen. Bei Anwendungen in den Bundesländern wird in der Regel auf die im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention der UNECE international abgestimmten empirischen Critical Loads für Eutrophierung (Bobbink & Hettelingh, 2011<sup>18</sup>), auf modellierte standorttypische (Balla et al., 2013<sup>19</sup>) oder standortspezifische Critical Loads (Arbeitsgemeinschaft StickstoffBW 2014<sup>20</sup>) zurückgegriffen.

Im PINETI-Projekt wurden zur Erheblichkeitsbeurteilung der Schadstoffeinträge wie in den Vorgängerprojekten nationale Statistiken der Critical Loads für Eutrophierung und Versauerung nach der Massenbilanzmethode mit einer Auflösung von 1 x 1 km<sup>2</sup> erstellt. Für die Berechnung der Critical Loads mit der Massenbilanzmethode sind eine Reihe von Eingangsdaten nötig. Die Höhe des Critical Loads hängt insbesondere vom betrachteten Ökosystem (Empfindlichkeit, Ernteentzug, Biogeochemie), dem Bodentyp und der lokalen Meteorologie ab. Für die nationale Karte werden die notwendigen Eingangsdaten aus nationalen Kartenwerken (Ökosystemtyp über den CORINE-Landbedeckungsdatensatz, Bodentyp über die Bodenübersichtskarte 1: 1 Mio, etc.) abgeleitet.

Für Anwendungen in den Bundesländern ist dieser Datensatz nicht geeignet; aufgrund der geringeren räumlichen Auflösung kann z.B. der für eine Beurteilung relevante Ökosystemtyp vom Ökosystemtyp, der sich nach dem CORINE-Datensatz ergibt, extrem abweichen (z.B. kleine Hochmoore im Alpenvorland)<sup>21</sup>.

---

<sup>18</sup>Bobbink, R. & Hettelingh, J.-P. (2011): Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships – Proceedings of an expert workshop: [pdf-Dokument](#)

<sup>19</sup> Balla, S., Uhl, R., Schlutow, A., Lorentz, H., Förster, M., Becker, C., Müller-Pfannenstiel, K., Lüttmann, J., Scheuschner, T., Kiebel, A., Düring, I., and Herzog, W. (2013). Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotope - Bericht zum FE-Vorhaben 84.0102/2009 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Band 1099. BMVBS, Abteilung Straßenbau, Bonn; Carl Schünemann Verlag, Bremen

<sup>20</sup> Arbeitsgemeinschaft StickstoffBW (2014): Ermittlung standortspezifischer Critical Loads für Stickstoff - Dokumentation 2014.- Fachdokumentendienst Umweltbeobachtung, ID Umweltbeobachtung [U26-S7-N12](#), 187 Seiten, Karlsruhe.

<sup>21</sup> Die Flächenstatistik der Critical Load Überschreitung beruht aus methodischen Gründen nahezu ausschließlich auf Wald (ca. 96%). Geschützte terrestrische Freilandökosysteme können methodenbedingt fast nicht erfasst werden.

## **Weiterführende Informationen**

Für weitere Fragen wenden Sie sich bitte an: [II4.3@uba.de](mailto:II4.3@uba.de)

### **BMUB/UBA-Forschungsberichte:**

- 3712 63 240 – 1: Modelling and assessment of acidifying and eutrophying atmospheric deposition to terrestrial ecosystems (PINETI-2): Teil 1 Deposition 2009-2011, [Abschlussbericht](#)
- 3712 63 240 – 1: Ermittlung und Bewertung der Einträge von versauernden und eutrophierenden Luftschadstoffe in terrestrische Ökosysteme (PINETI -2): Teil 2 Critical Load Überschreitungen, [Abschlussbericht](#)
- 371263240 – 2: ArcGIS basierte Lösung zur detaillierten, deutschlandweiten Verteilung (Gridding) nationaler Emissionsjahreswerte auf Basis des Inventars zur Emissionsberichterstattung, [Abschlussbericht](#)
- 3710 63 246 „Modellierung und Kartierung atmosphärischer Stoffeinträge und kritischer Belastungsschwellen zur kontinuierlichen Bewertung der ökosystemspezifischen Gefährdung der Biodiversität in Deutschland“ (PINETI-1, [Abschlussbericht](#))

### **UBA-Broschüren:**

- Stickstoff – Zuviel des Guten? ([Broschüre](#), UBA 2011)
- Reaktiver Stickstoff in Deutschland ([Broschüre](#), UBA 2015)

### **Externe Angebote:**

- LAI-Leitfaden zur Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen ([Bericht beim LANUV](#))