

StickstoffBW

Emissionen von reaktivem Stickstoff in die Atmosphäre Baden-Württembergs

☛ Quellengruppenspezifischer Abgleich der N-Komponenten in
bottom-up und top-down Emissionskatastern – Stand 2010

von der

AG1 Deposition

und dem

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
der Universität Stuttgart (IER)

ID Umweltbeobachtung U45-S7-N10

StickstoffBW ist eine Initiative des Landes Baden-Württemberg, mit dem notwendigen Grundlagen für die Landespolitik und den Verwaltungsvollzug zum Umgang mit Stickstoffeinträgen in die Umwelt erarbeitet werden.

Impressum

Herausgeber	ARGE StickstoffBW (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg & Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg)
Inhalt	Kurzfassung: AG1 DEPOSITION BADEN-WÜRTTEMBERG: LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: Thomas Leiber, Claus Gebhart-Graf, Yvonne Buchleitner, Werner Borho & Dr. Andreas Prueß (Koordination), FVA Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Klaus v. Wilpert sowie Ralph Hug, Freiberuflicher Forstwissenschaftler, Freiburg, IER Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Tatjana Kampffmeyer (ab 2014), Jochen Theloke (bis 2012), Balendra Thiruchittampalam (bis 2013), Christian Schieberle MVI Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (Stuttgart), Tim Kemnitzer NAV Universität Stuttgart, Institut für Navigation, Thomas Gauger & Marc Goetzke UM Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Stuttgart): Prof. Dr. Günther Turian sowie Jakob Frommer (UBA, bis 2014) , Sabine Banzhaf (FU Berlin ab 2014), Martijn Schaap & Stephan van Zyl (TNO ab 2015) Hauptteil: Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Tatjana Kampffmeyer, Balendra Thiruchittampalam, Christian Schieberle & Rainer Friedrich, Heßbrühlstraße 49a, 70565 Stuttgart
Kontakt	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, Mail: Stickstoff@lubw.bwl.de
Bezug	ID Umweltbeobachtung U45-S7-N10 http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/
Stand	Stand 2010 (Daten), Internetausgabe Juli 2015

Inhalt

ABKÜRZUNGEN	5
ZUSAMMENFASSUNG	6
0 KURZFASSUNG	8
0.1 Einleitung	8
0.2 Material und Methoden	9
0.3 Ergebnisse und Diskussion	10
0.4 Schlussfolgerung und Ausblick	14
1 EINLEITUNG	16
2 BESCHREIBUNG DER EMISSIONSDATENSÄTZE	17
3 VORGEHENSWEISE BEIM ABGLEICH DER EMISSIONSINVENTARE	20
4 VERGLEICH DES EMISSIONSINVENTARS AUF LANDESEBENE	24
4.1 Vergleich der NO _x - und NH ₃ -Emissionen aus LUBW-Inventar und PAREST	24
4.2 Vergleich der NO _x - und NH ₃ -Emissionen aus LUBW-Inventar und LUFT2030	26
4.3 Vergleich der räumlich aufgelösten N ₂ O-Emissionen aus LUBW-Inventar und dem ZSE	28
5 GEGENÜBERSTELLUNG DER EMISSIONEN AUF GEMEINDEEBENE	29
5.1 Vergleich der NO _x -Emissionen aus LUBW-Inventar und PAREST pro Gemeinde, Beispiel Straßenverkehr	29
5.2 Vergleich der NH ₃ -Emissionen aus LUBW-Inventar und PAREST pro Gemeinde, Beispiel Landwirtschaft	30
5.3 Vergleich der NO _x -Emissionen aus LUBW-Inventar und LUFT2030 pro Gemeinde, Beispiel Straßenverkehr	32
5.4 Vergleich der NH ₃ -Emissionen aus LUBW-Inventar und LUFT2030 pro Gemeinde, Beispiel Landwirtschaft	34
5.5 Vergleich der N ₂ O-Emissionen aus LUBW-Inventar und dem ZSE pro Gemeinde, Beispiel Landwirtschaft	36

5.6	Vergleich der räumlichen Verteilung des Gesamtstickstoffs für alle Sektoren aus LUBW-Inventar und LUFT2030/ZSE	39
5.7	Datenanalyse auf Gemeindeebene	45
6	SCHLUSSFOLGERUNG	50
7	LITERATUR	52
8	ANHANG	55

Abkürzungen

EKAT	Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg, http://www.ekat.baden-wuerttemberg.de
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
LUFT2030	„IER-Kataster“, entwickelt im Auftrag des UBA im Rahmen eines PAREST-Folgeforschungsvorhabens „LUFT2030 – Luftqualität 2020/2030: Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe unter Berücksichtigung von Klimastrategien (Jörß et al. 2014)
IER	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart
NEC-RL	National Emission Ceilings Directive - Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über nationale Emissionshöchstmenge für bestimmte Luftschadstoffe
PAREST	IER-Kataster, entwickelt im Auftrag des UBA im Rahmen des Forschungsvorhabens PArticle REduction STRategies - Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung (Bultjes et al. 2010)
E-PRTR	Pollutant Release and Transfer Register (Europäisches Schadstoff-Freisetzungs- und Verbringungsregister)
SNAP	Selected Nomenclature for Air Pollution
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
UBA	Umweltbundesamt
ZSE	Zentrales System Emissionen des Umweltbundesamtes

Zusammenfassung

Reaktiver Stickstoff ist ein drängendes Umweltproblem (SRU 2015). Für empfindliche Ökosysteme gewinnen schon atmosphärische Stickstoffeinträge von weniger als einem $\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ zunehmend umweltpolitische Bedeutung. Diese Stickstoffflüsse müssen daher jetzt besonders gut erfasst werden. Als Grundlage für Immissions- und Depositionskarten vergleicht diese Untersuchung zunächst die Emissionsinventare des Bundes (als sog. „top-down Kataster“) mit dem des Landes Baden-Württemberg (als sog. „bottom-up Kataster“).

Auf Landesebene (und damit auch auf europäischer Ebene) stimmen die Bundes- und Landeskataster sehr gut überein. Für StickstoffBW kann eine durchschnittliche Emission von rund $25 \text{ kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ für Baden-Württemberg angesetzt werden (Stand 2010), wobei 55 % auf die Landwirtschaft, 22 % auf den Verkehr und 23 % auf sonstige Quellen entfallen. Auf Ebene der Kreise und Gemeinden stimmen die Bundes- und Landeskataster jedoch weniger gut überein. Die durchschnittliche Emission unterscheidet sich beispielsweise im Stadtkreis Karlsruhe erheblich mit $112 \text{ kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ nach Landeskataster gegenüber $204 \text{ kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ nach dem Bundeskataster. Ein Hauptgrund: Im Landesinventar basieren die Emissionen der Quellengruppe Industrie auf den tatsächlichen Emissionsfrachten. Das Bundesinventar verwendet dagegen pauschale Produktionsstatistiken.

Die NH_3 -Emissionen sind unmittelbar für örtliche Wirkungsfragen von Interesse. Anders als nach SRU/UBA (2015) zu erwarten, deuten die NH_3 -Emissionsdaten an, dass zumindest in Teilen Baden-Württembergs eine Überschreitung von Belastungsgrenzen nicht auszuschließen ist. In rund der Hälfte der Stadt- und Landkreise des Landes Baden-Württemberg überschreiten die NH_3 -Emissionen mehr als $10 \text{ kg NH}_3\text{-N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ und in 4 von 44 Kreisen (im Osten des Landes) $20 \text{ kg NH}_3\text{-N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$. In den östlichen Landkreisen Baden-Württembergs ist auch der N-Überschuss nach der Hoftorbilanz erhöht und die anteiligen Emissionen in die Luft stimmen in der Größenordnung sehr gut mit den Daten des Landes-Emissionskatasters überein. Zum Vergleich: Auf europäischer Ebene sind die Belastungsgrenzen für naturnahe Wälder (empirische Critical Loads) bei 5 bis $20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ festgelegt. Wo genau die Critical Loads überschritten werden, lässt sich derzeit jedoch noch nicht in der Fläche beantworten, da zu viele Annahmen - sowohl bei der Hintergrunddeposition als auch bei den Critical Loads - noch geklärt oder durch Fachkonventionen gesetzt werden müssen.

Für diese Entwicklungsarbeiten sind die Emissionsdaten - neben den Immissions- und Depositionsdaten des Landes - ein wichtiger Baustein. Die höhere Qualität der Emissionsdaten des Landeskatasters spricht generell für die Nutzung des bottom-up Verfahrens für die Analyse und Bewertung des Stickstoffhaushalts. Im Laufe des Jahres sollen die aktuellen Emissionsdaten (Stand 2012) nun im Raster $500 \text{ m} \times 500 \text{ m}$ zur Verfügung stehen. In einem weiteren Schritt ist vorgesehen, die Emissionsdaten für die Neuberechnung der Hintergrund-

deposition heranzuziehen (Fertigstellung 2018). Die Bedeutung der Mineraldüngung wird dabei in der Neuberechnung zunehmen, weil neue höhere Emissionsfaktoren für die Mineraldüngung anzuwenden sind. Umgekehrt wirken sich die seit vielen Jahren sinkenden Tierbestände emissionsmindernd aus. Ein vollständiges Gesamtbild der Stickstoffverhältnisse wird sich durch die Regionalisierung der N-Bilanzen und die flächenhafte Anwendung des Critical Load-Ansatzes ergeben.

0 Kurzfassung

0.1 Einleitung

Reaktiver Stickstoff ist ein drängendes Umweltproblem (SRU 2015). Beim Transport über die Atmosphäre geraten im Hinblick auf den Schutz empfindlicher Ökosysteme zunehmend Stickstoffflüsse von weniger als einem $\text{kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ in den Focus der Umweltpolitik. Da Messungen von N-Immissionen und N-Depositionen jedoch sehr kostenintensiv sind, können die Messstellen nicht flächendeckend betrieben werden um diese Stickstoffflüsse in der notwendigen, hochaufgelösten Qualität zu erfassen. Wichtige Hilfsgrößen für die Übertragung der an wenigen Stützstellen gemessenen Immissions- und Depositionsdaten in die Fläche sind daher Emissionsinventare des Bundes und der Länder.

Die für Emissionsinventare des Bundes erstellten „top-down Kataster“ (großräumige Regionalisierung) unterscheiden sich von den „bottom-up Katastern“ (kleinräumige Regionalisierung) der Länder hinsichtlich der Qualität, der Aktualität, dem Ortsbezug und der Vollständigkeit. Allgemein werden Emissionsinventare über sog. „Aktivitätsdaten“ und zugehörige Emissionsfaktoren aufgebaut. Aus organisatorischen Gründen und dem Grundsatz einer bundeseinheitlichen Methodik folgend, setzt der Bund bislang ein „top-down Kataster“ für alle Bundesländer an, auch für die Bundesländer, die über ein eigenes „bottom-up Kataster“ verfügen. Auf dieser top-down Grundlage werden beispielsweise N-Depositionskarten für Deutschland erstellt, um darauf aufbauend

- a) die Einhaltung „des langfristigen Zieles der Nichtüberschreitung der kritischen Eintragsraten“ nach der NEC-RL zu überprüfen (UBA 2015a) und
- b) für den Vollzug im Immissions- und Naturschutz flächenhafte Datengrundlagen zur Verfügung zu stellen (UBA 2015b).

Die Bewertungen des Bundes basieren auf sehr komplexen Berechnungen und häufig am europäischen Maßstab orientierten Annahmen.

Ziel von StickstoffBW ist es nun, diese Annahmen Schritt für Schritt für die Analyse und Bewertung des Stickstoffhaushalts von Baden-Württemberg zu validieren und Empfehlungen für die weitere Datenverwendung auf Bundes- und Landesebene abzuleiten. Die ersten StickstoffBW-Berichte betrafen die Ermittlung der kritischen Eintragsraten (Critical Loads), des Mineräldüngereinsatzes und der N-Überschüsse in der Landwirtschaft (ARGE StickstoffBW 2014, 2015b).

In diesem Bericht sollen nun mit Blick auf die Erstellung von Immissions- und Depositionskarten die Unterschiede zwischen dem Kataster des Bundes (hier IER) und des Landes Baden-Württemberg (hier LUBW) beleuchtet werden. Welche Unterschiede sind zu beachten, welche Ursachen sind dafür verantwortlich und welche Aspekte sind bei der künftigen Da-

tenweiterverwendung wichtig? Schließlich sollen belastbare Emissionsdaten - unter Berücksichtigung der atmosphärischen N-Importe aus den Nachbarländern - für die Korrektur und/oder Neuberechnung der Hintergrunddeposition für Baden-Württemberg genutzt werden (ARGE StickstoffBW 2015a).

0.2 Material und Methoden

Das Emissionskataster Baden-Württemberg umfasst die landesweiten Luftschadstoff-Emissionen seit dem Bezugsjahr 1995. Das hier verwendete Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg basiert auf dem Betrachtungszeitraum 2010¹ (LUBW 2012) und berücksichtigt folgende, nach der fünften allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (5. BImSchVwV) gegliederte Quellengruppen:

- (1) Verkehr (Straßen-, Schienen-, Schiffsverkehr, Flughäfen mit dem bodennahen Flugverkehr),
- (2) Kleine und Mittlere Feuerungsanlagen (Feuerungsanlagen in Haushalten und bei Kleinverbraucher nach der 1. BImSchV),
- (3) Industrie und Gewerbe (nach 11. BImSchV, E-PRTR-VO und sonstige Anlagen),
- (4) Biogene Systeme² (Landwirtschaft, Nutztierhaltung, Böden, Vegetation, Gewässer u. a.),
- (5) Sonstige Technische Einrichtungen (Abfallwirt., Abwasserreinigung, mobile Maschinen u. a.).

Die Gütestufe der Emissionserhebungen reicht vom Bereich A (10 % bis 30 % Unsicherheit) bei der Industrie bis E (> 300 % Unsicherheit) bei den Biogenen Systemen (vgl. LUBW 2012).

Die Emissionen beider Kataster (IER und LUBW) sind im folgenden Bericht des IER (Kapitel 1 ff) einheitlich nach der europäischen SNAP-Nomenklatur (Selected Nomenclature for Air Pollution) zusammengestellt (Auszug: SNAP 1 Energie (Strom-/Wärmebereitstellung, 3 & 4 Industrie, 7 Straßenverkehr, 10 Landwirtschaft).

Mit Blick auf die Bilanzierung der Stoffflüsse in Baden-Württemberg werden alle N-Komponenten auf Rein-N, Hektar (ha) und Jahr (a) bezogen und die N-Summe³ gebildet. Da der Großteil der NH_x-Emissionen im Nahbereich deponiert wird und der Großteil der NO_y-Emissionen dem Ferntransport unterliegt, ist für Fragen der N-Ausbreitung in der Atmosphäre auch eine getrennte Betrachtung der NH_x-/NO_y-Komponenten erforderlich.

¹ Hier noch nicht berücksichtigt: 1. Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg Betrachtungszeitraum 2012 (LUBW 2015); 2. Neuerdings erhöhte E-Faktoren für Mineraldüngung (Osterburg 2015)

² Methodische Details zur Erhebung siehe Bericht „Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg - Biogene Quellen 2000“, UMEG (2003)

³ Distickstoffmonoxid (Lachgas N₂O) ist für die Klimaforschung, aber nicht für Eutrophierung von Bedeutung. Aufgrund des sehr geringen Anteils an der N-Summe wird hier auf eine getrennte Darstellung der N-Summe mit und ohne N₂O verzichtet.

0.3 Ergebnisse und Diskussion

Unterschiede der Kataster auf Landesebene

Auf Landesebene stimmen die Bundes- und Landeskataster (IER vs. LUBW) sehr gut überein (vgl. Tabelle 5-1). Die durchschnittliche Emission - bezogen auf die Landesfläche - unterscheidet sich lediglich um 3 % (24,4 vs. 25,1 kg N ha⁻¹ a⁻¹). Damit kann für StickstoffBW eine durchschnittliche Emission von rund 25 kg N ha⁻¹ a⁻¹ für Baden-Württemberg angesetzt werden (Stand 2010), wobei 55 % auf die Landwirtschaft, 22 % auf den Verkehr und 23 % auf sonstige Quellen entfallen.

Unterschiede der Kataster auf Kreis- und Gemeindeebene

Die N-Emissionen sind mit über 50 kg N ha⁻¹ a⁻¹ bedingt durch die Kraftwerke und den Verkehr in den Stadtkreisen Mannheim, Karlsruhe, Heilbronn, Stuttgart und Ulm sowie den Landkreisen Esslingen am höchsten (Abbildung 0-1). Auf Ebene der Landkreise stimmen die Bundes- und Landeskataster (IER vs. LUBW) weniger gut überein. Die durchschnittliche Emission - bezogen auf die Kreisfläche - variiert z.B. im Stadtkreis Karlsruhe um 82 % (112 [LUBW] vs. 204 kg N ha⁻¹ a⁻¹ [IER]) (Ursache siehe unten).

Auf Gemeindeebene variieren die Daten erheblich (Abbildung 5-12), wobei die Überschätzung durch die bundesweiten Daten in 10 Gemeinden und die Unterschätzung durch die bundesweiten Daten in 6 Gemeinden besonders groß ist⁴. Die Differenzen bei den Produktionsprozessen (Quellengruppe Industrie) können mit unterschiedlicher Aktualität und unterschiedlichen Berechnungsgrundlagen der Emissionen in beiden Inventaren erklärt werden (vgl. Kapitel 5.7). Die Emissionen für diese Quellengruppe basieren im LUBW-Inventar auf den von Anlagenbetreibern gemeldeten Emissionsfrachten in den Emissionserklärungen nach der 11. BImSchV^{5,6}.

⁴ Überschätzung hier „LUBW minus IER < - 50 kg N ha⁻¹ a⁻¹“ und Unterschätzung hier „LUBW minus IER > + 50 kg N ha⁻¹ a⁻¹“

⁵ Im Erhebungsjahr 2014 sind 194 landwirtschaftliche Betriebe (Anlagen) nach der 4. BImSchV genehmigungsbedürftig (z.B. ab 600 Rinderplätze, 15.000 Hennen oder 1.500 Mastschweineplätzen). Von diesen sind 40 Betriebe nach der 11. BImSchV emissionserklärungspflichtig (zugleich Anlage gemäß Art. 10 der RL 2010/75/EU, z.B. ab 40.000 Hennen, 2.000 Mastschweineplätze, Rinderhaltung ist generell nicht betroffen). Rund 42.000 landwirtschaftliche Betriebe (davon 10.000 über 50 ha), 1 Mio Rinder, 2 Mio Schweine und 5 Mio Geflügel gibt es in Baden-Württemberg insgesamt. Lediglich 0,3% der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen (127 von 41.500 t NH₃/a Stand 2012) entfällt damit auf immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige und emissionserklärungspflichtige Anlagen nach der 11. BImSchV und sind hier in der Quellengruppe „Industrie und Gewerbe“ erfasst (Stand 2012). Lediglich rund 1% der Rinder wird beispielweise in nach der 4. BImSchV genehmigungsbedürftigen Ställen gehalten (vorläufige Schätzung).

⁶ Da für das hier betrachtete Bezugsjahr 2010 keine Emissionserklärungen nach der geltenden 11. BImSchV von den betroffenen Anlagenbetreibern zu erstellen waren, wurde eine vereinfachte Zwischenfortschreibung durch direkten Kontakt mit ausgewählten Anlagenbetreibern vorgenommen.

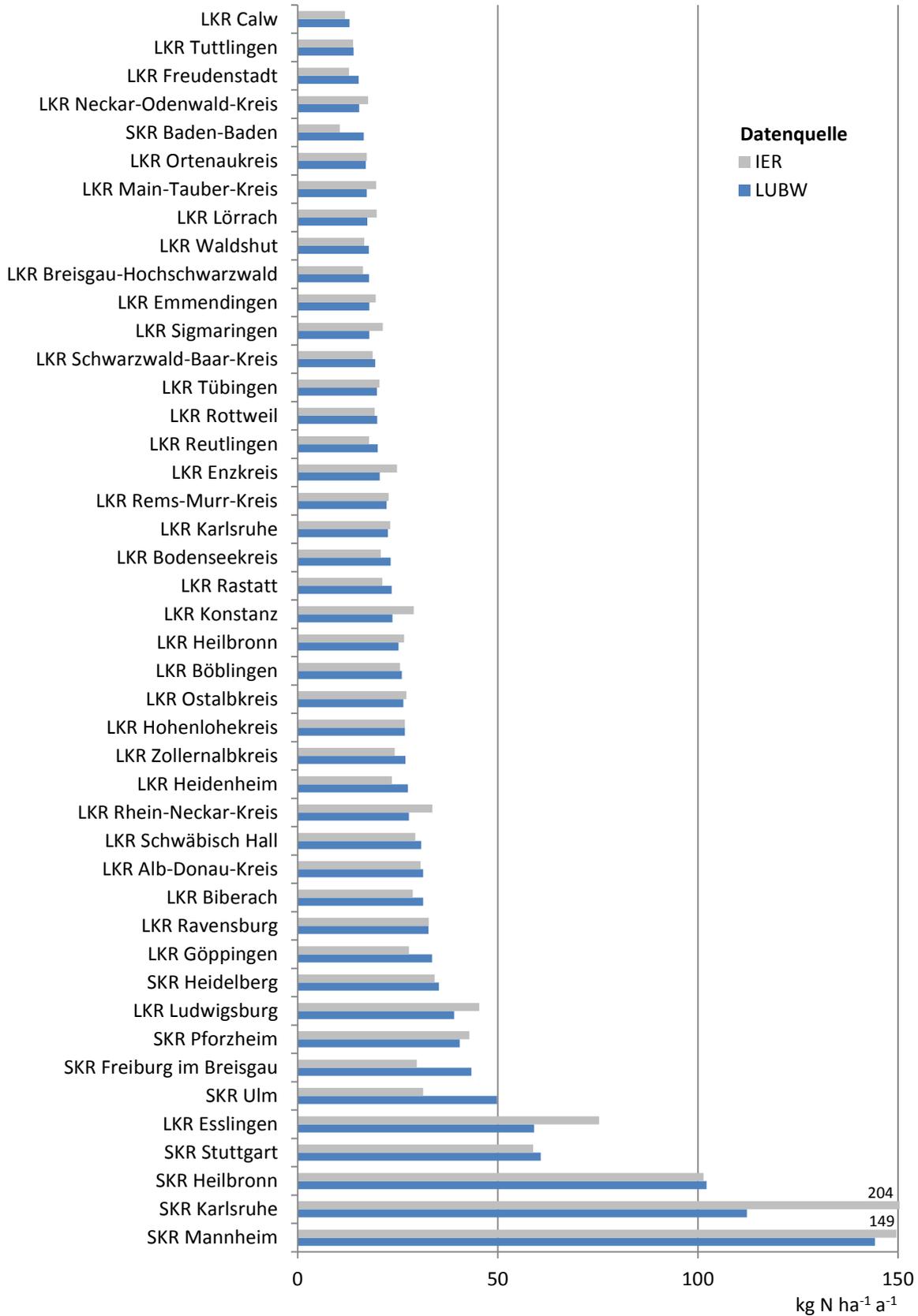


Abbildung 0-1: Mittlere N-Emissionen der Landkreise Baden-Württembergs (Summe SNAP 1 bis 10, aufsteigend sortiert, getrennt nach IER- und LUBW-Kataster)

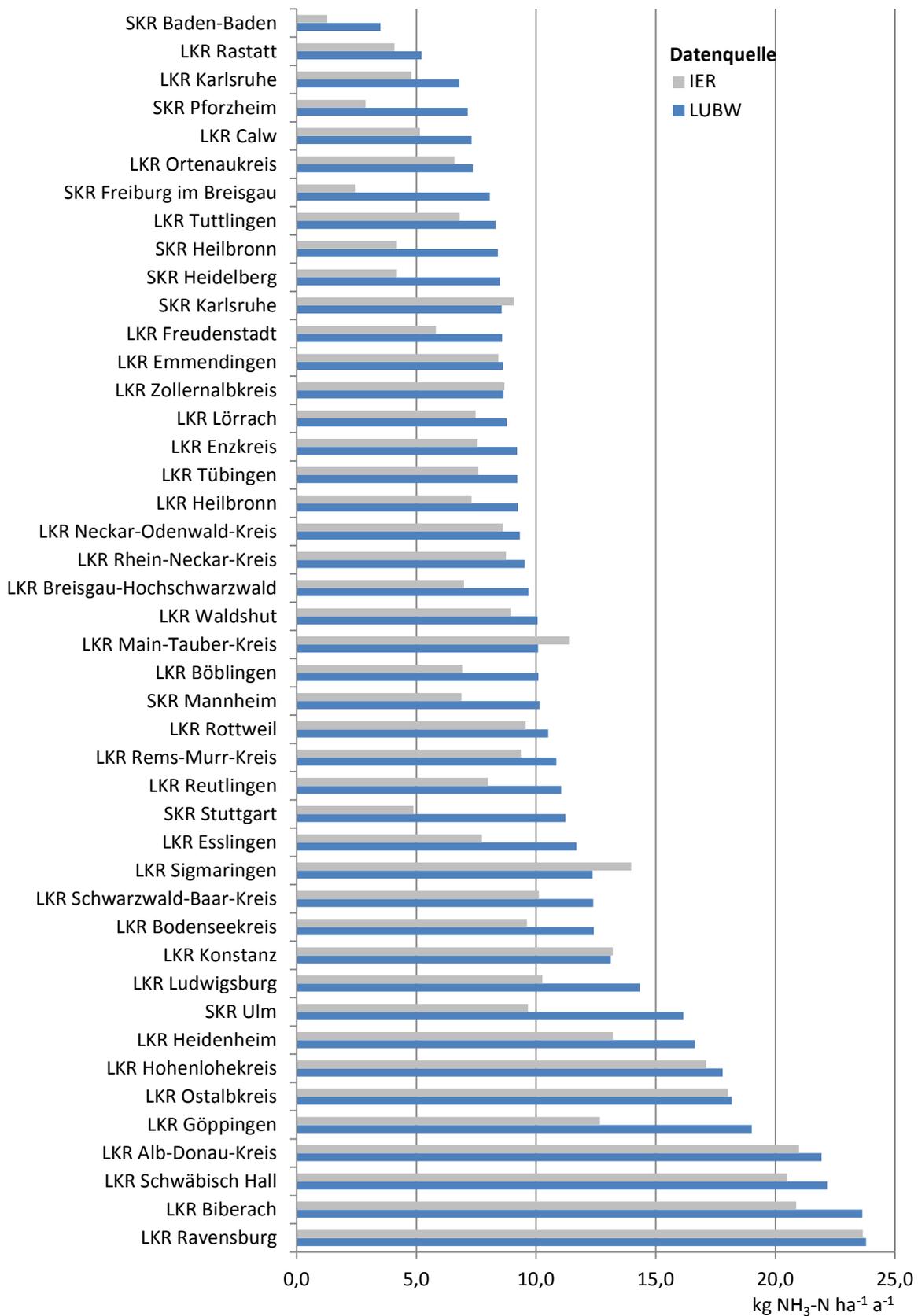


Abbildung 0-2: Mittlere NH₃-N Emissionen der Landkreise Baden-Württembergs (Summe SNAP 1 bis 10, aufsteigend sortiert, getrennt nach IER- und LUBW-Kataster)

Die Emissionen aus industriellen Prozessen im IER-Inventar wurden dagegen auf Basis von im „Zentralen System Emissionen“ (ZSE) des UBA hinterlegten Produktionsstatistiken und entsprechenden prozessspezifischen Emissionsfaktoren berechnet. Die Emissionen aus der Landnutzung sind im LUBW-Inventar stellenweise wesentlich höher, da in IER z.B. keine „natürlichen Emittenten“ (Böden, Gewässer/Feuchtgebiete und Wildtiere) enthalten sind.

Zusammenfassend lassen sich die Unterschiede auf folgende Aspekte zurückführen:

- a) die Qualität: tatsächliche Emissionsfrachten (unter Berücksichtigung der Abgasreinigungstechnik und der gemessenen Emissionen) vs. Produktionsstatistiken
- b) die Aktualität: Errichtung und Stilllegung von Betrieben, Aktualität von Verkehrs-/Viehzählungen,
- c) den Ortsbezug: postalische (Gemeindekennziffer) vs. tatsächliche Verortung der einzelnen Quellen und
- d) die Vollständigkeit der Inventare: Landwirtschaft incl. Emissionen aus gedüngten Böden u.a.

Die unterschiedliche Systematik SNAP vs. 5.BImSchVwV wirkt sich nicht inhaltlich aus.

Einordnung der räumlichen Schwerpunkte der N-Emissionen für StickstoffBW

Während die NO_y -Emissionen in erheblichen Anteilen dem Ferntransport unterliegen (d.h. für die grenzüberschreitende Eutrophierung relevant sind und nur über entsprechende Ausbreitungsstatistiken lokal bewertet werden können), sind die NH_x -Emissionen unmittelbar für örtliche Wirkungsfragen von Interesse. Im Mittel Deutschlands liegt der Eigenanteil der NH_x -Deposition nach Schaap et al. (2015) bei 71 %. Auf europäischer Ebene sind empirische Critical Loads für naturnahe Wälder bei 5 bis 20 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ festgelegt (LAI 2012). Daraus ergibt sich rechnerisch⁷ eine Critical Load-Spanne für die Emission für naturnahe Wälder in Höhe von 7 bis 28 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Der minimale „Critical Load“ für naturnahe Wälder wird lediglich in 3 von 44 Landkreisen eingehalten (Karlsruhe, Rastatt und Baden-Baden; Abbildung 0-2). In rund der Hälfte der Landkreise des Landes Baden-Württemberg werden mehr als 10 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und in 4 von 44 Landkreisen werden 20 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ überschritten.

In den fünf Landkreisen mit den höchsten Emissionen liegen die NH_x -N Emissionen aus der Landwirtschaft (Biogene Systeme) in 30 Gemeinden über 30 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Datenquelle

⁷ Berechnung: 5 bzw. 20 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ geteilt durch 71 %. Die Autoren haben für die östlichen Landesteile Baden-Württembergs einen Eigenanteil der NH_x -Deposition von rund 70 bis 90 % ermittelt. Da die Daten derzeit für Baden-Württemberg korrigiert werden, wird hier auf eine vertiefte Betrachtung incl. NO_y verzichtet. Der folgende Schwellenwert von 30 $\text{kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ entspricht dem 90. Perzentil der modellierten Critical Loads (ARGE StickstoffBW 2014).

LUBW): LKR Ravensburg (6 Gemeinden), LKR Biberach (5 Gemeinden), LKR Schwäbisch Hall (6 Gemeinden), LKR Alb-Donau-Kreis (9 Gemeinden), LKR Göppingen (4 Gemeinden). Auf ganz Baden-Württemberg und auf alle Emissionsquellen bezogen (SNAP 1 bis 10) erhöht sich die Anzahl der Gemeinden mit über $30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ von 30 auf 40 Gemeinden⁸. Im IER-Kataster finden sich lediglich 18 Gemeinden mit $\text{NH}_x\text{-N}$ Emissionen $> 30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (SNAP 1 bis 10). Damit wird deutlich, dass die Hotspots der NH_x -Deposition auf Basis des IER-Katasters - wie für UBA (2015) verwendet - unterschätzt werden (22 von 40 Gemeinden bleiben im IER-Kataster unter der Schwelle).

Zum Vergleich der N-Emissionen vs. Hoftorbilanz

In den östlichen Landkreisen Baden-Württembergs ist auch der N-Überschuss nach der Hoftorbilanz (brutto)⁹ erhöht. Im Mittel beträgt der N-Überschuss hier rund $150 \text{ kg N (ha LF)}^{-1} \text{ a}^{-1}$ bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche (LF) - gegenüber $107 \text{ kg N (ha LF)}^{-1} \text{ a}^{-1}$ im Landesdurchschnitt (ARGE StickstoffBW 2015b). Da sich die Hoftorbilanzen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche und die N-Emissionen hier auf die Landes-, Kreis- oder Gemeindeflächen beziehen, müssen die Hoftorbilanzen zunächst grob durch zwei¹⁰ geteilt werden. Das ergibt für die östlichen Landkreise einen N-Überschuss bezogen auf die gesamte Bodenfläche in Höhe von $75 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Dieser Überschuss verteilt sich nach Einschätzung des UBA (2015a) auf die Denitrifikation¹¹, gefolgt von in etwa gleichen Anteilen den Emissionen reaktiven Stickstoffs in die Atmosphäre und in die Hydrosphäre. Nach dieser groben Einschätzung dürfte die N-Emission in die Atmosphäre in den östlichen Landkreisen knapp unterhalb von $25 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ liegen. Die Größenordnung stimmt recht gut mit den Angaben des Emissionskatasters überein (Mittelwert der 5 östlichen Landkreise mit den höchsten Emissionen beträgt $22,1 \text{ kg NH}_3\text{-N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$).

0.4 Schlussfolgerung und Ausblick

Verwendung der Kataster

Die höhere Qualität, Vollständigkeit und Aktualität spricht für die Nutzung der kleinräumigen Datenerhebung des bottom-up Verfahrens für die Analyse und Bewertung des Stickstoff-

⁸ Absolute Emissionsmassen je Gemeinde siehe www.ekat.baden-wuerttemberg.de.

⁹ Differenz zwischen N-Zufuhr und N-Abfuhr; nach ARGE StickstoffBW (2014) inklusive der vollständigen N-Deposition und ohne Abzug unvermeidbarer Verluste in die Atmosphäre (Ammoniakemissionen, Denitrifikation), Hydrosphäre und Pedosphäre.

¹⁰ 46 % (gerundet 50 %) der Fläche Baden-Württembergs wird landwirtschaftlich genutzt.

¹¹ Nach UBA (2010) wird als „Exponent zur Berücksichtigung der Denitrifikation in der ungesättigten Zone“ ein Wert von 0,64 angesetzt (d.h. Abzug 36 %). Da sich dieser Faktor auf die Konzentration im Oberboden bezieht und die hier zugrunde gelegte „Hoftorbilanz (brutto)“ für BW inzwischen deutlich höher als die Flächenbilanz angesetzt wird (ARGE StickstoffBW 2015), soll die Gültigkeit dieser Annahme bezogen auf die Hoftorbilanz (brutto) für BW nochmals überprüft werden.

haushalts und speziell die Unterstützung bei der Erstellung von Immissions- und Depositionskarten für Baden-Württemberg. Beim Vergleich der Kataster hat sich das top-down Verfahren für keine Quellengruppe als vorteilhaft für Baden-Württemberg erwiesen.

Verbesserung der Datengrundlagen

Da die Viehzahlen derzeit nur grob über die Großvieheinheiten einer Gemeinde zugeordnet sind und die nicht immissionsschutzrechtlich genehmigungspflichtigen Veredelungsbetriebe örtlich nicht identifizierbar sind, ist über das Emissionsinventar derzeit nur eine sehr grobe Näherung der Verhältnisse möglich. Auch die Emissionen aus Gärresten von Biogasanlagen und aus Wirtschaftsdüngern können derzeit kaum örtlich aufgelöst werden. Diese Datengrundlagen bedürfen der dringenden Verbesserung.

Korrektur der Hintergrunddeposition

Im Laufe des Jahres sollen die Emissionsdaten von Baden-Württemberg im Raster 500 m mal 500 m über StickstoffBW online zur Korrektur der N-Hintergrunddeposition zur Verfügung gestellt werden. Parallel werden die quellengruppenbezogenen Emissionsdaten auf Gemeindeebene unter www.ekat.baden-wuerttemberg.de zur Verfügung gestellt.

In einem weiteren Schritt sollen die Emissionsdaten im Rahmen der „Bund Länder Kooperation Hintergrunddeposition 2018“ für die Neuberechnung der Hintergrunddeposition herangezogen werden. Die Hintergrunddeposition soll dabei ab 2018 im Mittel (BW) entsprechend der gemessenen Deposition (als gleitender 5-Jahresmittel) jährlich aktualisiert werden (Stand 2014: Abnahme derzeit rund 1 bis 2 % jährlich). Die zu entwickelnde Methode muss daher robust auf geänderte Emissionsfaktoren, geänderte Emissionsinventare (z.B. Einbezug neuer Quellen) oder sonstige geänderte Modellparameter reagieren. Geänderte Emissionsfaktoren oder geänderte Emissionsinventare hätten damit weiterhin Einfluss auf die interpolierten Flächen aber nicht auf das Depositionsniveau, das durch Feld-Messdaten festgelegt wird. Gleiches gilt für die Immissionskarten.

Analyse und Bewertung des Stickstoffhaushalts Baden-Württemberg

Die Kernfrage, wo genau Critical Loads überschritten werden, lässt sich derzeit noch nicht in der Fläche beantworten, da zu viele Annahmen - sowohl bei der Hintergrunddeposition als auch bei den Critical Loads - noch geklärt oder durch Fachkonventionen gesetzt werden müssen. Für die weitere Klärung bilden die N-Emissionen in die Atmosphäre einen wichtigen Baustein der Analyse und Bewertung des Stickstoffhaushalts Baden-Württemberg. Ein vollständiges Gesamtbild der Stickstoffverhältnisse wird sich erst durch die Erhebung der N-Importe und N-Exporte, die Korrektur der Hintergrunddeposition, die Regionalisierung der N-Bilanzen, der Zustandserfassung und letztlich die flächenhafte Anwendung des Critical Load-Ansatzes einschließlich der landwirtschaftlich genutzten Fläche ergeben.

1 Einleitung

Für die flächenhafte Ermittlung der Immissionen und Depositionen von reaktivem Stickstoff in Baden-Württemberg werden hier die Unterschiede zwischen den Emissionskatastern des Bundes (hier IER¹²) und des Landes Baden-Württemberg (hier LUBW) untersucht. Welche Unterschiede sind zu beachten, welche Ursachen sind dafür verantwortlich und welche Aspekte sind bei der künftigen Datenweiterverwendung wichtig? Schließlich sollen belastbare Emissionsdaten - unter Berücksichtigung der atmosphärischen N-Importe aus den Nachbarländern - für die Korrektur und/oder Neuberechnung der Hintergrunddeposition für Baden-Württemberg genutzt werden (ARGE StickstoffBW 2015a). Zur weiteren Analyse und Bewertung des Stickstoffhaushalts Baden-Württemberg werden überdies die N₂O-Emissionen¹³ einbezogen.

¹² Emissionskataster hat das Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) im Rahmen der Forschungsvorhaben „PAREST“ und „LUFT2030“ für den Bund entwickelt. Im Forschungsvorhaben „PAREST (PARTICLE REDUCTION STRATEGIES) - Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“ wurden emissionsmindernde Maßnahmen zur Reduzierung der Feinstaubemissionen in Deutschland identifiziert und die Auswirkung auf die zukünftige Feinstaubbelastung berechnet. Im PAREST-Projekt wurden Emissionsreferenzszenarien bis 2020 für Feinstaub (PM10 und PM2.5) und die Aerosol-Vorläufersubstanzen SO₂, NO_x, NH₃ und NMVOC für Deutschland und Europa erstellt. Im Rahmen des Projektes wurde ein Modell entwickelt, um nationale Emissionen - beispielsweise aus dem Zentralen System Emissionen (ZSE) des Umweltbundesamtes - auf Rasterelemente mit einer sehr hohen Auflösung zu verteilen. Im PAREST-Folgeforschungsvorhaben „LUFT2030 – Luftqualität 2020/2030: Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe unter Berücksichtigung von Klimastrategien“ wurden die nationalen Emissionen den geänderten Rahmenbedingungen angepasst. Ziel des Vorhabens war unter anderem die Entwicklung aktualisierter Emissionsszenarien für die Schadstoffe NO_x, SO₂, NMVOC, NH₃, PM10 und PM2.5 bis zum Jahr 2030. Auf der Basis der so ermittelten Emissionen und der Verwendung des Modells zur räumlichen Auflösung aus PAREST war es möglich für Deutschland räumlich hoch aufgelöste Emissionen zu Verfügung zu stellen.

¹³ Da räumlich differenzierte N₂O-Emissionen für gesamt Deutschland nicht verfügbar sind, war es notwendig die nationalen Emissionen aus dem Zentralen System Emissionen mittels des in PAREST entwickelten Modells räumlich zu verorten.

2 Beschreibung der Emissionsdatensätze

Die Emissionen für Baden-Württemberg wurden von der LUBW (Stand März 2013) aus dem Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg 2010 zur Verfügung gestellt. Das Emissionskataster 2010 steht in einer Reihe mit den seit 1994 veröffentlichten Luftschadstoff-Emissionen im Zweijahres-Rhythmus und erfasst nach aktuellem Wissensstand die Emissionen aller relevanten Quellen im Land. Dabei wurden alle nach dem heutigen Kenntnisstand wichtigen Luftschadstoffe berücksichtigt.

Die Untersuchungen umfassen die Quellengruppen:

- Kleine und Mittlere Feuerungsanlagen (Feuerungsanlagen in Haushalten und bei Kleinverbraucher nach der 1. BImSchV),
- Verkehr (Straßen-, Schiffs-, Schienenverkehr, Motorsport und Flughäfen),
- Industrie und Gewerbe (erklärungspflichtige Anlagen gemäß der 11. BImSchV, berichtspflichtige Betriebe gemäß der E-PRTR-VO und emissionsrelevante Gewerbebetriebe),
- Biogene Systeme (z. B. Landwirtschaft, Nutztierhaltung, Vegetation) und
- Sonstige Technische Einrichtungen (z. B. Abfallwirtschaft, privater Verbrauch lösemittelhaltiger Produkte, Verluste aus der Gasverteilung, mobile Geräte und Maschinen).

Das Emissionskataster stellt aufgrund der kleinräumigen Erhebung der Emissionsverhältnisse die Ursachen von Luftverunreinigungen fest, damit darauf aufbauend Maßnahmen zur Minderung von Luftschadstoff-Belastungen erarbeitet werden können. Die räumliche Auflöserung der Emissionen umfasst je nach Datenlage der einzelnen Quellengruppen Punkt-, Linien oder Flächenquellen. Die Daten werden im Emissionskataster Baden-Württemberg auf Gemeindeebenen dargestellt und wurden für den quellenspezifischen Abgleich der N-Komponenten im vorliegenden Bericht in SNAP-Kategorien angegeben.

Im PAREST-Projekt wurden Emissionsreferenzszenarien bis 2020 für Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2.5}) und die Aerosol-Vorläufersubstanzen SO₂, NO_x, NH₃ und NMVOC für Deutschland und Europa erstellt. Mit Hilfe chemischer Transportberechnungen wurde gezeigt, dass die im Referenzszenario berücksichtigten gesetzlichen Maßnahmen nicht ausreichen werden, um bis zum Jahre 2020 überall in Deutschland eine Einhaltung der Grenzwerte für PM₁₀ und NO₂ und des Zielwertes für PM_{2.5} zu gewährleisten. In einem zweiten Schritt wurden für Deutschland weitere, in der bereits beschlossenen umweltpolitischen Gesetzgebung noch nicht berücksichtigte, emissionsmindernde Einzelmaßnahmen und deren Kosten identifiziert und zu Maßnahmenbündeln zusammengefasst. Die immissionsseitigen Auswirkungen der

einzelnen Maßnahmenbündel wurden jeweils mit chemischen Transportberechnungen bestimmt.

Das PAREST-Referenzszenario für die Jahre 2005 (Basisjahr), 2010, 2015 und 2020 baut in seinen Daten und Annahmen weitgehend auf ZSE (Stand 2007) auf. Die dort benutzten Daten für Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen sind in Jörß und Handke (2007) und Jörß et al. (2007) dokumentiert. Eine detaillierte Darstellung des Referenz-Energieszenario für PAREST sowie weiterer in PAREST benutzter Energieszenarien findet sich in Jörß und Degel (2010). Das zusammenfassende Ergebnis des Parest-Vorhabens ist in (Bultjes et al. 2010) dokumentiert.

Ziel des Vorhabens LUFT 2020/2030 war die Entwicklung aktualisierter Emissionsszenarien für die Schadstoffe NO_x, SO₂, NMVOC, NH₃, PM10 und PM2,5 bis zum Jahr 2030 sowie, daraus abgeleitet, die Berechnung von Immissionsszenarien für Feinstaub und NO₂. Als Grundlage für die Entwicklung von Emissionsszenarien für Deutschland waren dazu die Ergebnisse des vom UBA beauftragten Vorhabens „Politiksznarien für den Klimaschutz VI“ (Öko-Institut 2013) heranzuziehen. Bei diesen Energieszenarien handelt es sich einerseits um das „Aktuelle Politik Szenario“ welches bereits beschlossene energie- und klimapolitische Maßnahmen abbildet, und andererseits um das „Energiewende-Szenario“ welches weitergehende Klimaschutzmaßnahmen annimmt. Die Emissionen für die Basisjahre 2005-2010 wurden aus dem ZSE¹⁴ übernommen. Diese Emissionen wurden mit der Submission 2012¹⁵ berichtet.

Für die immissionsseitige Bewertung der Emissionsszenarien wurde das im PAREST Vorhaben (Bultjes et al. 2010) entwickelte Auswerteinstrumentarium genutzt. Dazu gehören auch die räumliche Verteilung der deutschen Emissionen sowie die Berücksichtigung eines europäischen Emissionsszenarios. Basierend auf den Immissionsszenarien, die auf Jahresmittelwertefokussieren, werden darüber hinaus Betrachtungen zu NO₂- und PM10-Grenzwertüberschreitungen an verkehrsnahen Stationen angestellt. Ergebnisse des Vorhabens Luft 2020/2030 sind in (Jörß et al. 2014) zusammengefasst.

In Tabelle 2-1 sind die für die Emissionsberechnung herangezogenen Daten aus Parest und aus Luft 2020/2030 dargestellt. Die Emissionsberechnung in PAREST für das Jahr 2010 beruhte auf Prognosen. Für die Emissionsberechnung in LUFT2030 wurden verstärkt erhobene Daten verwendet. Infolgedessen ist die Annahme zulässig, dass die Emissionsberechnungsgrundlage aus dem LUFT2030-Projekt und somit auch die räumliche Verteilung aktueller ist.

¹⁴ Zentrales System Emissionen, zur Emissionsberichterstattung genutzte Emissionsdatenbank des Umweltbundesamtes

¹⁵ Emissionsberichterstattung unter UNECE, Convention on Long Range Transboundary Air Pollution

Bei der Bilanzierung von Emissionen unterscheidet man für mobile Quellen außerdem Bilanzen nach dem Inlandsprinzip und nach dem Energiebilanzprinzip. Beim Inlandsprinzip geht es darum, zu berechnen, wie viel Treibstoff von Fahrzeugen auf deutschem Territorium verbraucht wurde und wie viel Emissionen daraus innerhalb Deutschlands entstanden sind. Beim Energiebilanzprinzip wird dagegen nicht der Verbrauch des Treibstoffs bilanziert sondern der Verkauf (Jörß et al. 2010). Die Emissionen für die räumliche Auflösung wurden nach dem Inlandsprinzip berechnet.

Tabelle 2-1: Übersicht über die in den Emissionsinventaren verwendeten Emissionsdaten

SNAP	IER Parest (LUFT 2020/2030)		LUBW Emissionskataster		
	Aktivitäten	Emissionsfaktoren	Aktivitäten	Emissionsfaktoren	
1	Strom- und Wärmebereitstellung/ Abfallverbrennung	Energiebilanz	Renz et al. 2002 (IZT 2009)	Emissionserklärungen nach 11. BImSchV, E-PRTR-Daten	spezielle Emissionsfaktoren (BUBE)
2	Kleinf Feuerungen	Energiebilanz	Struschka et al. 2007	Strukturdaten Gebäude, Zensusdaten, Verbrauchsdaten, Schornsteinfegerdaten	spezifische Emissionsfaktoren (u. a. Struschka et al. 2007)
3&4	Industrie	Produktionsstatistiken (Verbände)	ZSE(Anlagendaten, Expertenschätzung)	Emissionserklärungen nach 11. BImSchV, E-PRTR-Daten	spezielle Emissionsfaktoren (BUBE)
6	Lösemittelanwendung	Produktionsstatistiken (Inlandsverbrauch)	ZSE(Anlagendaten, Expertenschätzung)	Produktionsstatistiken (Inlandsverbrauch)	spezifische Emissionsfaktoren
7	Straßenverkehr	TREMOD 4.17 Kraftstoffverbrauch nach Inlandsprinzip (TREMOD 5.04 Kraftstoffverbrauch nach Inlandsprinzip)	HBEFA 2.1 (HBEFA 3.1)	Bundesverkehrszählung	HBEFA 3.1
8	Off-Road	Energiebilanz/Tremod 4.17 – Inlandsprinzip (Energiebilanz/TREMOD 5.04)	Tremod MM/UBA-Ansatz/TREMOD 4.17 (TREMOD MM/Tremod (Modul Flugverkehr)/ TREMOD 5.04)	Kraftstoffverbrauch, Gerätestatistik	spezifische Emissionsfaktoren (TREMOD MM)
9	Abwasser	wurde im Inventar nicht berücksichtigt		Kläranlagenstatistik	spezifische Emissionsfaktoren
10	Landwirtschaft	VTI, GAS-EM Modell (VTI, Haenel et al, 2012; Rösemann et al., 2013)		Viehbestände	spezifische Emissionsfaktoren (Thünen-Report)

3 Vorgehensweise beim Abgleich der Emissionsinventare

Im Folgenden soll die Vorgehensweise beim Abgleich der unterschiedlichen Emissionsinventare auf der Gemeindeebene beschrieben werden.

Die Emissionen aus dem LUBW-Emissionsinventar sind auf der Gemeindeebene verfügbar. Die räumlich aufgelösten Emissionen vom PAREST und LUFT2030 sind dagegen auf der Kreisebene oder in einer 1min x 1min- Auflösung verfügbar. Demzufolge war es notwendig, die Emissionen auf der Rasterebene auf die Gemeindeebene zu übertragen, damit eine Grundlage zur Durchführung des Abgleichs geschaffen werden konnte.

Die Verwaltungsgrenzen für Deutschland können vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG 2013) bezogen werden. Im Rahmen dieses Vorhabens wurden die Verwaltungsgrenzen mit dem Stand vom 31.12.2013 verwendet. Infolgedessen war es auch notwendig die Emissionen des LUBW-Inventars auf die geänderte Struktur der Gemeindegrenzen anzupassen.

Die Zusammenführung der Gemeindegrenzen in Baden-Württemberg mit dem PAREST-Gitter ist in Abbildung 3-1 veranschaulicht: Links in der Abbildung sind die Verläufe der Gemeindegrenzen, in der Mitte das PAREST-Gitter in 1min-Auflösung und rechts die zusammengeführte Information aus PAREST-Gitter und Gemeindegrenzen zu sehen.

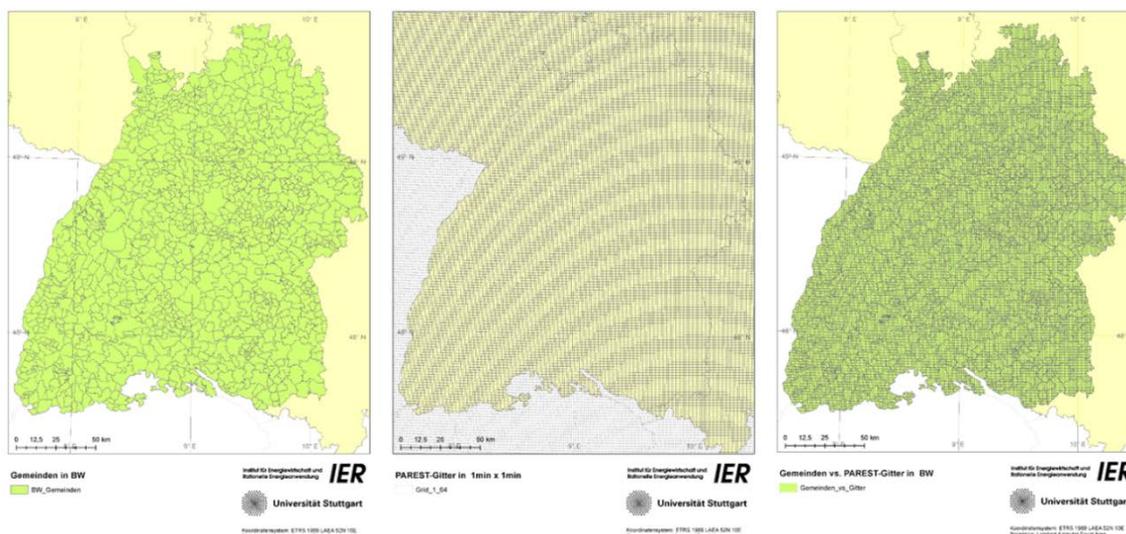


Abbildung 3-1: Zusammenführung von Gemeindegrenzen und Parest-Gitter

Räumliche Auflösung

In diesem Kapitel wird das prinzipielle Vorgehen bei der Berechnung der räumlich hochaufgelösten Emissionsdatensätze für das PAREST-Projekt kurz beschrieben. Eine detaillierte Modellbeschreibung und die exemplarische Ergebnisse sind im (Thiruchittampalam et al. 2010) dokumentiert.

Generell gibt es zwei Möglichkeiten die räumliche Verteilung von Emissionen durchzuführen: den top-down Ansatz und den bottom-up Ansatz

Beim top-down Ansatz geht es darum, ein übergeordnetes System unter Zuhilfenahme von zusätzlichen Informationen in seine Teilsysteme aufzuteilen. Im Gegensatz dazu werden beim bottom-up Ansatz im Zusammenhang stehende Einzelsysteme zu einem übergeordnetem System zusammengefasst. Im Rahmen des PAREST Projektes kam der top-down Ansatz zur Anwendung.

Die räumliche Verteilung der nationalen Emissionsinventare findet im Wesentlichen in zwei Teilschritten statt:

Im ersten Schritt werden die Emissionen auf administrative Einheiten verteilt, basierend auf regional verfügbaren sektorspezifischen Parametern (**Regionalisierung**).

Im zweiten Schritt werden die regionalisierten sektoralen Emissionen innerhalb der administrativen Einheit anhand georeferenzierter Verteilparameter auf der Ebene der Gitterzellen berechnet (**Gitterverteilung**).

Die wichtigsten Schritte der top-down Methode bzgl. der räumlichen Verteilung der Emissionen sind in Abbildung 3-2 schematisch dargestellt.

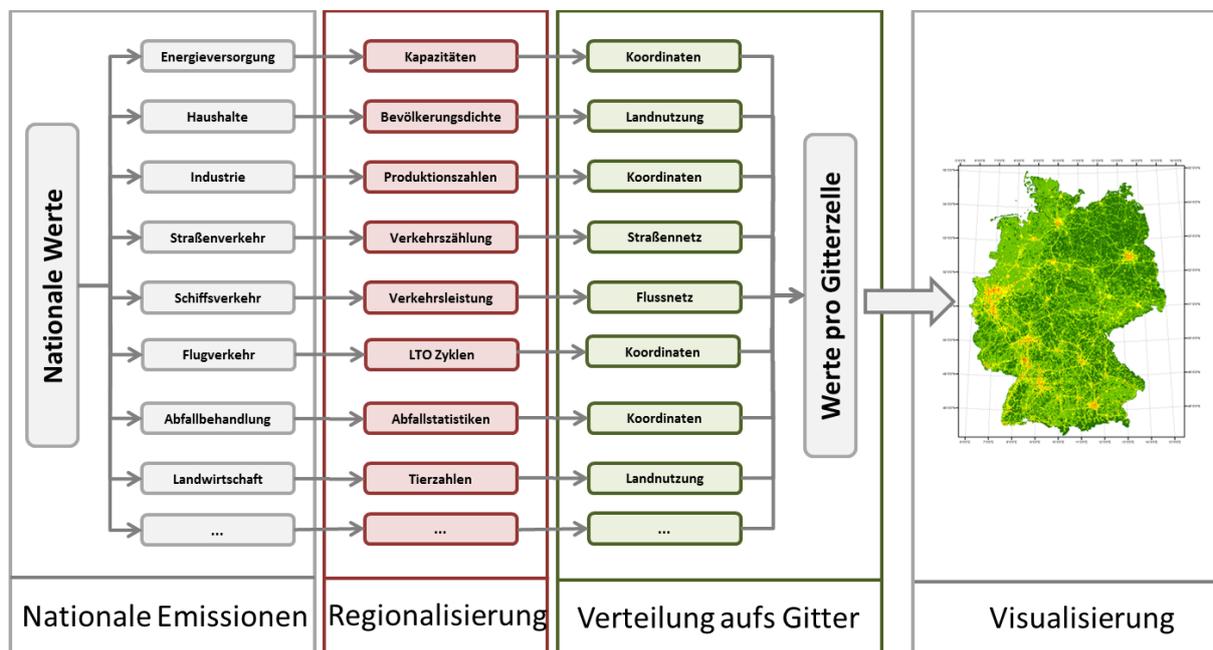


Abbildung 3-2: Schematische Darstellung der räumlichen Auflösung von Emissionen (Thiruchittampalam et al. 2010)

Da die räumlichen Eigenschaften der Emissionsquellen sich voneinander unterscheiden, betrachtet man diese als Punktquellen, Linien- oder Flächenquellen. Punktquellen (z.B. Industrieanlagen) können anhand von Koordinaten eindeutige geographisch lokalisiert werden.

Linienquellen (z.B. Verkehrswege) kennzeichnen sich durch eine linienhafte, Flächenquellen (z.B. Landnutzungsklassen) durch eine flächenhafte Ausdehnung aus.

Im Folgenden werden die unterschiedlichen methodischen Vorgehensweisen für die drei genannten Quellenkategorien beschrieben.

Punktquellen

Punktquellen haben einen bedeutenden Einfluss auf die regionale und globale Luftqualität. Diese Quellen können anhand von Adressdaten oder genaueren Koordinaten eindeutig geographisch als ein Punkt auf der Karte lokalisiert werden. Betrachtet man die möglichen Quellengruppen die als Punktquellen definiert werden können, dann unterscheidet man folgende:

- Energie: Kraftwerke, Mineralöl- und Gasraffinerien, etc. (SNAP¹⁶ 1)
- Prozesse: Industrieanlagen zur Herstellung und Verarbeitung von Metallen, Anlagen der Mineralverarbeitende Industrie, Anlagen der chemische Industrie, etc. (SNAP 3, SNAP 4)
- Abfall und Abwasser: Müllverbrennungs- und Abwasserbehandlungsanlagen (SNAP 9)
- Landwirtschaft: Anlagen zur Intensivhaltung oder -aufzucht (z.B. von Geflügel oder Schweinen)
- Flughäfen (SNAP 8)

Als Grundlage für die genaue Erfassung von Punktquelle können beispielweise folgende Quellen herangezogen werden: Kraftwerksdatenbanken, Herstellerverzeichnisse der metallverarbeitenden Industrien (Metall Producers of the World), Herstellerverzeichnisse der mineralverarbeitenden Industrien (Industrial Minerals Directory, Global Cement Directory), Verbandsmitgliederlisten.

Bei der räumlichen Verteilung der durch Feuerungsprozesse verursachten Emissionen wurden neben der Leistung der Kraftwerke auch die eingesetzten Energieträger berücksichtigt.

Linienquellen

Emissionsquellen, die als Linien identifiziert werden, stellen hauptsächlich Verkehrswege dar. Im Rahmen dieses Projektes werden folgende Verkehrsmodi als Linienquellen betrachtet:

¹⁶In CORINAIR verwendetes Kodierungssystem für emissionsverursachende technische Prozesse und Verfahren, SNAP-Nomenklatur (SNAP = Selected Nomenclature for Air Pollution)

- Straßenverkehr (SNAP 7)
- Schienenverkehr (SNAP 8)
- Binnenverkehr auf Flüssen und Kanälen (SNAP 8)

Die erste Verteilung der Emissionen für Linienquellen findet anhand von Verkehrsflüssen auf die Kreise statt. Auf Basis dieser Ergebnisse ist es möglich, die Emissionen innerhalb eines Kreises auf die einzelnen Straßenabschnitte und daraus wiederum auf einzelne Gitterzellen aufzulösen. Die Emissionen auf Kreisebene werden mit Hilfe der Verkehrsstärke und der Straßenlänge innerhalb einer Zelle auf die einzelnen Zellen heruntergebrochen. „Die Straßenabschnitte werden mit dem Gitter überlagert, um zu berechnen, welche Streckenabschnittslängen in welchen Gitterzellen liegen. Die Emissionen des ganzen Streckenzugs werden schließlich gewichtet mit den Abschnittslängen auf die einzelnen Zellen verteilt“. Das beschriebene Prinzip ist ebenso auf alle anderen linienhaften Verkehrsmodi übertragbar, allerdings ist es notwendig, Parameter wie Verkehrsstärke und auch Länge der Teilabschnitte zu kennen. Fehlen entsprechende Informationen, sind auch vereinfachte Ansätze wie beim Schienenverkehr denkbar. Dabei wurde aufgrund fehlender Information nur auf die Streckenlänge als Verteilparameter zurückgegriffen.

Flächenquellen

Neben Punkt- und Linienquellen unterscheidet man als dritte Quellenkategorie die Flächenquellen. Diese Bezeichnung wird für alle Quellen verwendet, die entweder aus vielen einzelnen Quellen bestehen (z.B. Kleinf Feuerungen in Haushalten), oder aufgrund der Quellenstruktur nicht eindeutig lokalisierbar sind (z.B. landwirtschaftliche Nutzflächen, naturnahe Flächen).

Als Flächenquellen werden alle Emissionen eingeordnet, welche entweder aufgrund fehlender Informationen nicht als Punkt oder Linienquelle beschrieben werden können oder aufgrund der flächenhaften Ausdehnung als Flächenquelle verteilt werden.

Die räumliche Auflösung von Flächenquellen ist in zwei Teilschritte untergliedert. Der erste Teilschritt beschreibt die Verteilung der Emissionen auf die Kreisebene, und der zweite Teil beschreibt die Rasterauflösung. Die räumliche Verteilung der Flächenquellen auf die Kreise wird anhand von sozioökonomischen Informationen wie beispielsweise Beschäftigtenzahlen untergliedert nach Wirtschaftszweigen oder landwirtschaftlichen Tierzahlen durchgeführt. Die Gitterzuordnung für die Emissionen resultiert aus der Zuordnung der betreffenden Emissionsquellen zur zugehörigen Landnutzungs-kategorie.

4 Vergleich des Emissionsinventars auf Landesebene

4.1 Vergleich der NO_x- und NH₃-Emissionen aus LUBW-Inventar und PAREST

In einem ersten Schritt werden die Unterschiede zwischen den Inventaren auf der Landesebene betrachtet. Dazu wurden die Emissionen, welche zuvor auf der Gemeindeebene aggregiert wurden, für Baden-Württemberg in der SNAP-Quellengruppensystematik zusammengefasst (siehe EEA 1996). Die Gesamtsumme der NO_x-Emissionen im Jahr 2010 betragen beim LUBW-Inventar 127.745 t und die aggregierten PAREST NO_x-Emissionen betragen 135.177t.

Abbildung 4-1 zeigt den Vergleich der PAREST- und LUBW-Inventare für NO_x zusammengefasst für Baden-Württemberg (BW). Wie auch aus der Abbildung 4-1 zu ersehen, stimmen die meisten Sektoren zwischen den zwei Inventaren gut überein. Die wesentlichen Unterschiede zwischen den Inventaren ist vor allem auf die geringeren Emissionen beim LUBW-Inventar aus dem Sektor Industrie und dem Sektor Off-Road zurückzuführen.

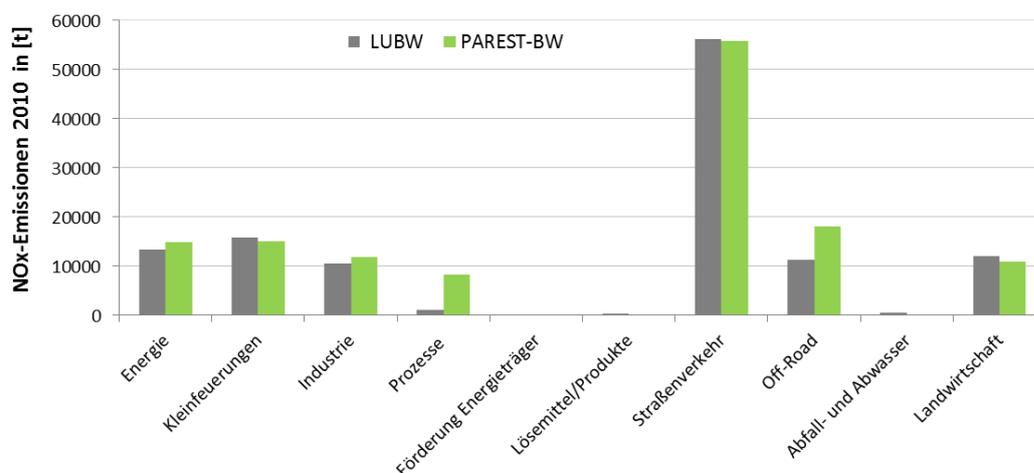


Abbildung 4-1: Vergleich der NO_x-Gesamtemissionen zwischen dem LUBW-Inventar und PAREST in Baden-Württemberg

Während die NO_x-Emissionen aus PAREST für meisten Quellengruppen etwas höher sind, sind beim LUBW-Inventar die Emissionen aus den Kleinfeuerungen und dem Abfall/Abwasser (in PAREST nicht erfasst) um ca. 600 t höher; für die Landwirtschaft bei LUBW um ca. 1168 t höher.

Der Vergleich der NH₃-Emissionen für BW zeigt ebenfalls eine hohe Übereinstimmung auf der Landesebene. Die wichtigste Quellengruppe für Ammoniakemissionen - mit über 90 % an den gesamten NH₃-Emissionen - ist mit Abstand die Landwirtschaft. Die Summe der Ammoniakemissionen für BW stimmt mit 48.600 t für das LUBW-Inventar und 53.964 t für das PAREST-Inventar relativ gut überein. Abbildung 4-2 zeigt den Vergleich zwischen dem Inventaren für NH₃ in der SNAP-Sektoreinteilung. Wesentliche Unterschiede zwischen den beiden Inventaren sind bei der Landwirtschaft, bei der Abfall- und Abwasserbehandlung sowie beim Straßenverkehr zu beobachten. Die größte Differenz kann bei der Landwirtschaft mit 5259 t beobachtet werden, bei der die PAREST-Emissionen überwiegen. Das LUBW-Inventar weist höhere Emissionen für die Abfall- und Abwasserbehandlung mit 2605 t und beim Straßenverkehr mit 1501 t aus.

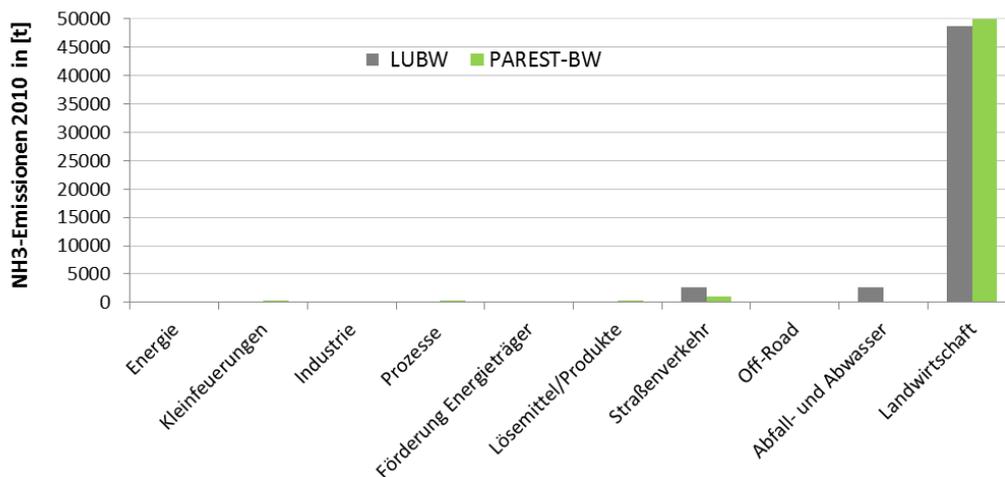


Abbildung 4-2: Vergleich der NH₃-Gesamtemissionen zwischen dem LUBW-Inventar und PAREST in Baden-Württemberg (NH₃, Landwirtschaft 53.964 t)

4.2 Vergleich der NO_x- und NH₃-Emissionen aus LUBW-Inventar und LUFT2030

Der Vergleich der NO_x- und NH₃-Emissionen aus LUFT2030 mit dem LUBW-Inventar wurde im Gegensatz zu den PAREST-Emissionen bezogen auf die Gesamtgemeindefläche berechnet. Ein weiterer Unterschied ist die Umrechnung der Emissionen auf den Stickstoffanteil. Daneben wurden die NO-Emissionen ebenfalls zu den NO_x-Emissionen ergänzt. Zur Umrechnung der NO_x-Emissionen wurde der Faktor 3,2075 zugrunde gelegt und mit den folgenden Formel zusammenfasst:

$$\text{NO}_x = 0,067 * \text{NO}/\text{N} + 0,933 * \text{NO}_2/\text{N}.$$

Zur Berechnung des Umrechnungsfaktors wurden folgende Atommassen zugrunde gelegt: N = 14,007 und O = 15,999. Die Faktoren (0,067 und 0,933) zur Gewichtung der Umrechnungsfaktoren von NO und NO₂ wurden aus dem Gesamtverhältnis von NO und NO₂ aus dem LUBW-Inventar ermittelt.

In der Summe wurden für BW beim LUBW-Inventar 10,4 kgN/ha und bei LUFT2030 12,6 kgN/ha berechnet. Abbildung 4-3 zeigt die sektoralen Unterschiede für NO_x-Emissionen zwischen den zwei Inventaren für BW. Der auffälligste Unterschied zum Vergleich mit den PAREST-Emissionen sind die höheren LUFT2030-Emissionen bis auf die NO_x-Emissionen aus Kleinf Feuerungen. Die größten Unterschiede sind bei den Sektoren Industrie, Straßenverkehr und Prozesse zu erkennen.

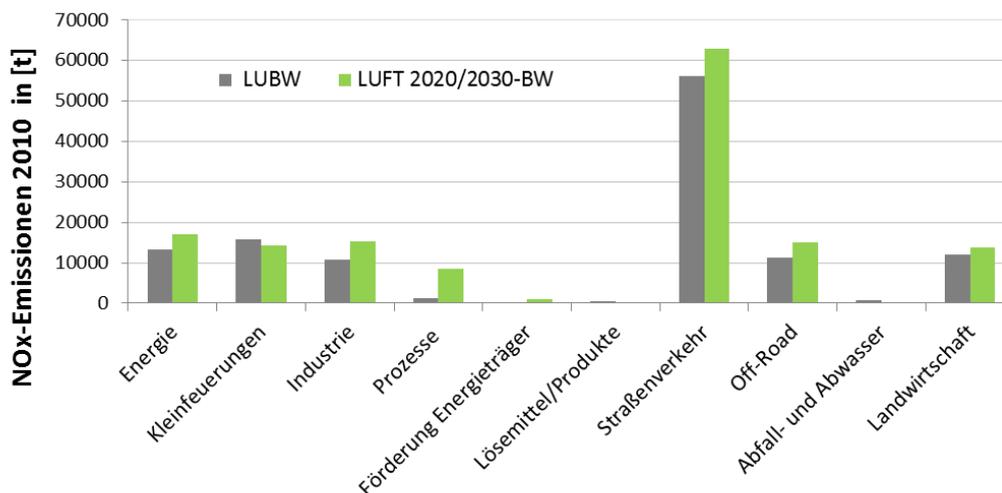


Abbildung 4-3: Vergleich der NO_x-Emissionen zwischen LUBW-Inventar und LUFT2030 in Baden-Württemberg

Die Umrechnung der Ammoniakemissionen auf Stickstoff wurde mit dem Umrechnungsfaktor von 1,22 berechnet. Analog der sektoralen Gegenüberstellung mit den PAREST-Emissionen ist zu sehen, dass der wichtigste Sektor für NH₃-Emissionen die Landwirtschaft darstellt.

Abbildung 4-4 zeigt die Gegenüberstellung des Stickstoffanteils der Ammoniakemissionen bezogen auf die Gesamtgemeindefläche für BW unterschieden nach den SNAP-Hauptkategorien.

Die Gesamtsummen für Ammoniakemissionen in BW sind: LUBW mit ca. 12,5 kgN/ha und LUFT2030 mit ca. 11 kgN/ha. Im Gegensatz zu den NO_x-Emissionen hat bei den Ammoniakemissionen das LUBW-Inventar bei den meisten Quellengruppen höhere Emissionen. Die größten Unterschiede sind neben der Quellengruppe Abfall- und Abwasserbehandlung mit 0,6 kgN/ha vor allem für die Landwirtschaft mit 1,045 kgN/ha zu beobachten.

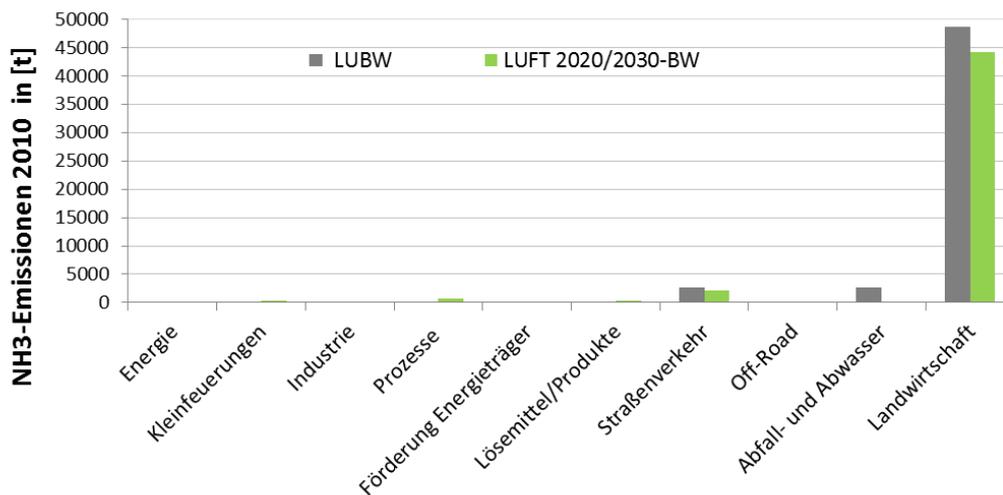


Abbildung 4-4: Vergleich der NH₃-Gesamtemissionen zwischen LUBW-Inventar und LUFT2030 in Baden-Württemberg

4.3 Vergleich der räumlich aufgelösten N₂O-Emissionen aus LUBW-Inventar und dem ZSE

Aufgrund fehlender Daten zu Lachgasemissionen in Baden-Württemberg wurden Emissionen aus dem Zentralen System Emissionen (ZSE) des Umweltbundesamtes als Eingangsdaten verwendet, um die räumliche Verteilung mittels des PAREST-Modells (siehe Thiruchittampalam et al. 2010) durchzuführen.

Die Umrechnung der Lachgasemissionen in Stickstoff wurde mit einem Umrechnungsfaktor von 3,28 durchgeführt.

Der Vergleich des Stickstoffanteils der Lachgasemissionen zeigt ein ähnliches Bild wie bei den Ammoniakemissionen. Die Gesamtsumme für Baden-Württemberg entspricht sowohl beim LUBW-Inventar als auch bei den aggregierten räumlich aufgelösten ZSE-Emissionen ca. 1,5 kgN/ha (vgl. Abbildung 4-5). Die größten Unterschiede sind bei der Landwirtschaft mit ca. 0,18 kgN/ha und ca. 0,17 kg/ha bei industriellen Produktionsprozessen zu finden.

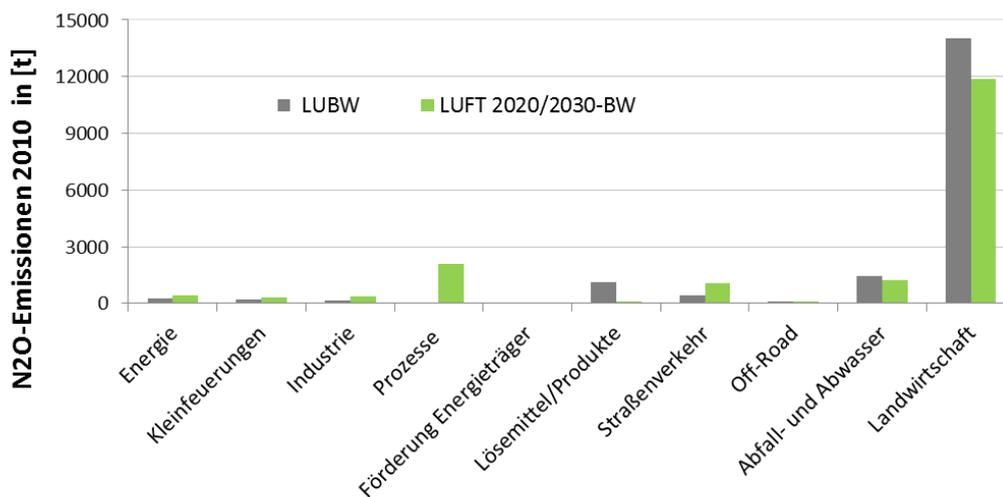


Abbildung 4-5: Vergleich der räumlich aufgelösten N₂O-Emissionen zwischen LUBW-Inventar und ZSE in Baden-Württemberg

5 Gegenüberstellung der Emissionen auf Gemeindeebene

5.1 Vergleich der NO_x-Emissionen aus LUBW-Inventar und PAREST pro Gemeinde, Beispiel Straßenverkehr

Im Folgenden werden die Unterschiede zwischen den Inventaren auf der Gemeindeebene diskutiert. Trotz methodischer Unterschiede zwischen dem bottom-up Inventars vom LUBW und dem top-down Inventaren aus PAREST oder LUFT2030 können hohe Korrelationen zwischen den Emissionen beobachtet werden. Die Unterschiede zwischen den Inventaren für alle SNAP-Kategorien sind im Anhang zu finden.

Abbildung 5-1 zeigt die Korrelation zwischen den NO_x-Straßenverkehrsemissionen aus dem LUBW-Inventars und PAREST pro Gemeinde. Wie auch aus der Abbildung 5-1 hervorgeht konnte bei der Gegenüberstellung der NO_x-Emissionen aus dem Straßenverkehr ein Korrelationskoeffizient von $R = 0,93$ beobachtet werden.

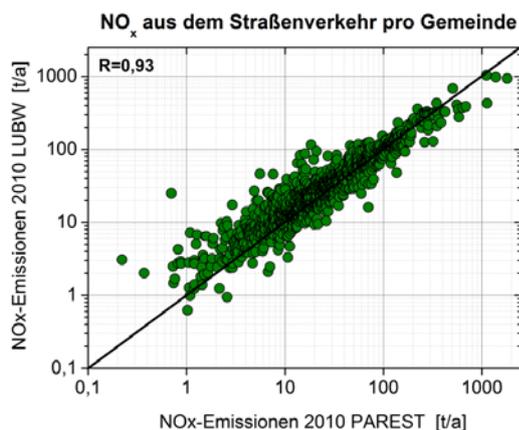
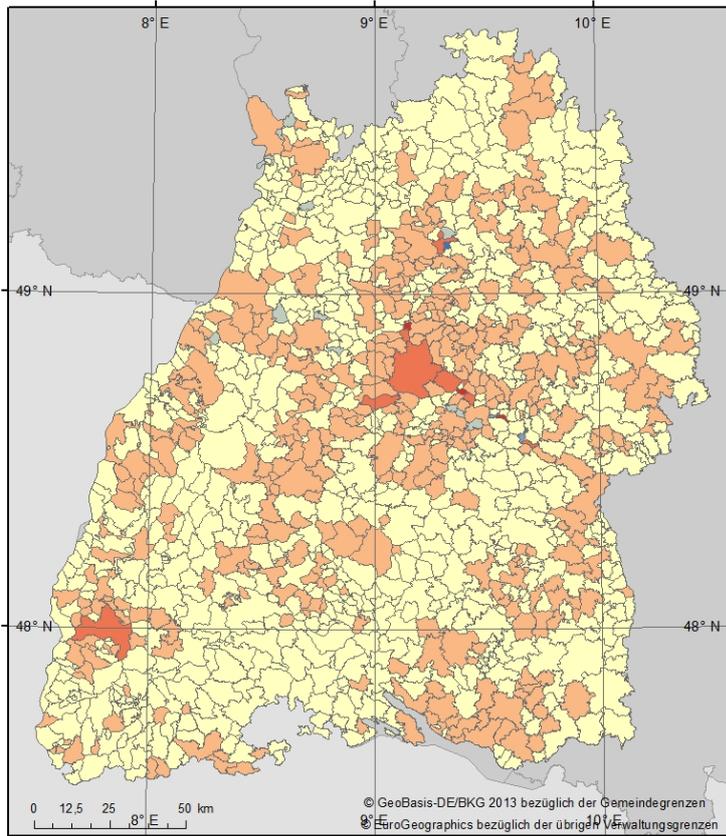
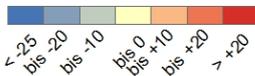


Abbildung 5-1: Korrelation der NO_x-Straßenverkehrsemissionen auf Gemeindeebene zwischen LUBW-Inventar und PAREST in Baden-Württemberg

Eine weitere Möglichkeit, um vor allem die räumlichen Unterschiede besser herauszustellen ist in Abbildung 5-2 zu sehen. Abbildung 5-2 zeigt, in welchen Gemeinden die Emissionen aus dem LUBW-Inventar die Emissionen aus PAREST übersteigen (Werte größer 0, d.h. rötliche Färbung) und in welche Gemeinden die Emissionen aus PAREST höher sind (Werte kleiner 0, d.h. bläuliche Färbung). Beim LUBW-Inventar sind vor allem in den Großstädten wie Stuttgart, Freiburg, Karlsruhe, etc. höhere Emissionen zu sehen. Der höchste Unterschied ist in Stuttgart mit 870 t zu finden. Höhere Emissionen beim PAREST-Inventar sind dagegen eher in Gebieten mit geringerer Bevölkerungsdichte zu erwarten, z.B. in Sinsheim mit 179 t. Die Ursachen für die Unterschiede in einzelnen Gemeinden sind in Kapitel 5.7 erläutert.



Differenz LUBW-PAREST: NO_x-Emissionen 2010
aus dem Straßenverkehr pro Gemeinde in [kgN/ha]



Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

Universität Stuttgart

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N
Projection: Transverse Mercator

Abbildung 5-2: Differenz der NO_x-Straßenverkehrsemissionen auf Gemeindeebene zwischen LUBW-Inventar und PAREST in Baden-Württemberg

5.2 Vergleich der NH₃-Emissionen aus LUBW-Inventar und PAREST pro Gemeinde, Beispiel Landwirtschaft

Der Vergleich der absoluten Ammoniakemissionen pro Gemeinde in Baden-Württemberg zwischen den Inventaren LUBW und PAREST zeigt eine ähnlich gute Korrelation wie bei den NO_x-Emissionen. Wie auch aus der Abbildung 5-3 hervorgeht, ergibt die Korrelation zwischen den landwirtschaftlichen NH₃-Emissionen aus dem LUBW-Inventars und PAREST einen Korrelationskoeffizienten von $R = 0,93$.

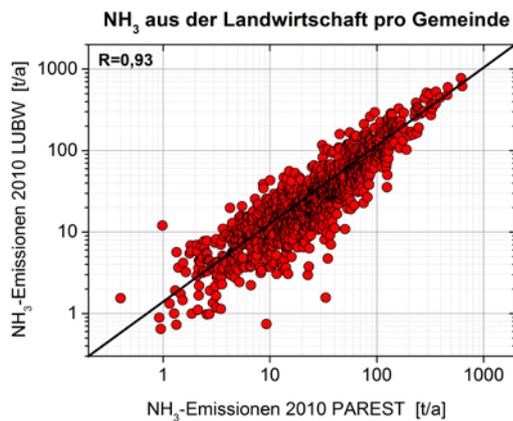
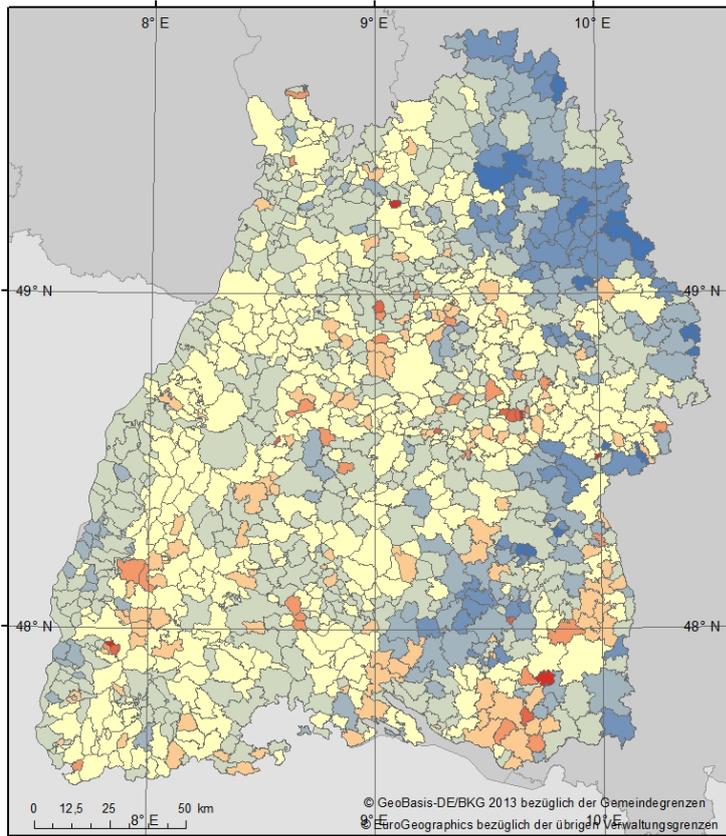
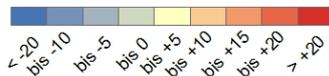


Abbildung 5-3: Korrelation der landwirtschaftlichen NH₃-Emissionen auf Gemeindeebene zwischen LUBW-Inventar und PAREST in Baden-Württemberg

Die räumlichen Differenzen auf der Gemeindeebene für Ammoniakemissionen sind in Abbildung 5-4 zu sehen. Insgesamt betrachtet sind höhere Ammoniakemissionen bei dem LUBW-Inventar eher in städtischeren Gebieten mit geringer landwirtschaftlicher Fläche zu finden (Werte größer 0, d.h. rötliche Färbung). Höhere Emissionen beim PAREST-Inventar sind dagegen in Gebieten mit hoher Landwirtschaftsfläche wahrscheinlicher. Die größte Differenz, bei der die LUBW-Emissionen aus der Landwirtschaft höher sind als die Emissionen von PAREST, ist in der Gemeinde Freiamt mit 89 t zu finden. Die höchsten NH₃-Emissionen wurden in PAREST in der Gemeinde Crailsheim berechnet und die Differenz zu den LUBW-Emissionen beträgt 219 t. Die Ursachen für die Unterschiede in einzelnen Gemeinden sind in Kapitel 5.7 erläutert.



Differenz LUBW- PAREST: NH₃-Emissionen 2010
aus der Landwirtschaft pro Gemeinde in [kgN/ha]



Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

Universität Stuttgart

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N
Projection: Transverse Mercator

Abbildung 5-4: Unterschiede der NH₃-Emissionen aus der Landwirtschaft auf Gemeindeebene zwischen LUBW-Inventar und PAREST in Baden-Württemberg

5.3 Vergleich der NO_x-Emissionen aus LUBW-Inventar und LUFT2030 pro Gemeinde, Beispiel Straßenverkehr

Die Gegenüberstellung des flächenbezogenen Stickstoffanteils aus NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs zeigt ebenfalls eine gute Korrelation zwischen den Inventaren LUBW und LUFT2030. Während die Emissionsberechnung in PAREST für das Jahr 2010 auf Prognosen beruhte, wurden bei der Emissionsberechnung in LUFT2030 verstärkt auf erhobene Daten zurückgegriffen. Infolgedessen ist die Annahme zulässig, dass die Emissionen aus dem LUFT2030-Projekt und somit auch die räumliche Verteilung aktueller sind.

Abbildung 5-5 zeigt die Korrelation zwischen den NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs aus dem LUBW-Inventars und LUFT2030. Wie auch aus Abbildung 4.5 zu entnehmen ist, konnte für den linearen Zusammenhang zwischen den beiden Inventaren ein Korrelationskoeffizient von $R = 0,89$ bestimmt werden.

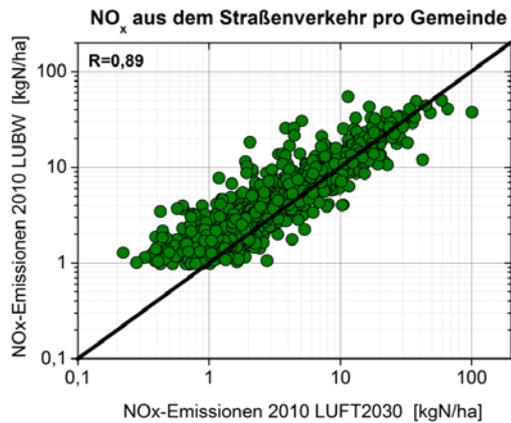
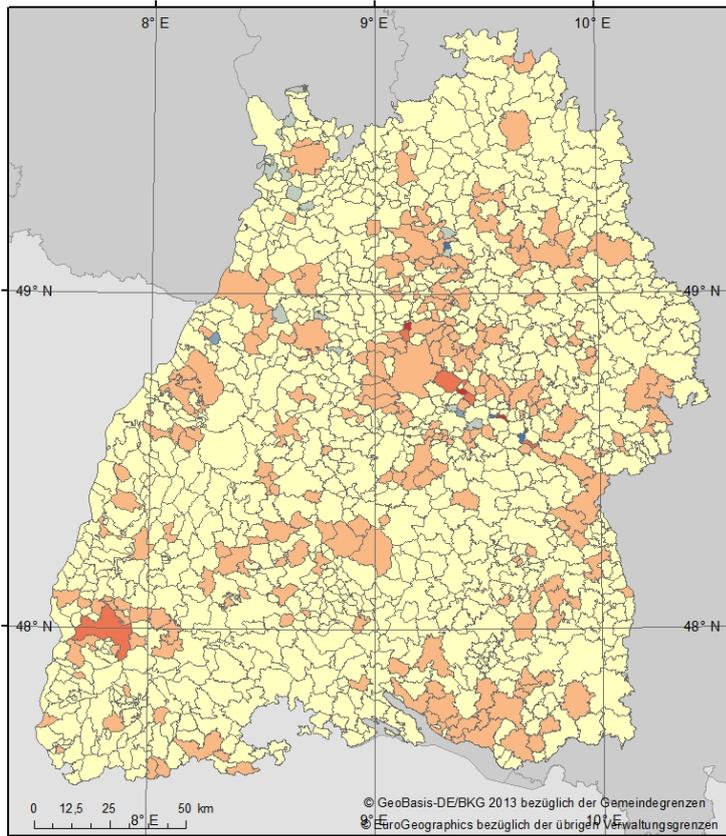
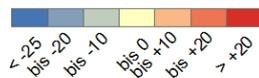


Abbildung 5-5: Korrelation der NO_x-Straßenverkehrsmmissionen auf Gemeindeebene zwischen LUBW-Inventar und LUFT2030 in Baden-Württemberg

Der Vergleich der NO_x-Emissionen aus dem Straßenverkehr auf der Gemeindeebene zeigt im Gegensatz zu den Korrelationskoeffizienten, aber auch im Vergleich zu der Gegenüberstellung der absoluten Emissionen einen deutlichen Unterschied. Die Differenzen der flächenbezogenen Stickstoffanteile an den NO_x-Emissionen sind für Baden-Württemberg verhältnismäßig homogen. Wie auch aus Abbildung 5-6 zu ersehen zeigen die allermeisten Gemeinden eine maximale Abweichung von 3 kgN/ha auf. Die Ursachen für die Unterschiede in einzelnen Gemeinden sind in Kapitel 5.7 erläutert.



Differenz LUBW-LUFT2030: NO_x-Emissionen 2010
aus dem Straßenverkehr pro Gemeinde in [kgN/ha]



Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

 **Universität Stuttgart**

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N
Projection: Transverse Mercator

Abbildung 5-6: Differenz der NO_x-Emissionen aus dem Straßenverkehr auf Gemeindeebene zwischen LUBW-Inventar und LUFT2030 für Baden-Württemberg

5.4 Vergleich der NH₃-Emissionen aus LUBW-Inventar und LUFT2030 pro Gemeinde, Beispiel Landwirtschaft

Die Gegenüberstellung des Stickstoffanteils aus den Ammoniakemissionen der Landwirtschaft zeigt eine geringere Korrelation, wenn diese auf die Gemeindefläche bezogen werden, als der Vergleich der absoluten NH₃-Emissionen aus der Landwirtschaft mit PAREST.

Abbildung 5-7 zeigt die Korrelation zwischen den landwirtschaftlichen NH₃-Emissionen aus den Inventaren LUBW und LUFT2030. Die flächenbezogenen Ammoniakemissionen zeigen eine höhere Streuung als bei der Gegenüberstellung der absoluten NH₃-Emissionen von PAREST. Wie auch aus der Abbildung 5-7 hervorgeht, ergibt die Korrelation zwischen den landwirtschaftlichen NH₃-Emissionen aus dem LUBW-Inventar und Luft2030 einen Korrelationskoeffizienten von $R = 0,73$.

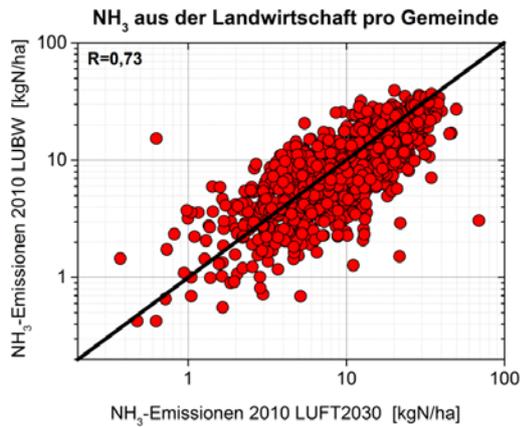
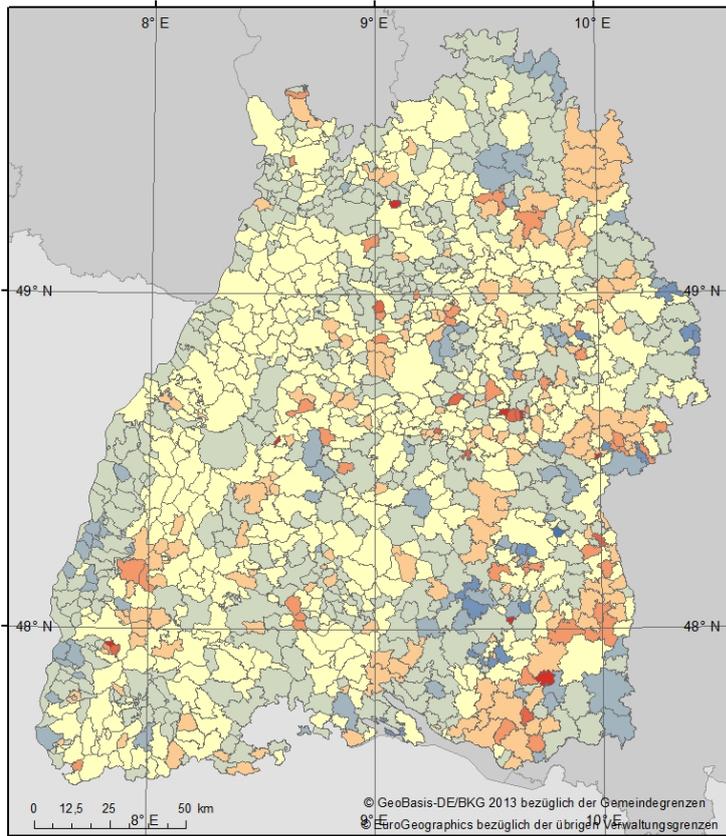
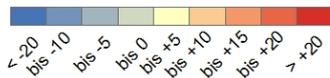


Abbildung 5-7: Korrelation der landwirtschaftlichen NH_3 -Emissionen auf Gemeindeebene zwischen LUBW-Inventar und LUFT2030 in Baden-Württemberg

Der Vergleich der flächenbezogenen Ammoniakemissionen auf der Gemeindeebene in Baden-Württemberg zeigt ein sehr heterogenes Bild. Wie auch aus der Abbildung 5-8 zu entnehmen ist, ist es auf der Basis der flächengewichteten Gegenüberstellung der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft nicht möglich eindeutige Aussagen über die Ursache der Heterogenität der Abweichungen zu machen. Die Ursachen für die Unterschiede in einzelnen Gemeinden sind in Kapitel 5.7 erläutert.



Differenz LUBW-LUFT2030: NH₃-Emissionen 2010
aus der Landwirtschaft pro Gemeinde in [kgN/ha]



Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

 **Universität Stuttgart**

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N
Projection: Transverse Mercator

Abbildung 5-8: Differenz der NH₃-Emissionen aus der Landwirtschaft auf Gemeindeebene zwischen LUBW-Inventar und LUFT2030 für Baden-Württemberg

5.5 Vergleich der N₂O-Emissionen aus LUBW-Inventar und dem ZSE pro Gemeinde, Beispiel Landwirtschaft

Räumlich aufgelöste Lachgasemissionen sind bis dato für Baden-Württemberg – mit Ausnahme des LUBW-Inventars – nicht verfügbar. Infolgedessen wurde im Rahmen dieses Vorhabens national verfügbare Emissionen aus dem Zentralen System Emissionen (ZSE 2013) des Umweltbundesamtes herangezogen, um mit Hilfe des in PAREST entwickelten Emissionsverteilungsmodells (Thiruchittampalam et al. 2010) räumlich zu verorten.

Abbildung 5-9 zeigt die Korrelation zwischen den landwirtschaftlichen N₂O-Emissionen aus dem LUBW-Inventar und den räumlich verteilten ZSE-Emissionen. Der Korrelationskoeffizient von $R = 0,83$ besagt auch für die Lachgasemissionen einen guten Zusammenhang zwischen dem LUBW-Inventar und den räumlichen verteilten ZSE-Emissionen. Die Ursachen für die Unterschiede in einzelnen Gemeinden sind in Kapitel 5.7 erläutert.

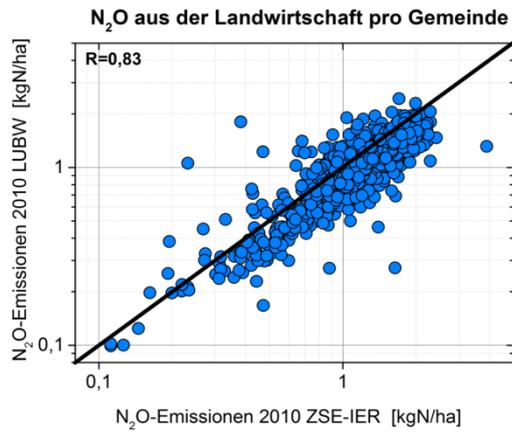
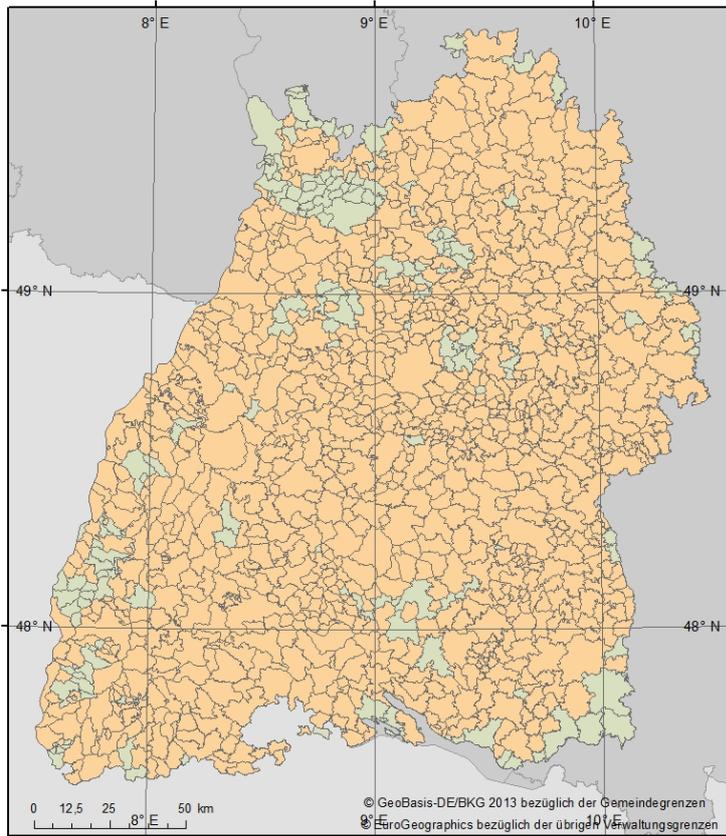
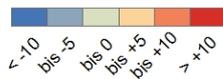


Abbildung 5-9: Korrelation der landwirtschaftlichen N₂O-Emissionen auf Gemeindeebene zwischen LUBW-Inventar und ZSE in Baden-Württemberg

Aus der Abbildung 5-9 wird aber auch ersichtlich, dass die räumlich aufgelösten Lachgasemissionen aus dem ZSE für eine Mehrzahl der Gemeinden geringere Werte aufweisen als die Werte aus dem LUBW-Inventar. Dieser Umstand wird auch durch Abbildung 5-10 bestätigt. Abbildung 5-10 zeigt die Unterschiede zwischen LUBW und den räumlich verteilten ZSE-Emissionen für Lachgas aus der Landwirtschaft auf der Gemeindeebene für BW.



Differenz LUBW-LUFT2030: N₂O Emissionen 2010
aus der Landwirtschaft pro Gemeinde in [kgN/ha]



Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**



Universität Stuttgart

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N
Projection: Transverse Mercator

Abbildung 5-10: Differenz der Lachgas-Emissionen aus der Landwirtschaft auf Gemeindeebene zwischen LUBW-Inventar und ZSE für Baden-Württemberg

5.6 Vergleich der räumlichen Verteilung des Gesamtstickstoffs für alle Sektoren aus LUBW-Inventar und LUFT2030/ZSE

Das eigentliche Ziel dieses Vorhabens ist es, die Verteilung des Gesamtstickstoffs in Baden-Württemberg zu untersuchen und die Unterschiede zwischen den verschiedenen Inventaren zu quantifizieren. Hierzu wurden die Stickstoffanteile der NH₃-, NO_x- und N₂O-Emissionen aus LUFT2030 und ZSE zusammengefasst und den aggregierten LUBW-Emissionen gegenübergestellt. Die Gesamtstickstoffemissionen aus NH₃, NO_x und N₂O pro SNAP-Kategorie sind in Tabelle 8-3 im Anhang zu finden. Tabelle 5-1 zeigt die sektoralen Unterschiede zwischen den Gesamtstickstoffemissionen aus dem LUBW-Inventar und LUFT 2030 auf Landesebene.

Tabelle 5-1: Differenz der Gesamtstickstoffemissionen auf Landesebene aus LUBW-Inventar und LUFT2030 in kg N/ha

SNAP		LUBW	LUFT2030	Differenz LUBW - LUFT2030
1	Energie	1,2	1,5	-0,4
2	Kleinf Feuerungen	1,4	1,3	0,0
3 & 4	Industrie	1,1	2,4	-1,3
5	Förderung Energieträger	0,0	0,1	-0,1
6	Lösemittel/Produktanwendung	0,2	0,1	0,1
7	Straßenverkehr	5,4	5,9	-0,5
8	Off-Road	1,0	1,3	-0,3
9	Abfall- und Abwasser	0,8	0,1	0,7
10	Landwirtschaft	13,4	12,4	1,1
	Summe	24,4	25,1	-0,7

In Tabelle 5-1 ist zu sehen, dass die Gesamtstickstoffemissionen aus dem LUBW-Inventar gut mit dem LUFT2030-Inventar übereinstimmen. Es konnte eine geringe Abweichung von ca. 3 % festgestellt werden. Die größten Unterschiede sind bei der Landwirtschaft und bei industriellen Produktionsprozessen zu sehen. Die Differenzen bei den Produktionsprozessen (genehmigungsbedürftige Anlagen) können mit unterschiedlichen Berechnungsgrundlagen der Emissionen in beiden Inventaren erklärt werden. Die Emissionen für diese Quellengruppe im LUBW-Inventar basieren vor allem auf den von Anlagenbetreibern in den Emissionserklärungen gemeldeten Emissionsfrachten. Die Emissionen aus industriellen Prozessen im LUFT 2030-Inventar wurden dagegen auf Basis von im ZSE hinterlegten Produktionsstatistiken und entsprechenden prozessspezifischen Emissionsfaktoren berechnet. Für den Sektor Tierhaltung konnte eine gute Übereinstimmung zwischen den Inventaren festgestellt werden. Dagegen sind die Emissionen aus der Landnutzung im LUBW-Inventar wesentlich höher.

Diese Unterschiede sind damit zu erklären, dass im LUFT 2030-Inventar keine „natürlichen Emittenten“ wie z.B. Naturböden, Gewässer/Feuchtgebiete und Wildtiere enthalten sind.

Abbildung 5-11 zeigt die Korrelation zwischen dem Gesamtstickstoff aus den Schadstoffen NH_3 , NO_x und N_2O aus dem LUBW-Inventar und den räumlich verteilten ZSE-Emissionen. Der Korrelationskoeffizient von $R = 0,95$ zeigt, dass der Gesamtstickstoff aus den Schadstoffen NH_3 , NO_x und N_2O zwischen den Inventaren eine höhere Korrelation aufzeigt als jede einzelne Komponente und Sektor für sich.

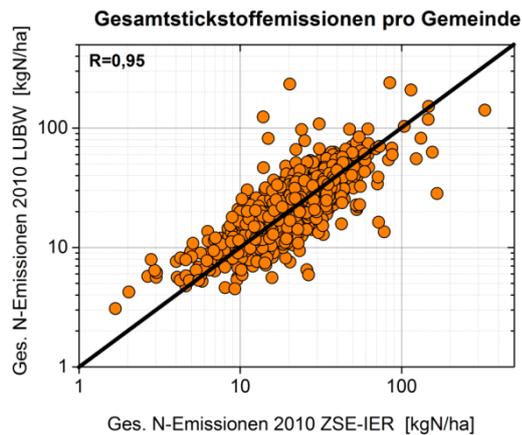
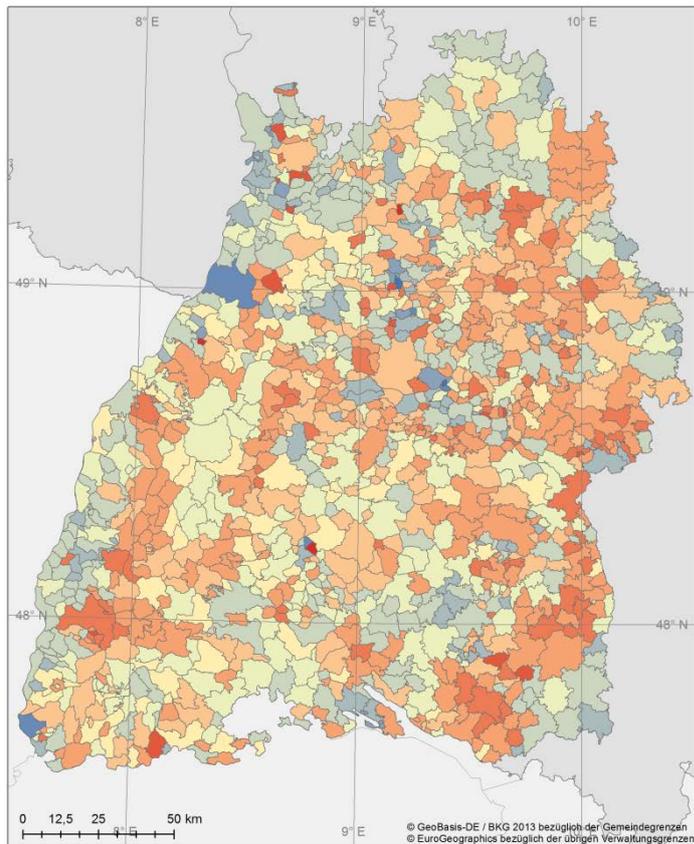
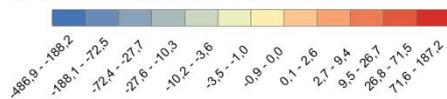


Abbildung 5-11: Korrelation des Gesamtstickstoffs aus den Schadstoffen NH_3 , NO_x und N_2O auf Gemeindeebene zwischen LUBW-Inventar und ZSE in Baden-Württemberg

Die Ursache für den höheren Zusammenhang des Gesamtstickstoffs in Relation zu den Einzelsektorvergleichen, liegt in der Kompensation der Unterschiede zwischen den Schadstoffen und den Sektoren. Abbildung 5-12 zeigt, dass trotz der hohen Korrelation der Gesamtemissionen, die Unterschiede auf der Gemeindeebene zwischen LUBW und den räumlich verteilten auf LUFT2030 und ZSE für den Gesamtstickstoff aus den Schadstoffen NH_3 , NO_x und N_2O für alle Quellengruppen teilweise groß sein können (siehe auch Abbildungen 5-13 bis 5-15).



Differenz LUBW- IER: Gesamt N- Emissionen 2010
aus allen Sektoren pro Gemeinde in [kgN/ha]



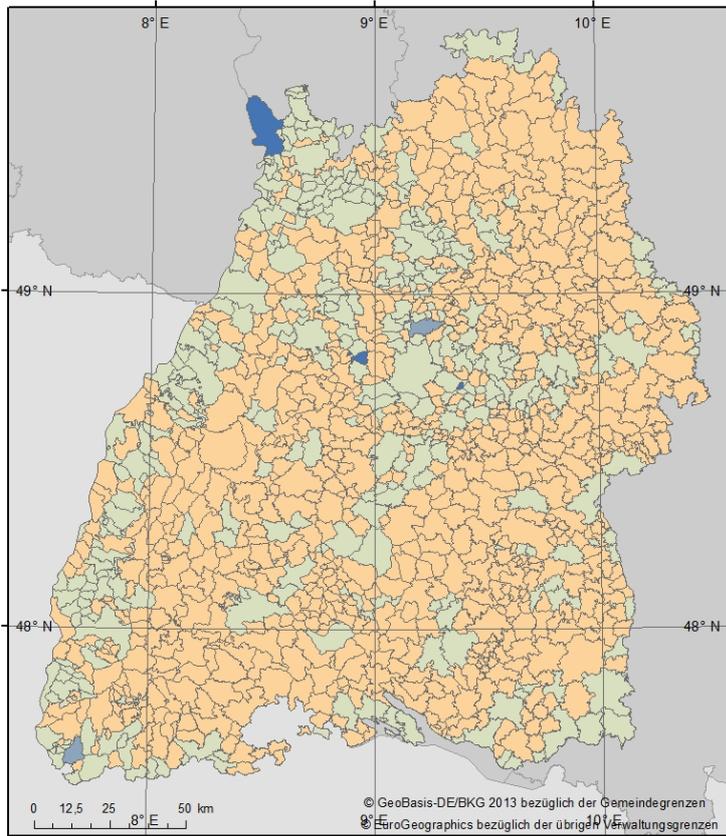
Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**



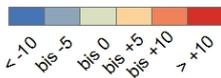
Universität Stuttgart

Koordinatensystem: ETRS 1989 LAEA 52N 10E
Projektion: Lambert Azimutal Equal Area

Abbildung 5-12: Differenz des Gesamtstickstoffs aus den Luftschadstoffen NH₃, NO_x und N₂O für alle Quellengruppen auf Gemeindeebene zwischen LUBW-Inventar und LUFT2030 in Baden-Württemberg (Klassengrenzen nach ArcMap 10.2.1; die feine Differenzierung bei < 20 kg N/ha ist für NH₃-Wirkungsfragen von Interesse)



Differenz LUBW-IER: N₂O-Emissionen 2010
aus allen Sektoren pro Gemeinde in [kgN/ha]

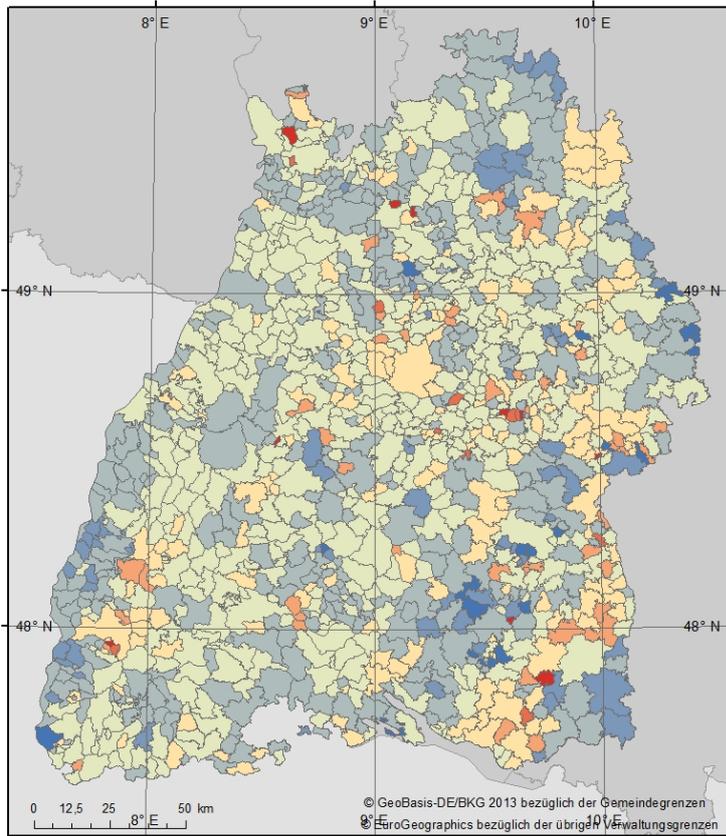


Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

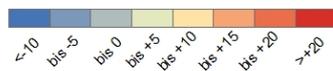
 **Universität Stuttgart**

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N
Projection: Transverse Mercator

Abbildung 5-13: Differenz der N₂O-Emissionen auf Gemeindeebene für alle Quellengruppen zwischen LUBW-Inventar und LUFT2030 in Baden-Württemberg



Differenz LUBW-IER: NH₃-Emissionen 2010
aus allen Sektoren pro Gemeinde in [kgN/ha]

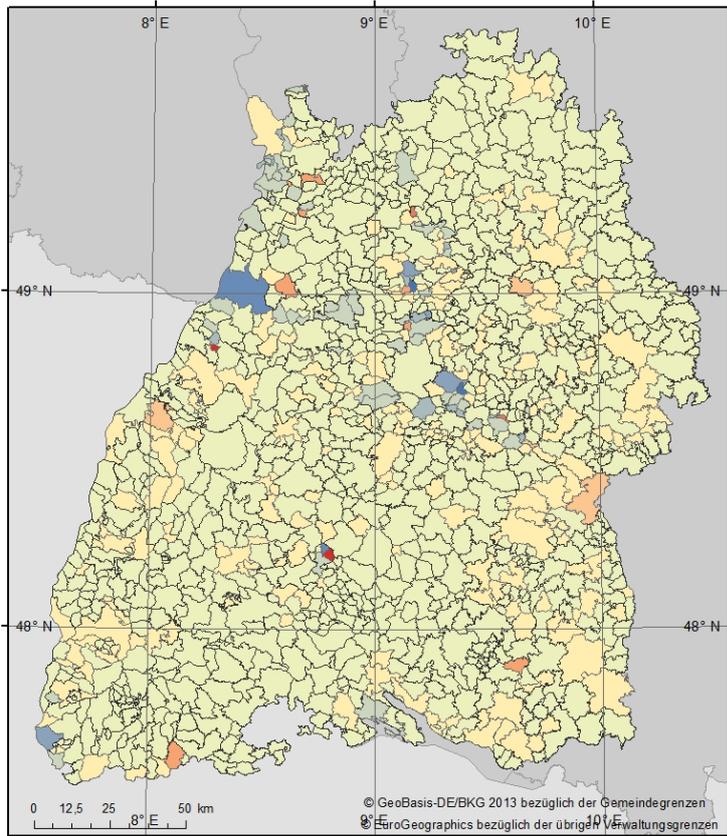


Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

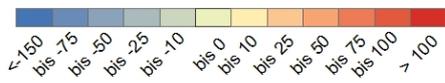
 **Universität Stuttgart**

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N
Projection: Transverse Mercator

Abbildung 5-14: Differenz der NH₃-Emissionen auf Gemeindeebene zwischen LUBW-Inventar und den räumlich verteilten LUFT2030-Emissionen für alle Quellengruppen



**Differenz LUBW-IER: NO_x-Emissionen 2010
aus allen Sektoren pro Gemeinde in [kgN/ha]**



Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung **IER**

 **Universität Stuttgart**

Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N
Projection: Transverse Mercator

Abbildung 5-15: Differenz der NO_x-Emissionen auf Gemeindeebene für alle Quellengruppen zwischen LUBW-Inventar und LUFT2030 in Baden-Württemberg

5.7 Datenanalyse auf Gemeindeebene

In diesem Kapitel werden die Ursachen für die Unterschiede in einzelnen Gemeinden erläutert. Dafür wurden exemplarisch fünf Gemeinden ausgewählt (städtisch/ländlich geprägt): SKR Stuttgart, SKR Karlsruhe, SKR Mannheim, Gemeinde Isny im Allgäu (LKR Ravensburg) und Gemeinde Schöntal (LKR Hohenlohekreis).

Tabelle 5-2- bis Tabelle 5-6 zeigen die sektorspezifischen Gesamtstickstoffemissionen für die oben genannten Gemeinden.

SNAP1/SNAP 3&4- Energie (Strom- und Wärmebereitstellung inkl. Abfallverbrennung)/Industrie

In Stadtkreisen Stuttgart, Karlsruhe und Mannheim sind die Emissionen der Sektoren Energie und Industrie im IER-Inventar deutlich höher. Das ist damit zu erklären, dass die Emissionsberechnung für diese Sektoren auf den durchschnittlichen Emissionsfaktoren für BRD basiert, die noch teilweise aus der (Renz et al. 2002) Studie übernommen wurden. Dagegen enthält das Emissionskataster Baden-Württemberg die anlagenspezifischen Emissionen aus den Emissionserklärungen 2008, die in Zusammenarbeit mit jeweiligen Anlagenbetreibern (Großemittenten) für das Jahr 2010 fortgeschrieben wurden. Somit können Emissionsdaten aus dem IER-Inventar (UBA-ZSE) keine Änderungen (Stilllegung, Modernisierung) von Anlagen sowie keine standortspezifischen Abgasreinigungsverfahren abbilden.

In Mannheim sind die Emissionen im Sektor Energie im LUBW-Inventar höher als im IER-Inventar. Bei der räumlichen Auflösung der Emissionen wurden für Mannheim nicht alle Punktquellen berücksichtigt.

Der Punktuellendatenbank des UBA (Stand 2007) enthält z.B. nicht die Angaben zu MVV Biomassekraftwerk Mannheim und zum Neubau des Kessels 6 (Inbetriebnahme 2009) im MVV HKW Mannheim.

SNAP2- nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen (Haushalte und GHD)

Für die Quellengruppe Kleinfeuerungsanlagen kann eine gute Übereinstimmung zwischen den beiden Emissionsinventaren festgestellt werden. Es wurden weitgehend identische Emissionsdaten verwendet. Für das IER-Inventar wurden die Brennstoffeinsätze der Energiebilanz (AGEB) entnommen, die entsprechenden Emissionsfaktoren wurden aus (Struschka et al. 2007) Forschungsvorhaben übernommen. Im LUBW-Inventar wurden für die Ermittlung des Brennstoffeinsatzes vor allem die Zensusdaten, Verbrauchsdaten und die Wärmebedarfsfaktoren herangezogen. Die Emissionsfaktoren wurden ebenfalls dem (Struschka et al. 2007) Forschungsvorhaben entnommen (siehe LUBW 2012, Kapitel 4).

Die Unterschiede auf Gemeindeebene sind auf die räumliche Auflösung der Emissionen (veraltete Verteilparameter, wie z.B. Bevölkerungsdichte, Landnutzungsdaten) zurückzuführen.

SNAP5- Förderung der Energieträger und SNAP6- Lösemittel/Produktanwendung haben für das Vorhaben keine besondere Bedeutung.

SNAP7- Straßenverkehr

Für diese Quellengruppe wurden weitgehend identische Emissionsdaten verwendet. Die Unterschiede auf Gemeindeebene sind auf die räumliche Auflösung der Emissionen (veraltete Verteilparameter) zurückzuführen. Die Datenquellen zur Erstellung des räumlich aufgelösten Verteilparameters für den Straßenverkehr sind im Wesentlichen:

- Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2005 (Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen) (Fitschen, A. et al. 2007).
- Manuelle Straßenverkehrszählung 2005: Ergebnisse für Bundesautobahnen und Bundesstraßen (Bast, 2007)
- Digitales Straßennetz Deutschland (Bundesautobahnen und Bundesstraßen) (GfK, 2007).

Diese Verteilparameter basieren auf die Daten aus dem Jahr 2005 und wurden für das Jahr 2010 nicht aktualisiert.

Im LUBW wurden dagegen die Verkehrszählungen aus dem Jahr 2005 anhand der Daten zur Verkehrsentwicklung für 2010 fortgeschrieben. In Stuttgart und Karlsruhe liegen die Emissionen des Straßenverkehrs im LUBW-Inventar wesentlich höher als im IER-Inventar. Die höheren Emissionen (LUBW) korrelieren gut mit der zunehmenden Verkehrsbelastung zwischen 2005 und 2010. Laut Straßenverkehrszentrale BW (Straßenverkehrszählungen 2005, 2010) steigt die Verkehrsbelastung bis zum Jahr 2010 in Stuttgart und Karlsruhe deutlich an. Im SKR Mannheim sinkt dagegen die Verkehrsbelastung gegenüber 2005. Die Straßenverkehrsemissionen in Mannheim im IER-Inventar sind höher als bei LUBW, da die IER Datensätze die aktuelle Verkehrsentwicklung nicht abbilden können.

SNAP8- Off-Road

Sektor „Off-Road“ wird in folgende Subsektoren untergliedert: Luftverkehr, Schienenverkehr, Schifffahrt, Off-Road Bauwirtschaft, Off-Road Forstwirtschaft, Haushalte (mobile Maschinen), und Off Road Landwirtschaft

Für diese Quellengruppe wurden weitgehend identische Emissionsdaten verwendet. Auch für diesen Sektor sind die Unterschiede auf Gemeindeebene auf die räumliche Auflösung der

Emissionen (veraltete Verteilparameter) zurückzuführen. Die Datenquellen zur Erstellung des räumlich aufgelösten Verteilparameters für Off-Road sind im Wesentlichen:

- für Bauwirtschaft: Beschäftigtenzahlen (Regionalstatistik, 2007)
- für Forstwirtschaft: Waldfläche
- für Landwirtschaft: Tierzahlen (Stand 2005)
- Mobile Maschinen in Haushalten: Bevölkerungszahlen ((Regionalstatistik, 2007)
- Schienenverkehr: Schienennetz (GfK 2007, Stand 2007)
- Binnenschifffahrt: Binnenschifffahrtsstatistik 2005 (Statistisches Bundesamt, 2007), digitalisierte Flussverläufe (GfK 2007, Stand 2007)

Die Grundlage für die räumliche Verteilung der Emissionen aus dem Flugverkehr sind die Flughafenstandorte und die Flugbewegungen des Jahres 2005. Somit sind insbesondere Veränderungen wie Stilllegung und Neubau seit 2005 nicht berücksichtigt. Das heißt, es ergibt sich eine Verzerrung der räumlichen Verteilung für 2010.

Diese Verteilparameter basieren auf die Daten aus dem Jahr 2005 und wurden für das Jahr 2010 nicht aktualisiert.

SNAP9- Abwasserbehandlung

Die Emissionen aus den Abwasserbehandlungsanlagen sind im IER-Inventar nicht enthalten.

SNAP10- Landwirtschaft

Das IER-Inventar enthält grundsätzlich keine Emissionen aus natürlichen Quellen, wie z.B. Naturböden, Gewässer/Feuchtgebiete und Wildtiere (methodische Details LUBW-Inventar siehe LUBW 2012, Kapitel 7 und für das IER-Inventar siehe Haenel et al. 2012).

Große Unterschiede zwischen LUBW- und IER-Inventaren gibt es vereinzelt in Gemeinden mit landwirtschaftlicher Tierhaltung. Beispielhaft sind die Unterschiede für die Gemeinden Schöntal und Isny in Tabelle 5-5 und Tabelle 5-6 dargestellt. In Schöntal dominiert Schweinezucht und Milchviehhaltung. In Isny ist der Hauptzweig der Landwirtschaft die Milcherzeugung. Die deutlich höheren Emissionen im IER-Inventar sind vor allem auf die Verteilparameter Tierzahlen des IER- Datenmodells, Stand 2005 zurückzuführen¹⁷. Die Statistik zum Tierbestand in Baden-Württemberg zeigt, dass die Tierzahlen zwischen 2005 und 2010 deutlich zurückgegangen sind, vor allem die Anzahl der Kühe (-7,2 %), Rinder (-4,3) und Geflügel (ca.-9 %). Das IER-Modell berücksichtigt diese Entwicklung im Tierbestand nicht.

¹⁷ Das Beispiel unterstreicht die Bedeutung der Aktualität des Datenbestandes bei der landwirtschaftlichen Tierhaltung.

Tabelle 5-2: Gesamtstickstoffemissionen für SKR Stuttgart in kgN/ha

Gemeinde	SNAP	LUBW (2012)	IER (LUFT 2020/2030)	Differenz (LUBW-IER)
SKR Stuttgart	1_Energie	3,7	7,7	-3,9
SKR Stuttgart	2_Kleinfeuerungen	10,2	7,7	2,5
SKR Stuttgart	3&4_Industrie	0,7	13,3	-12,6
SKR Stuttgart	5_Förderung Energieträger	0	0	0
SKR Stuttgart	6_Lösemittel/Produktanw.	0,1	0,7	-0,7
SKR Stuttgart	7_Straßenverkehr	29,8	19,2	10,6
SKR Stuttgart	8_Off-Road	4,1	7,2	-3,1
SKR Stuttgart	9_Abfall/Abwasser	9,6	1,3	8,3
SKR Stuttgart	10_Landwirtschaft	2,6	1,7	0,9
Summe	alle SNAPs	60,7	58,8	1,9

Tabelle 5-3: Gesamtstickstoffemissionen für SKR Karlsruhe in kgN/ha

Gemeinde	SNAP	LUBW (2012)	IER (LUFT 2020/2030)	Differenz (LUBW-IER)
SKR Karlsruhe	1_Energie	65,8	129,2	-63,4
SKR Karlsruhe	2_Kleinfeuerungen	5,5	6,0	-0,5
SKR Karlsruhe	3&4_Industrie	2,8	23,1	-20,3
SKR Karlsruhe	5_Förderung Energieträger	0	0	0
SKR Karlsruhe	6_Lösemittel/Produktanw.	0,1	0,3	-0,2
SKR Karlsruhe	7_Straßenverkehr	27,3	21,9	5,5
SKR Karlsruhe	8_Off-Road	3,0	3,4	-0,4
SKR Karlsruhe	9_Abfall/Abwasser	4,5	0,9	3,6
SKR Karlsruhe	10_Landwirtschaft	3,3	2,1	1,2
Summe	alle SNAPs	112,2	204,0	-91,8

Tabelle 5-4: Gesamtstickstoffemissionen für SKR Mannheim in kgN/ha

Gemeinde	SNAP	LUBW (2012)	IER (LUFT 2020/2030)	Differenz (LUBW-IER)
SKR Mannheim	1_Energie	77,4	27,2	50,2
SKR Mannheim	2_Kleinfeuerungen	4,2	9,4	-5,2
SKR Mannheim	3&4_Industrie	19,0	67,5	-48,5
SKR Mannheim	5_Förderung Energieträger	0	0	0
SKR Mannheim	6_Lösemittel/Produktanw.	0,4	0,7	-0,3
SKR Mannheim	7_Straßenverkehr	26,7	29,2	-2,5
SKR Mannheim	8_Off-Road	4,4	10,8	-6,4
SKR Mannheim	9_Abfall/Abwasser	8,5	1,5	7,0

Gemeinde	SNAP	LUBW (2012)	IER (LUFT 2020/2030)	Differenz (LUBW-IER)
SKR Mannheim	10_Landwirtschaft	3,7	3,3	0,4
Summe	alle SNAPs	144,2	149,6	-5,4

Tabelle 5-5: Gesamtstickstoffemissionen für Gemeinde Schöntal in kgN/ha

Gemeinde	SNAP	LUBW (2012)	IER (LUFT 2020/2030)	Differenz (LUBW-IER)
Schöntal	1_Energie	0	0	0
Schöntal	2_Kleinfeuerungen	0,45	0,42	0,03
Schöntal	3&4_Industrie	0	0	0
Schöntal	5_Förderung Energieträger	0	0	0
Schöntal	6_Lösemittel/Produktanw.	0	0	0
Schöntal	7_Straßenverkehr	2,28	2,65	-0,37
Schöntal	8_Off-Road	0,51	1,16	-0,65
Schöntal	9_Abfall/Abwasser	0,16	0,00	0,16
Schöntal	10_Landwirtschaft	12,53	20,45	-7,92
Summe	alle SNAPs	15,94	24,69	-8,75

Tabelle 5-6: Gesamtstickstoffemissionen für Gemeinde Isny im Allgäu in kgN/ha

Gemeinde	SNAP	LUBW (2012)	IER (LUFT 2020/2030)	Differenz (LUBW-IER)
Isny im Allgäu	1_Energie	0,72	0,03	0,69
Isny im Allgäu	2_Kleinfeuerungen	0,74	0,80	-0,06
Isny im Allgäu	3&4_Industrie	0,12	1,28	-1,16
Isny im Allgäu	5_Förderung Energieträger	0	0	0
Isny im Allgäu	6_Lösemittel/Produktanw.	0,07	0,04	0,03
Isny im Allgäu	7_Straßenverkehr	2,13	3,21	-1,08
Isny im Allgäu	8_Off-Road	1,01	1,21	-0,20
Isny im Allgäu	9_Abfall/Abwasser	0,38	0	0,38
Isny im Allgäu	10_Landwirtschaft	19,1	29,3	-10,2
Summe	alle SNAPs	27,0	57,7	-30,7

6 Schlussfolgerung

Die hier bisher aufgezeigten Untersuchungen hatten das Ziel die Unterschiede der Inventare LUBW, PAREST und LUFT2030 für die Schadstoffe NH_3 , NO_x und N_2O für das Jahr 2010 zu beschreiben und auch zu quantifizieren.

Auf Landesebene stimmen die Bundes- und Landeskataster (IER vs. LUBW) sehr gut überein (vgl. Tabelle 4-1). Die durchschnittliche Emission - bezogen auf die Landesfläche - variiert lediglich um 3 % (24,4 vs. 25,1 $\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$). Damit kann für StickstoffBW eine durchschnittliche Emission von rund 25 $\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ für Baden-Württemberg angesetzt werden (Stand 2010), wobei 55 % auf die Landwirtschaft, 22 % auf den Verkehr und 23 % auf sonstige Quellen entfallen.

Die N-Emissionen sind mit über 50 $\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ bedingt durch die Kraftwerke und den Verkehr in den Stadtkreisen Mannheim, Karlsruhe, Heilbronn, Stuttgart und Ulm sowie den Landkreisen Esslingen am höchsten (Abbildung 0-1). Auf Ebene der Landkreise stimmen die Bundes- und Landeskataster (IER vs. LUBW) weniger gut überein. Die durchschnittliche Emission - bezogen auf die Kreisfläche - variiert z.B. im Stadtkreis Karlsruhe um 82 % (112 [LUBW] vs. 204 $\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ [IER]) (Ursache siehe unten).

Auf Gemeindeebene variieren die Daten erheblich (Abbildung 4-12), wobei die Überschätzung durch die bundesweiten Daten in 10 Gemeinden mit „LUBW minus IER < - 50 $\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ “ und die Unterschätzung durch die bundesweiten Daten in 6 Gemeinden mit „LUBW minus IER > + 50 $\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ “ besonders groß ist. Die Differenzen bei den Produktionsprozessen (Quellengruppe Industrie) können mit unterschiedlicher Aktualität und unterschiedlichen Berechnungsgrundlagen der Emissionen in beiden Inventaren erklärt werden (vgl. Kapitel 5.7). Die Emissionen für diese Quellengruppe basieren im LUBW-Inventar vor allem auf den von Anlagenbetreibern gemeldeten Emissionsfrachten in den Emissionserklärungen nach der 11. BImSchV¹⁸. Die Emissionen aus industriellen Prozessen im IER-Inventar wurden dagegen auf Basis von im „Zentralen System Emissionen“ (ZSE) des UBA hinterlegten Produktionsstatistiken und entsprechenden prozessspezifischen Emissionsfaktoren¹⁹ berechnet. Die Emissionen aus der Landnutzung sind im LUBW-Inventar stellenweise wesentlich höher, da in IER z.B. keine „natürlichen Emittenten“ wie z.B. Böden, Gewässer/Feuchtgebiete und Wildtiere enthalten sind.

Zusammenfassend lassen sich die Unterschiede auf folgende Aspekte zurückführen:

- a) die Qualität: tatsächliche Emissionsfrachten (unter Berücksichtigung der Abgasreinigungstechnik und der gemessenen Emissionen) vs. Produktionsstatistiken
- b) die Aktualität: Errichtung und Stilllegung von Betrieben, Aktualität von Verkehrs-/Viehzählungen,
- c) den Ortsbezug: postalische (Gemeindekennziffer) vs. tatsächliche Verortung der einzelnen Quellen und
- d) die Vollständigkeit der Inventare: Landwirtschaft incl. Emissionen aus gedüngten Böden u.a.

¹⁸ Hier sind z.B. 17 (Stand 2010) von aktuell 42.300 (Stand 2014) landwirtschaftlichen Betrieben in Baden-Württemberg erfasst

¹⁹ die Emissionsfaktoren des ZSE sind nicht veröffentlicht, was einen Datenabgleich erschwert

Die unterschiedliche Systematik SNAP vs. 5.BImSchVwV wirkt sich nicht inhaltlich aus.

Die höhere Qualität, Vollständigkeit und Aktualität der Daten spricht für die Nutzung der kleinräumigen Datenerhebung des bottom-up Verfahrens für die Analyse und Bewertung des Stickstoffhaushalts und speziell die Unterstützung bei der Erstellung von Immissions- und Depositionskarten für Baden-Württemberg. Beim Vergleich der Kataster hat sich das top-down Verfahren für keine Quellengruppe als vorteilhaft für Baden-Württemberg erwiesen.

Die N-Emissionen in die Atmosphäre bilden einen wichtigen Baustein der Analyse und Bewertung des Stickstoffhaushalts Baden-Württemberg. Ein vollständiges Gesamtbild der Stickstoffverhältnisse wird sich erst durch die Erhebung der N-Importe und N-Exporte, die Korrektur der Hintergrunddeposition, die Regionalisierung der N-Bilanzen, der Zustandserfassung und letztlich die flächenhafte Anwendung des Critical Load-Ansatzes einschließlich der landwirtschaftlich genutzten Fläche ergeben.

7 Literatur

- ARGE StickstoffBW (2014): Ermittlung standortspezifischer Critical Loads für Stickstoff - Dokumentation 2014.- Fachdokumentendienst Umweltbeobachtung, ID U26-S7-N12, 187 Seiten, Karlsruhe.
- ARGE StickstoffBW (2015a): Überschreitung von Critical Loads für Stickstoff in Baden-Württemberg - Kurzmitteilung 1/2015: Vorläufige Korrekturfaktoren für die bundesweit modellierte Stickstoffdeposition.- Fachdokumentendienst Umweltbeobachtung, ID U26-S7-J15, 6 Seiten, Karlsruhe.
- ARGE StickstoffBW (2015b): Ermittlung der in Baden-Württemberg eingesetzten Stickstoff-Mineraldüngermenge - Abgleich von Berechnungen mit Daten auf Bundes- und Landesebene - Stand 2011.- Fachdokumentendienst Umweltbeobachtung, ID U75-S7-N11, 119 Seiten, Karlsruhe.
- Bast (2007):- Manuelle Straßenverkehrszählung 2005. Ergebnisse für Bundesautobahnen und Bundesstraßen, <http://www.bast.de>
- BKG (2013): Verwaltungsgebiete in Deutschland. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. Herunterladbar unter (letzter Zugriff: 28. November 2013): <http://www.geodatenzentrum.de/>
- Builtjes P., W. Jörß, W., R. Stern, J. Theloke (2010) Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung. PAREST-Endbericht, Schlussbericht an das Umweltbundesamt zum Forschungsvorhabens FKZ 206 43 200/01. UBA-Texte 9/2012. Umweltbundesamt, <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4268.pdf>
- EEA – European Environment Agency (1996): CORINAIR 1990 – Comprehensive Summary Report. Final Draft. Herunterladbar unter (letzter Zugriff: 29. November 2013): http://www.eea.europa.eu/publications/topic_report_1996_21
- Fitschen, A., Koßmann, I. (2007) - BAST: Verkehrsentwicklung an Bundesfernstraßen 2005, Berichte der Bundesanstalt für Straßenverkehrswesen. In: Reihe für Verkehrstechnik, Heft V 160
- GfK 2007- GfF Geomarketing; Gemeinde-, Kreis-, Regierungsbezirks und Landesgrenzen und Einwohnerdaten Deutschland, Stand 2007. (http://www.gfk-geomarketing.de/digitale_landkarten/landkarten.php)
- Haenel et al. (2012): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2010, VTI (Landbauforschung), Sonderheft 356, 2012, <https://www.ti.bund.de/de/infothek/.../landbauforschung-sonderhefte/>
- IZT (2009): Stationary engines: FKZ 3707 42 103/01 "Aufbereitung von Daten der Emissionserklärungen gemäß 11.BImSchV aus dem Jahre 2004 für die Verwendung bei der UNFCCC- und UNECE-Berichterstattung/ Teilbericht Stationäre Verbrennungsmotoren", Melanie Degel, Wolfgang Jörß <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3887.pdf>
- Jörß, W. und V. Handke (2007): Maßnahmen zur Einhaltung der Emissionshöchstmengen der NEC Richtlinie- Teil 2: Referenzszenario 2000 – 2020 für Emissionen unter der NEC-Richtlinie

- (SO₂, NO_x, NMVOC und NH₃). Forschungsbericht an das Umweltbundesamt, FKZ 205 42 221, UBATEXTE Nr. 36/2007. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Jörß, W., Handke, V., Lambrecht, U. und F. Dünnebeil (2007): Emissionen und Maßnahmenanalyse Feinstaub 2000-2020. Forschungsbericht an das Umweltbundesamt, FKZ 204 42 202/2, UBATEXTE Nr. 38/2007. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Jörß, W. und M. Degel (2010): Energieszenarien für PAREST. Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, IZT Berlin, <http://www.umweltbundesamt.de>
- Jörß, W., Kugler U., Theloke J. (2010): Emissionen im PAREST Referenzszenario 2005-2020, Forschungs-Teilbericht an das Umweltbundesamt, im Rahmen des PAREST-Vorhabens: FKZ 206 43 200/01 „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung“, IZT Berlin
- Jörß et al. (2014): Luftqualität 2020/2030: Weiterentwicklung von Prognosen für Luftschadstoffe unter Berücksichtigung von Klimastrategien, Schlussbericht an das Umweltbundesamt zum Forschungsvorhabens FKZ 3710 43 219. UBA-Texte 35/2014. Umweltbundesamt, http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/texte_35_2014_komplett.pdf
- LUBW (2012): Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg 2010.- 108 Seiten, <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/11163/> und <http://www.ekat.baden-wuerttemberg.de/> Karlsruhe
- LUBW (2015): Luftschadstoff-Emissionskataster Baden-Württemberg 2012.- 114 Seiten, <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/11163/> und <http://www.ekat.baden-wuerttemberg.de/> Karlsruhe
- Öko-Institut (2013): F. Matthes u.a.: „Politiksznarien für den Klimaschutz VI – Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030“. Öko-Institut, FZ Jülich IEKSTE, DIW Berlin, Fraunhofer ISI Karlsruhe; im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau, 2013.
- Osterburg B. (2015): Ammoniak in der (Gas-) Emissionsberichterstattung.- Vortrag am 1. Bundesländer Fachgespräch N-Bilanz am 5./6. Mai 2015 in Stuttgart, [in Vorbereitung].
- Regionalstatistik 2007: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2007, Tabelle "Bevölkerungsstand: Bevölkerung nach Geschlecht - Stichtag 31.12. - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte": <https://www.regionalstatistik.de>
- Regionalstatistik 2007: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2007, Tabelle "Verarbeiten des Gewerbe, Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden: Betriebe, Beschäftigte - Stichtag: 30.09. - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte" [URL:https://www.regionalstatistik.de](https://www.regionalstatistik.de)
- Regionalstatistik 2007: Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2007, Tabelle "Vorbereitende Baustellenarbeiten, Hoch- und Tiefbau (Bauhauptgewerbe) - Stichtag 30.06. - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte" <https://www.regionalstatistik.de>
- Rentz, O. ; Karl, U. ; Peter, H. (2002): Ermittlung und Evaluierung von Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen in Deutschland für die Jahre 1995, 2000 und 2010: Forschungsbericht

299 43 142; Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamt; Endbericht; Karlsruhe: Deutsch-Französisches Inst. f. Umweltforschung, Univ. (TH); 2002

Schaap M., Banzhaf S., van Zyl S., Hendriks C., Bultjes P & M. Geupel (2015): Ermittlung der Depositionskarten in PINETI und Entwicklungsbedarf nach 2018 Erstellung der ökosystemspezifischen atmosphärischen Einträge von Schadstoffen in Deutschland.- Vortrag im Fachgespräch N-Deposition im UBA Dessau am 27.1.2015 [unveröffentlicht].

SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2015): Stickstoff – Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem – Kurzfassung, 12 Seiten, www.umweltrat.de, Berlin.

Statistisches Bundesamt, 2007: Fachserie 8, Reihe 4, Verkehr: Binnenschiffahrtsstatistik 2005.

Struschka, Dr. M., Kilgus, D., Springmann, M.; Baumbach, Prof. Dr. Günter (2007): Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung; UBA Forschungsbericht 205 42 322; Dessau, 2007. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/dateien/3677.htm>

Thiruchittampalam, Balendra, Renate Köble, Jochen Theloke, Ulrike Kugler, Melinda Uzbasich, und Tatjana Geftler (2010): Berechnung von räumlich hochaufgelösten Emissionen für Deutschland. Satelliten Bericht des F&E-Vorhabens „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung - PAREST“ (UFOPLAN FKZ 206 43 200/01), <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/berechnung-von-raeumlich-hochaufgeloesten>

UBA (2010): Berechnung von Stoffeinträgen in die Fließgewässer Deutschlands mit dem Modell MONERIS - Nährstoffe, Schwermetalle und Polzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe – von Fuchs S. et al., 243 S., Dessau.

UBA (2015a): Reaktiver Stickstoff in Deutschland - Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen.- 56 Seiten, Dessau.

UBA (2015b): Hintergrundbelastungsdaten Stickstoffdeposition Ergebnisse und Daten des PINETI-Projekts - Erläuterungen des Umweltbundesamtes, Stand 3. Februar 2015, 10 Seiten, Dessau.

UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg (2003): Luftschadstoffemissionskataster Baden-Württemberg 2000 - Quellengruppe Biogene Quellen.- Bericht-Nr.: 4-01/2003, <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/6638/>, 82 Seiten, Karlsruhe.

ZSE Zentrales System Emissionen (2013): Datenbank des Umweltbundesamtes. Grundlage der nationalen und internationalen Emissionsberichterstattung: Umweltbundesamt.

8 Anhang

Tabelle 8-1: Gesamtstickstoffemissionen aus NH₃, NO_x und N₂O pro SNAP-Kategorie (LUBW-Inventar vs. LUFT 2030)

SNAP	Emissionen in kgN/ha	LUBW N ₂ O	LUBW NH ₃	LUBW NO _x	LUFT 2030 N ₂ O	LUFT 2030 NH ₃	LUFT 2030 NO _x
1	Energie	0,024	0,004	1,139	0,037	0,039	1,447
2	Kleinfeuerungen	0,019	0,000	1,345	0,025	0,077	1,214
3	Industrie	0,015	0,037	0,908	0,032	0,038	1,296
4	Prozesse	0,004	0,004	0,102	0,177	0,149	0,715
5	Förderung Energieträger	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,084
6	Lösemittel/Produkte	0,094	0,026	0,030	0,011	0,072	0,000
7	Straßenverkehr	0,035	0,599	4,789	0,091	0,492	5,359
8	Off-Road	0,010	0,000	0,961	0,007	0,004	1,278
9	Abfall- und Abwasser	0,123	0,600	0,053	0,106	0,000	0,002
10	Landwirtschaft	1,194	11,213	1,032	1,013	10,168	1,174
	Summe	1,518	12,484	10,359	1,497	11,040	12,568

Tabelle 8-2: Gesamtstickstoffemissionen in kgN/ha aus NH₃, NO_x und N₂O pro SNAP-Kategorie (LUBW-Inventar vs. PAREST)

SNAP	Emissionen in kgN/ha	LUBW NH ₃	LUBW NO _x	PAREST NH ₃	PAREST NO _x
1	Energie	0,004	1,139	0,0392	1,267
2	Kleinfeuerungen	0,000	1,345	0,0975	1,293
3	Industrie	0,037	0,908	0,0516	1,009
4	Prozesse	0,004	0,102	0,0896	0,706
5	Förderung Energieträger	0,000	0,000	0,0000	0,000
6	Lösemittel/Produkte	0,026	0,030	0,0717	0,000
7	Straßenverkehr	0,599	4,789	0,2536	4,766
8	Off-Road	0,000	0,961	0,0234	1,545
9	Abfall- und Abwasser	0,600	0,053	0,0000	0,002
10	Landwirtschaft	11,213	1,032	12,4244	0,933
	Summe	12,484	10,359	13,0509	11,521

Tabelle 8-3: NH₃, NO_x und N₂O Emissionen in t pro SNAP-Kategorie (LUBW-Inventar vs. LUFT 2030)

SNAP	Emissionen in t	LUBW N ₂ O	LUBW NH ₃	LUBW NO _x	Luft 2030 N ₂ O	LUFT 2030 NH ₃	LUFT NO _x
1	Energie	279	19	13.362	433	168	16.978
2	Kleinfeuerungen	223	0	15.780	299	333	14.244
3	Industrie	175	162	10.648	374	167	15.203
4	Prozesse	43	17	1.197	2.072	649	8.394
5	Förderung Energieträger	0	0	0	-	0	984
6	Lösemittel/Produkte	1.105	112	356	127	312	0
7	Straßenverkehr	414	2.603	56.190	1.063	2.138	62.882
8	Off-Road	121	1	11.273	77	18	14.989
9	Abfall- und Abwasser	1.439	2.606	626	1.240	0	19
10	Landwirtschaft	14.009	48.705	12.111	11.880	44.165	13.770
	Summe	17.807	54.225	121.543	17.566	47.949	147.463

Tabelle 8-4: NH₃, NO_x und N₂O Emissionen in t pro SNAP-Kategorie (LUBW-Inventar vs. PAREST)

SNAP	Emissionen in t	LUBW NH ₃	LUBW NO _x	PAREST NH ₃	PAREST NO _x
1	Energie	19	13.362	170	14.871
2	Kleinfeuerungen	0	15.780	424	15.174
3	Industrie	162	10.648	224	11.836
4	Prozesse	17	1.197	389	8.285
5	Förderung Energieträger	0	0	-	-
6	Lösemittel/Produkte	3	356	312	-
7	Straßenverkehr	2.603	56.190	1.101	55.921
8	Off-Road	1	11.273	102	18.129
9	Abfall- und Abwasser	2.606	626	-	18
10	Landwirtschaft	48.705	12.111	53.964	10.943
	Summe	54.115	121.543	56.686	135.178

Tabelle 8-5: Landwirtschaftliche Emissionsdaten-Tierbestand (Anzahl der Tiere) in Baden-Württemberg 2010 in Tausend

Quelle	Rinder	Schweine	Schafe	Ziegen	Pferde	Geflügel
VTI (verwendet in LUFT 2030)	1.032	2.090	249	0	60	4.567
STALA	1.015	2.133	249	25	60	4.567
LUBW (2012)	1.032	2.090	249	25	60	4.567

Tabelle 8-6: Landwirtschaftliche Emissionsdaten-Emissionsfaktoren für Tierhaltung (VTI-Daten, verwendet in LUFT 2030)

EF [kg/Platz * a]	Rinder		Schweine		Schafe	Ziegen	Pferde	Geflügel
	<i>Rinder</i>	<i>Milchkühe</i>	<i>Schweine</i>	<i>Zuchtsau</i>				
NH₃	16,20	38,10	5,10	9,50	1,60	3,02	19,20	0,49
N₂O	0,49	0,82	0,10	0,27	0,08	0,16	0,95	0,0010
NO	0,07	0,11	0,04	0,01	0,01	0,22	0,13	0,0002

Tabelle 8-7: Emissionen aus Tierhaltung 2010 in t (LUFT 2030)

Emissionen in t	Rinder		Schweine		Schafe	Ziegen	Pferde	Geflügel	Summe
	<i>Rinder</i>	<i>Milchkühe</i>	<i>Schweine</i>	<i>Zuchtsau</i>					
NH₃	10935	13602	10658	2222	398	0	1146	2238	41.199
N₂O	330,75	292,74	208,99	63,15	20,64	0,00	56,72	4,57	978
NO	47,25	39,27	77,33	3,04	2,74	0,00	7,76	0,91	178

Tabelle 8-8: Emissionen aus Landwirtschaft 2010 in t (LUFT 2030/LUBW)

Emissionen in t	Tierhaltung (Wirtschaftsdüngemanagement)		Böden, Pflanzen, natürliche Quellen		Summe	
	LUFT 2030	LUBW	LUFT 2030***	LUBW	LUFT 2030	LUBW
NH₃	41.199	37.800	2.966	10.900	44.165	48.700
N₂O	978	738	10.902	13.300	11.880	14.038
NO	178	95	8.864	7.809	9.043	7.904

*** ohne Emittenten wie: Wildtiere, natürliche Vegetation, Gewässer/Feuchtgebiete