

Stickstoffbilanzen 2012–2018

Berechnung auf Grundwasserkörper-Ebene



Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus

Stubenring 1, 1010 Wien

Autorinnen und Autoren: Harald Loishandl-Weisz, Bettina Schwarzl, Thomas Rosmann, Ingrid Gattringer (Umweltbundesamt GmbH); Ottavia Zoboli (TU Wien, Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement)

Gesamtumsetzung: Günter Eisenkölb (Umweltbundesamt GmbH)

Fotonachweis: Umweltbundesamt/Elisabeth Stadler (S.1, S. 9), Umweltbundesamt/Bernhard Gröger (S. 8, S. 14, S. 62, S. 49), Umweltbundesamt/Harald Loishandl-Weisz (S. 42)

Wien, 2020. Stand: 13. Oktober 2020

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an service@bmlrt.gv.at.

Inhalt

1 Zusammenfassung	5
2 Einleitung	8
3 Methodik	9
3.1 Berechnung der Stickstoff-Ein- und -Austräge	10
3.2 Wirtschaftsdünger	14
3.3 Klärschlamm, Kompost und Biogas-Gülle	15
3.4 Mineraldüngerbedarf	15
3.5 Legume Stickstoff-Fixierung	16
3.5.1 Literaturrecherche zur legumem Stickstoff-Fixierung	17
3.6 Deposition	24
3.7 Erträge	25
4 Ergebnisse	29
4.1 N-Bilanz basierend auf Mittelwerten der empfohlenen N-Bedarfswerte für mittlere und hohe Ertragslagen nach RL SGD	29
4.1.1 Brutto-Stickstoffüberschuss 2012–2018	29
4.1.2 Hydrosphärischer Anteil des Stickstoffüberschusses	32
4.2 Ergänzende Auswertungen	33
4.2.1 Vergleich der N-Bilanzen für GWK mit der nationalen N-Bilanz	33
4.2.2 Wettersituation 2012–2018 und Ertragsschwankungen	37
5 Anhang	41
5.1 Anhang – Tabellen	41
5.2 Anhang – Karten	48
Tabellenverzeichnis	59
Abbildungsverzeichnis	60
Literaturverzeichnis	61

Wir bedanken uns für die Unterstützung und den fachlichen Austausch bei folgenden FachkollegInnen (alphabetisch gereiht):

Mag. Renate Bader (Statistik Austria, Direktion Raumwirtschaft, Land- und Forstwirtschaft)

Dr. Andreas Baumgarten (AGES, Abteilung Bodengesundheit und Pflanzenernährung)

Martina Dötzl (Statistik Austria, Direktion Raumwirtschaft, Land- und Forstwirtschaft)

DI Otto Hofer (BMLRT, Referat II/1b)

Mag. Dr. Gernot Klammler (JR-AquaConSol GmbH)

DI Eva Krall (Statistik Austria, Direktion Raumwirtschaft, Verbrauchergesundheitsinformationssystem)

Ing. Christoph Ömer (LK Oberösterreich, Boden.Wasser.Schutz.Beratung)

Mag. Peter Rauch (LRG Steiermark, Gewässeraufsicht und Gewässerschutz)

Johannes Recheis-Kienesberger (LK Oberösterreich, Boden.Wasser.Schutz.Beratung)

DI Dr. Bernhard Stürmer (ARGE Kompost und Biogas Österreich)

DI Claudia Winkovitsch (LK Burgenland, Pflanzenbau)

DI Dr. Matthias Zessner-Spitzenberg (TU Wien, Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement)

DI Michael Anderl (Umweltbundesamt GmbH, Klimaschutz und Emissionsinventare)

DI Manfred Bonani (Umweltbundesamt GmbH, freier Dienstnehmer)

Mag. Christine Brendle (Umweltbundesamt GmbH, Ökosystemforsch. und Umweltinformationen)

Mag. Dr. Thomas Dirnböck (Umweltbundesamt GmbH, Ökosystemforsch. und Umweltinformationen)

Dr. Oliver Gabriel (Umweltbundesamt GmbH, Oberflächengewässer)

Mag. Simone Haider (Umweltbundesamt GmbH, Klimaschutz und Emissionsinventare)

Mag. DI Wolfgang Spangl (Umweltbundesamt GmbH, Luftreinhaltung, Gebäude und Anlagenregister)

1 Zusammenfassung

Für den Beurteilungszeitraum 2016–2018 gibt es auf Grund von Nitratbelastungen im Grundwasser sechs Beobachtungsgebiete und zwei voraussichtliche Maßnahmenggebiete, sowie weitere zwei Beobachtungsgebiete und ein voraussichtliches Maßnahmenggebiet für Ammonium. Stickstoffbelastungen im Grundwasser sind vorwiegend auf diffuse Einträge aus der Landwirtschaft zurückzuführen. Zur Abschätzung des Risikos wurde eine regionale Stickstoffbilanz auf Grundwasserkörper-Ebene für die Jahre 2012–2018 berechnet, welche somit an frühere Auswertungen für 2009–2012 für die Ist-Bestandsanalyse 2013 (BMLFUW 2013) anschließt.

Bei der vorliegenden Stickstoffbilanz handelt es sich um eine Brutto-Flächenbilanz in Anlehnung an die Methode von Eurostat (2013). Sie umfasst im Wesentlichen den Stickstoffanfall auf der landwirtschaftlichen Fläche über den Wirtschaftsdünger, die Mineraldünger, die Deposition und die legume N-Fixierung sowie die Stickstoffeinträge mit sonstigen organischen Düngern und den Stickstoffentzug durch Ernteerträge.

Für die Fortschreibung der Brutto-Stickstoffbilanz wird eine Düngung nach mittlerer bzw. hoher Ertragslage basierend auf Daten zur Erntestatistik der Statistik Austria der vorangegangenen Jahre angenommen. Der Stickstoffbedarf je Kulturart in der Berechnung richtet sich nach den mittleren Wertebereichen der Empfehlungen für die Stickstoffdüngung in den Richtlinien für die sachgerechte Düngung (BMLFUW 2006, BMLFUW 2017a). In der Bilanz von 2013 sind geringfügige Abweichungen zu den Ergebnissen im Vergleichsjahr 2012 auf methodische Weiterentwicklungen zurückzuführen. Durch die stärkere Berücksichtigung der legumen Stickstofffixierung im Dauergrünland fallen die Überschüsse auch in den Grundwasserkörpern im Alpenvorland höher aus. Die mittleren Brutto-Stickstoffüberschüsse im Auswertzeitraum reichen von 6,5 kg N/ha im Pinkatal [LRR] bis 74,8 kg N/ha landwirtschaftlicher Nutzfläche im Grundwasserkörper Hügelland zwischen Mur und Raab [MUR]. Der österreichweite Durchschnitt beträgt 43,8 kg N/ha.

Im Vergleich zum nationalen Mittel höhere Brutto-Stickstoffüberschüsse gehen mit höherem Viehbesatz und dem damit verbundenen Wirtschaftsdüngeranfall einher und sind vor allem in Oberösterreich, in der Steiermark und im Westen Niederösterreichs zu finden. In

den Ackerbauregionen im Osten mit geringerer Viehdichte fallen die Brutto-Stickstoffüberschüsse in der Regel geringer aus.

Tabelle 1: Brutto-Stickstoffüberschuss ohne Düngeeinschränkungen in kg N/ha je Grundwasserkörper als Mittelwert der Periode 2012–2018 für eine Auswahl von GWK (v.a. aktuelle und ehemalige Beobachtungs- und voraussichtliche Maßnahmenggebiete)

GWK-Nr.	GWK	Brutto N- Überschuss (MW 2012–2018)	Einstufung 2016–2018
GK100011	Böhmische Masse [DBJ]	73,64	
GK100020	Marchfeld [DUJ]	33,81	B (Nitrat)
GK100021	Parndorfer Platte [LRR]	35,05	vM (Nitrat)
GK100035	Weinviertel [DUJ]	33,92	
GK100039	Mittleres Ennstal (Trautenfels bis Gesäuse) [DUJ]	34,34	vM (Ammonium)
GK100057	Traun - Enns - Platte [DUJ]	51,48	B (Nitrat)
GK100081	Wulkatal [LRR]	19,41	B (Nitrat)
GK100095	Weinviertel [MAR]	33,5	
GK100097	Grazer Feld (Graz/Andritz - Wildon) [MUR]	45,35	
GK100098	Leibnitzer Feld [MUR]	62,47	
GK100102	Unteres Murtal [MUR]	61,92	
GK100128	Ikvatal [LRR]	24,17	B (Nitrat)
GK100134	Seewinkel [LRR]	31,08	B (Nitrat)
GK100136	Stremtal [LRR]	6,6	B (Nitrat)
GK100146	Hügelland Rabnitz [LRR]	27,43	B (Ammonium)
GK100176	Südl. Wiener Becken-Ostrand [DUJ]	25,13	vM (Nitrat)
GK100178	Südl. Wiener Becken-Ostrand [LRR]	24,1	
GK100181	Hügelland Raab Ost [LRR]	11,09	
GK100183	Hügelland zwischen Mur und Raab [MUR]	74,76	B (Ammonium)

Quelle: Einstufung 2016-2018: Wassergüte in Österreich, Jahresbericht 2016–2018

Die vollständige Auflistung der Brutto-N-Jahresbilanzen und der Mittelwerte 2012–2018 aller Grundwasserkörper findet sich im Anhang in Tabelle 14 und die Mittelwerte über die Auswerteperiode sind in Karte 1, Kap. 5.2 dargestellt.

Wie bereits im Auswertez Zeitraum 2009–2012 (BMLFUW 2013) dargestellt, bilden sich auch in der aktuellen Bilanzierung die regionalen Schwankungen in den jährlichen Ertragszahlen deutlich in den ermittelten Stickstoffüberschüssen ab, d.h. die Bilanzsalden in den einzelnen Jahren können deutlich vom mittleren Saldo für die Periode 2012–2018 abweichen. Durch Ertragseinbußen und damit weniger Stickstoffentzug auf Grund außergewöhnlicher Witterungsbedingungen sind punktuell höhere Stickstoffausträge ins Grundwasser zu erwarten.

Die Bilanzierung erfolgte für die landwirtschaftlichen Nutzflächen, daher ist das abzuleitende Risiko für das Grundwasser auch in Abhängigkeit des Anteils der Landwirtschaft am gesamten Grundwasserkörper zu sehen. Intensive landwirtschaftliche Bewirtschaftungen auf Standorten mit seichten Böden sind in den meisten Fällen für eine Gefährdung von Grundwasserkörpern durch Nitrat (Schwellenwert: 45 mg/l) ausschlaggebend. Dies ist vor allem im Nordosten Österreichs trotz Stickstoffüberschüssen deutlich unter dem österreichischen Durchschnitt der Fall, wo durch geringere Grundwasserneubildungsraten auch niedrige N-Überschüsse zu höheren Nitratkonzentrationen über dem Schwellenwert führen können.

Die berechneten Brutto-Stickstoffüberschüsse zeigen ein potenzielles Risiko für einen Stickstoffeintrag in die Umwelt. Im Handbuch für Nährstoffbilanzen nach OECD/Eurostat (Eurostat 2013) wird empfohlen, den Brutto-Stickstoffüberschuss in einen atmosphärischen und einen hydrosphärischen Anteil zu gliedern, wobei letzterer den potenziellen Eintrag in Grund- oder Oberflächengewässer darstellt. Da atmosphärische Verluste hauptsächlich bei organischen Düngern auftreten, ergeben sich daraus größere Abstriche nur in den viehstarken Regionen. Die Brutto-Stickstoffüberschüsse in den Maßnahmengengebieten im Osten mit wenig Tierhaltung sind demnach größtenteils als gewässerrelevant einzustufen. Zur Ermittlung des tatsächlichen Stickstoffeintrags ins Grundwasser wären jedoch weitere Untersuchungen zum Abflussregime und Abbauverhalten von Stickstoffverbindungen in der ungesättigten Zone erforderlich.

2 Einleitung

Flächige Belastungen des Grundwassers mit Nitrat und Ammonium sind vor allem auf diffuse Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft zurückzuführen. Wie die Ergebnisse der Gewässerzustandsüberwachung (GZÜV, BGBl. II Nr. 479/2006 i.d.g.F.) zeigen, kommt es zu Überschreitungen der Schwellenwerte vor allem in jenen Bereichen im Osten Österreichs, wo intensive Landwirtschaft mit geringen Niederschlägen einhergeht.

Mit Hilfe der Stickstoffbilanz als Agrar-Umweltindikator soll die Entwicklung des Einflusses der Landwirtschaft auf die Umwelt aufgezeigt werden. Im Rahmen der Ist-Bestandsanalyse 2013 wurde bereits eine regionale Stickstoffbilanz für die Jahre 2009 bis 2012 für jeden Grundwasserkörper in Anlehnung an die OECD-Methode (OECD & Eurostat 2007) berechnet, welche nun in der vorliegenden Arbeit für die Jahre bis 2018 fortgeschrieben wurde. Für die Ermittlung des Brutto-Stickstoffüberschusses – aktuell in Anlehnung an das Eurostat/OECD-Handbook 2013 (Eurostat 2013) – werden die wesentlichen Nährstoffeinträge dem im Bezugsjahr erzielten Pflanzenertrag gegenübergestellt. Die Differenz, abzüglich der Verluste in die Luft, ergibt den jeweiligen N-Überschuss mit Relevanz für Boden und Gewässer.



Feld im Frühjahr

3 Methodik

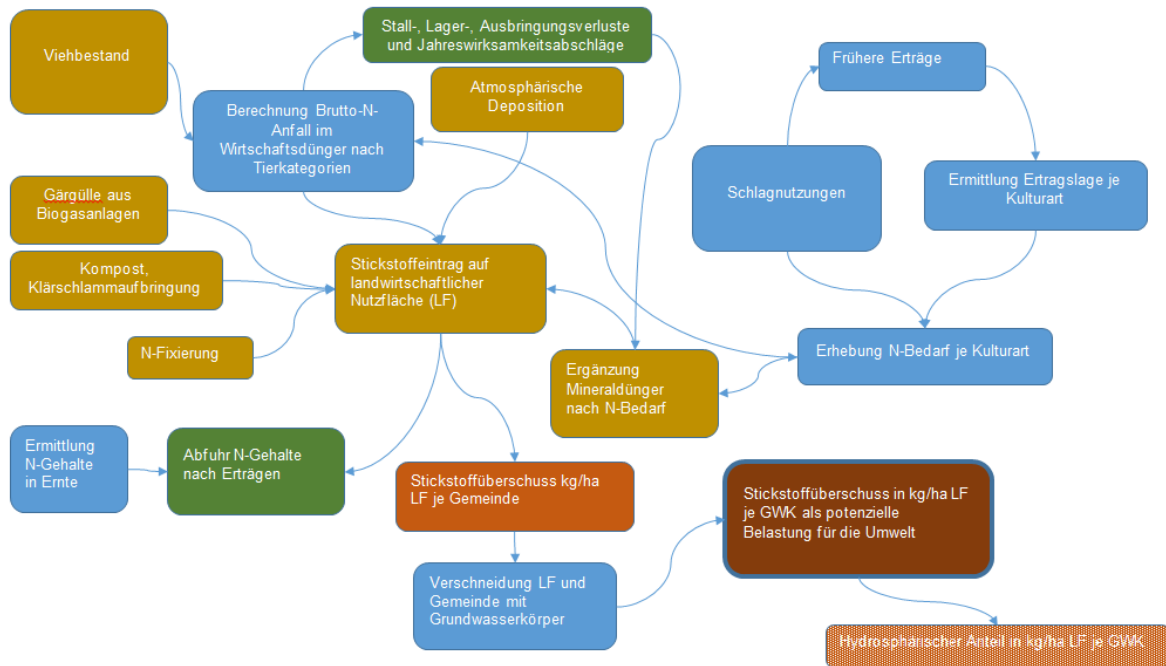
Die Brutto-Stickstoffbilanz eines Gebietes ermittelt den Brutto-Stickstoffüberschuss bezogen auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche auf regionaler Ebene und wurde für alle Grundwasserkörper beruhend auf den Brutto-N-Einträgen und N-Austrägen im Erntegut in Anlehnung an das Eurostat/OECD-Handbuch (Nutrient Budgets – Methodology and Handbook, Eurostat 2013) für die Jahre 2012 bis 2018 einzeln und gemittelt auf Gemeindeebene über den ausgewerteten Zeitraum berechnet. Die Ergebnisse wurden flächengewichtet auf alle Grundwasserkörper umgelegt.

Für die N-Bilanz nach dieser Methode werden die wesentlichen Nährstoffeinträge (Wirtschaftsdünger, Mineraldünger, N-Fixierung, Atmosphärische Deposition, Klärschlamm, pflanzliche Gärreste aus Biogasanlagen und Kompost) dem Stickstoffaustrag durch den im Bezugsjahr erzielten Pflanzenertrag gegenübergestellt. Für die regionalen Berechnungen auf Gemeindeebene waren jedoch aufgrund der Datenlage zum Teil andere Ansätze notwendig, als für die nationale Ebene (siehe Abbildung 1). In Kap. 4.2.1 sind die methodischen Unterschiede zwischen nationaler N-Bilanz und regionaler N-Bilanz beschrieben.



Gemüseanbau

Abbildung 1: Ablaufschema regionale Stickstoffbilanz auf Grundwasserkörperebene



Quelle: Umweltbundesamt

3.1 Berechnung der Stickstoff-Ein- und -Austräge

Die Berechnung der Stickstoffbilanz erfolgt für jedes einzelne Jahr im Auswertzeitraum je Gemeinde, bezogen auf die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche (LF), die in der INVEKOS-Datenbank enthalten ist (Ergebnis: Stickstoff-Überschuss in kg N /ha LF). Einzelne Schlagflächen mit unzureichender Datenlage werden nicht in der Stickstoffbilanzierung berücksichtigt, bleiben aber Teil der Bezugsfläche LF gesamt. Die Bilanzierung erfolgt nach Gemeindekennzahl, wobei jede Gemeinde mit den über die Hauptbetriebsnummer zugeordneten Tieren und Schlagflächen als eine Einheit behandelt wird, innerhalb derer Stickstoffeinträge aggregiert und der Summe der Stickstoffentzüge gegenübergestellt werden. Basisdaten, die nur auf Bezirksebene, je Bundesland oder österreichweit vorliegen, werden aliquot auf Gemeinden umgelegt.

Neben Klärschlamm und Kompost wurde auch Stickstoff in pflanzlichen Gärrückständen aus Biogasanlagen in die N-Bilanz eingerechnet. Klärschlammaufbringung wird nur dort angenommen, wo die Zulassung der Aufbringung bekannt ist. Zur Ermittlung des Mineraldüngerbedarfs wird der jahreswirksame Anteil des Stickstoffs in organischen Düngern auf

Basis der feldfallenden Stickstoffmengen gemäß Aktionsprogramm Nitrat (AP Nitrat, BMLFUW 2012, 2017b) berechnet (Rindergülle 70 %, Schweinegülle 80 %, Hühnergülle 85 %, Stallmist 50 %, Klärschlamm 60 %, Kompost 10 % und Biogasrückstände 50 %).

Auf Schlagflächen mit Leguminosen wird ein N-Eintrag durch Stickstofffixierung entsprechend Tabelle 2 und Tabelle 3 auf Basis von Werten aus österreichischer Literatur gerechnet.

Für die Ermittlung des Stickstoffanfalls im Wirtschaftsdünger wurden die INVEKOS- und VIS-Tierbestandszahlen in den Gemeinden je Tierart und Kategorie herangezogen und die Brutto-N-Anfallswerte im Wirtschaftsdünger für die unterschiedlichen Tierkategorien gemäß den Richtlinien für die sachgerechte Düngung (RL SGD6 und RL SGD7, BMLFUW 2006, 2017a) berechnet. Dazu wurde der Stickstoffanfall aus der Tierhaltung je Stallplatz nach Abzug der Stall- und Lagerverluste („Stickstoffanfall ab Lager“) den RL SGD entnommen. Der jährliche Brutto-N-Anfall wurde auf Basis dieser Stickstoffanfallswerte ab Lager berechnet, zu denen die gasförmigen N-Verluste im Stall und während der Lagerung (Faustzahlen für prozentuelle Verluste gemäß RL SGD) addiert wurden. Dieser jährliche Brutto-N-Anfall in Wirtschaftsdüngern wurde in der Stickstoffbilanz als Input angesetzt.

Der Stickstoff feldfallend (N_{ff}) – nach weiterem Abzug der Ausbringverluste vom „Stickstoffanfall ab Lager“ – für die einzelnen Tierkategorien wurde ebenfalls den RL SGD entnommen. Schließlich wurde der jahreswirksame Stickstoff (N_{jw}) im Wirtschaftsdünger unter Berücksichtigung der zeitverzögerten Wirkung der organisch gebundenen Anteile gemäß den prozentuellen Jahreswirksamkeitsangaben in den RL SGD und im AP Nitrat abgeschätzt. Diese jahreswirksamen Stickstoffmengen in Wirtschaftsdüngern wurden – gemeinsam mit der legumen N-Fixierung – dem Düngebedarf der Kulturen gegenübergestellt und so der Mineraldüngerbedarf abgeschätzt. Eine N-Nachwirkung aus dem Vorjahr wurde nicht berücksichtigt.

Während also für den Stickstoffüberschuss aus der Bruttobilanz (Gross Nitrogen Surplus, GNS) sämtliche gasförmigen N-Verluste in die Umwelt noch inkludiert sind, wird für die Ermittlung des Mineraldüngerbedarfs der jahreswirksame Stickstoffanfall in den Wirtschaftsdüngern herangezogen, wie in den RL SGD für die Düngeplanung empfohlen.

Dabei wurde die mittlere N-Aufbringung in Wirtschaftsdüngern je ha LF in der Gemeinde zunächst mit maximal 170 kg N ab Lager begrenzt, sofern der ermittelte N-Bedarf nicht geringer ausfällt. Diese Beschränkung gemäß AP Nitrat gilt im Durchschnitt über alle Flä-

chen des Betriebes, für die Bilanzierung wird die Begrenzung pro Schlag gerechnet. Daraus ergeben sich jedoch nur geringfügige Unterschiede auf Gemeindeebene im Ergebnis.

Übersteigt der lagerfallende Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern die 170 kg N/ha-Grenze (Stickstoff nach Abzug der Stall- und Lagerverluste) oder das empfohlene Düngungsniveau (bezogen auf N₁₂) entsprechend dem berechneten Bedarf, wird dieser Stickstoff-Anteil des Wirtschaftsdüngers als ungenutzt betrachtet und bildet einen Teil des N-Überschusses. Diese Vorgangsweise wurde gewählt, da keine konkreten Informationen über eine Weitergabe des Wirtschaftsdüngers an andere Betriebe auf regionaler Ebene vorliegen. Für die rechnerische Verteilung des Wirtschaftsdüngers wurden die landwirtschaftlichen Schlagnutzungen nach Priorität gereiht.

Der Stickstoffbedarf je Kulturart richtet sich in der Regel in den Richtlinien für die sachgerechte Düngung nach den empfohlenen Stickstoffdüngungswerten, wobei bei Angabe von Wertebereichen jeweils der Mittelwert für die Berechnung angenommen wurde. Bei INVEKOS-Schlagnutzungsarten mit zwei und mehr Kulturen (z.B. Getreide und Feldgemüse, Feldgemüse zweikulturig) wurde die erste Kultur bilanziert und Düngemengen sowie Erträge dieser ersten Kultur zugeordnet.

Die Kennwerte für Ertragseinstufungen und mittlere N-Düngeempfehlung wurden den Richtlinien für sachgerechte Düngung (Ackerbau und Grünland, Garten- und Feldgemüsebau, Weinbau, Obstbau u.a., BMLFUW 2006, 2008, 2009, 2014, 2017a, BMNT 2019a) entnommen bzw. der AMA-Liste mit Düngewerten für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium (AMA 2019). Je nach Auswertezeitraum werden die unterschiedlichen Auflagen der RL SGD für Ackerbau und Grünland verwendet: Auflage 6 (BMLFUW 2006) bis zum Jahr 2017 und Auflage 7 (BMLFUW 2017a) für 2018.

Die Ertragslageneinstufung, nach der eine entsprechende Stickstoffdüngung für die Abschätzung der ausgebrachten Mineraldüngeremenge angenommen wird, basiert je Kulturart auf den Erträgen der jeweils vorangegangenen fünf Jahre. Die Einstufung erfolgt für die höchste Ertragslage, wenn diese im 5-Jahreszeitraum mindestens dreimal erreicht wurde.

Die Differenz zwischen dem jahreswirksamen Stickstoffinput aus vorhandenem Wirtschaftsdünger und legumer N-Fixierung zum ermittelten N-Bedarf über alle bewertbaren landwirtschaftlichen Flächen wird mit Mineraldünger-N aufgefüllt und so der Mineraldüngerbedarf ermittelt. In der Berechnung wird zunächst der Mineraldüngerbedarf nach Gesamtmenge organischer Dünger und möglicher Einschränkungen ermittelt und bei der

Aggregation auf Gemeindeebene der Stickstoff aus N-Fixierung abgezogen. Auf Grünlandflächen wird die N-Fixierung für die Mineraldünger-Ermittlung nicht abgezogen, weil diese in der Stickstoff-Düngeempfehlung nach RL SGD bereits berücksichtigt wurde.

Stickstoff aus atmosphärischer Deposition wird je Gemeinde aus EMEP-Daten berechneten Mittelwerten 2012–2017 als zusätzlicher Eintrag hinzugerechnet. Die Stickstoffdepositionen aus der Luft konnten somit räumlich differenziert berücksichtigt werden.

Von der Summe der errechneten Stickstoffeinträge auf den landwirtschaftlichen Flächen einer Gemeinde werden die N-Entzüge über die Erträge, die für politische Bezirke vorliegen und als kulturartenspezifische pro Hektar-Erträge für alle Gemeinden des Bezirks angesetzt wurden (Daten der Statistik Austria), abgezogen. Liegen keine Ertragsdaten für eine Kulturart auf Bezirksebene vor, werden pro Hektar-Ertragsdaten der Bundeslandebene oder für ganz Österreich herangezogen. Ist auch diese Datenlage für einzelne Kulturarten nicht gegeben, wird auf Standarderträge aus der Literatur zurückgegriffen. Bei fehlender Information zum Ertrag wird die entsprechende Kulturart nur mit N-Eintrag über Deposition in die Bezugsfläche LF gesamt in die Bilanzierung mit einbezogen.

Die Austräge umfassen sowohl den Stickstoff aus Erntemengen (Marktfrüchte) als auch den Futterpflanzenentzug (Ertragsdaten der Statistik Austria und Bruttoerträge für einzelne Grünlandkategorien gemäß Grünem Bericht, z.B. Tab. 2.1.9.4 in BMLFUW 2019b). Nicht berücksichtigt wurden N-Einträge aus Saatgut, N-Bodenmineralisierung und N-Transfer (Verbringung von Wirtschaftsdünger) über die GWK-Grenzen. Die Abfuhr von Reststoffen und Entzüge für die energetische Nutzung (Verbrennung) wurden ebenfalls nicht berücksichtigt.

Im Gegensatz zur Hoftorbilanz finden tierische Produkte in dieser regionalen Flächenbilanz keine Berücksichtigung als N-Output, da hier der N-Überschuss auf der landwirtschaftlichen Fläche die Basis zur Einschätzung einer möglichen Grundwasserbelastung darstellt.

Die Differenz der derart ermittelten Stickstoffeinträge zu den Stickstoffausträgen ergibt einen jahrestypischen N-Überschuss bezogen auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche eines Grundwasserkörpers mit dem Risiko des Eintrags in die Umwelt. Die berechneten Brutto-Stickstoffüberschüsse sind in Kapitel 4.1.1 dargestellt.

Für eine Abschätzung des gewässergefährdenden Anteils des Stickstoffüberschusses werden gemäß dem Handbuch für Nährstoffbilanzen (Eurostat 2013) vom Brutto-

Stickstoffüberschuss noch gasförmige Ammoniakverluste in Stall, Lager und bei der Ausbringung als Verluste in die Atmosphäre abgezogen (Kap. 4.1.2).



Schweinehaltung

3.2 Wirtschaftsdünger

Für die Ermittlung des Stickstoffanfalls in Wirtschaftsdüngern werden neben den INVEKOS-Tierzahlen auch die Tierbestände aus dem Veterinärinformationssystem (VIS) genutzt. Das VIS bildet für Schweine, Schafe und Ziegen die Tierbestände auf Gemeindeebene am komplettesten ab, da in der VIS-Jahreserhebung Daten der AMA Tierliste (Teil des AMA Mehrfachantrages) mit Daten, die direkt bei Tierhaltern erhoben werden (diese stellen keinen AMA Mehrfachantrag), von der Statistik Austria zusammengeführt und verarbeitet werden. Die Angaben für Rinderbestände auf Gemeindeebene entstammen der Rinderdatenbank.

Für Geflügel gibt es seit der Agrarstrukturerhebung (Vollerhebung) 2010 der Statistik Austria keinen aktuellen, möglichst kompletten Datensatz auf Gemeindeebene, hier werden daher ausschließlich INVEKOS-Daten verwendet, wodurch u.U. einige Mastbetriebe nicht in die Bilanzierung mit eingerechnet werden. Durch die notwendige Harmonisierung der Gemeindezuordnungen über den Auswertzeitraum und die verschiedenen Datenquellen

hinweg musste auf eine Verwendung der genaueren und vollständigeren Geflügelzahlen aus der Agrarstrukturerhebung 2010 (Vollerhebung) verzichtet werden.

Die Berechnung der Brutto-N-Koeffizienten je Tierkategorie ist in Kap. 3.1 beschrieben.

3.3 Klärschlamm, Kompost und Biogas-Gülle

Neben Stickstoff in Klärschlamm und Kompost wird auch Stickstoff in pflanzlichen Gärsubstraten aus Biogasanlagen als Input in die N-Bilanz eingerechnet. Daten zu Mengen und N-Gehalten an Klärschlamm, Kompost und pflanzlichen Gärsubstraten liegen nur auf Bundeslandebene bzw. für ganz Österreich vor und werden im Rahmen der österreichischen Treibhausgasinventur für den Sektor Landwirtschaft jährlich ermittelt. Diese Daten werden für die Berechnungen übernommen und die durchschnittliche Menge je Gemeinde als N-Input ermittelt. Klärschlamm wird nur dort angenommen, wo die Zulassung der Aufbringung bekannt ist.

3.4 Mineraldüngerbedarf

Stickstoffeinträge über Mineraldünger werden bedarfsbezogen je Kultur und Ertragslage berechnet, indem die Differenz zwischen N-Empfehlung gemäß RL SGD und N-Einträgen in Form von Wirtschaftsdüngern, sonstigen organischen Düngern und N-Fixierung aufgefüllt wurde. Es handelt sich dabei um eine rechnerische Größe, die vom Bedarf der Kulturen abgeleitet wurde, daher weichen diese Daten teilweise von der Düngemittelstatistik (Verkaufszahlen) ab. Diese Vorgangsweise wurde gewählt, da die in der Düngemittelstatistik erfassten, in Verkehr gebrachten Mengen an Mineraldüngern nicht auf regionaler Ebene vorliegen.

Für das Grünland stellt sich die INVEKOS-Nutzungskategorie (Schlagnutzungsart) „drei- und mehrmähdige Mähwiese/-weide“ als eine zu grobe Nutzungskategorie für umweltbezogene Auswertungen zum Stickstoffeinsatz und zur Stickstoffbilanz heraus. Es wäre notwendig, diese Nutzungskategorie im INVEKOS-Mehrfachantrag, aber auch bei den Ernteerhebungen der Statistik Austria detaillierter zu erfassen – also mit der genauen Anzahl an Nutzungen und einer Abschätzung des Leguminosenanteils –, um fundiertere Aussagen über die N-Bilanzen dieser Flächen treffen zu können.

Österreichweit wird damit für die Periode 2012–2018 ein mittlerer jährlicher Stickstoffeintrag von 143.237 Tonnen errechnet. 2013 zeigt mit 148.269 Tonnen rein rechnerisch den höchsten Bedarf an Mineraldünger und 2015 den niedrigsten mit 138.035 Tonnen Stickstoff.

Auf Grundwasserkörper-Ebene werden die höchsten mittleren Mineraldünger aufwände für die Grundwasserkörper Marchfeld [DUJ] mit 100,17 kg N/ha LF und Weinviertel [DUJ] mit 91,52 kg N/ha LF errechnet.

Der ermittelte Mineraldüngerbedarf aller Grundwasserkörper gemittelt über den Auswertzeitraum ist in Karte 10, Kap. 5.2 dargestellt.

3.5 Legume Stickstoff-Fixierung

Folgende Werte werden für die N-Fixierung durch Leguminosen bei der N-Bilanz für die GWK angesetzt:

Tabelle 2: Annahmen für die legume N-Fixierungsleistung auf Ackerflächen

Nutzung	N-Fixierung in kg N/ha
Ackerbohne	170
Wechselwiese (Egart, Ackerweide)	50
Kleegras	135
Körnererbsen	100
Linsen	80
Luzerne	200
Rotklee und sonstige Kleearten	170

Quellen: Gollner 2012, Freyer et al. 2005, Weissengruber 2011, Starz et al., 2013

Neben Leguminosen auf Ackerflächen wurde auch für Dauergrünland eine Stickstofffixierung angesetzt, wobei diese mit zunehmender Intensivierung geringer ausfällt als in extensiven Nutzungen mit höherem Anteil an Leguminosen.

Auf Basis der Tabelle „Grünland: Futter-, Energie- und Rohproteinträge im Jahr xy“ des jährlich erscheinenden Grünen Berichts (z.B. BMNT 2019) wird aus den Brutto-TM-Erträgen und dem Rohproteingehalt die N-Abfuhr der einzelnen Grünlandkategorien errechnet. Diese wird den N-Düngeempfehlungen gemäß RL SGD 6 bzw. 7 gegenübergestellt. Die Differenz zeigt eine Spanne für die N-Fixierungsleistung der Knöllchenbakterien und für die Mineralisation von Stickstoff aus dem Bodenvorrat. Daraus wird die N-Fixierungsleistung für die Grünlandkategorien in kg N/ha grob abgeschätzt (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Annahmen für die N-Fixierungsleistung für Dauergrünlandkategorien

Nutzung	N-Fixierung in kg N/ha
Mähwiesen/-weiden, 3 und mehr Nutzungen	5
Dauerweiden	30
Almen	20
Bergmäher	20
Mähwiesen/-weiden, 2 Nutzungen	30
Einmähdige Wiesen	20
Hutweiden	20

Quelle: Zusammenfassung auf Basis von BMNT 2019, Tab. 2.1.9.4 und RL SGD 6 und 7 (BMLFUW 2006, BMLFUW 2017a)

3.5.1 Literaturrecherche zur legumen Stickstoff-Fixierung

Handbuch Berechnung der Stickstoff-Bilanz in Deutschland (Bach et al. 2011)

In Bach et al. (2011) werden folgende Werte für die legume N-Fixierung jener Kulturen angegeben, in deren Pflanzenbeständen Luftstickstoff durch symbiontische Bakterien gebunden wird.

Tabelle 4: Biologische N-Fixierungsleistung der Kulturen

CODE	Kategorie	Mengengerüst (a)				N-Gehalt	
		[3] Tabelle Nr. und Thema	Nr.	Spalte	Zeile	N-Gehalt [kg N/ha]	Quelle*
I	Biologische N-Fixierung						
i	Leguminosen						
i1	Hülsenfrüchte	102. Anbau, Ertrag und Ernte der Feldfrüchte a. Anbauflächen	3072200	C bis I	Σ 24 bis 27	176	[17] (28)
i2	Klee und Klee gras	102. Anbau, Ertrag und Ernte der Feldfrüchte a. Anbauflächen	3072200	C bis I	40	153	[17] (29)
i3	Luzerne	102. Anbau, Ertrag und Ernte der Feldfrüchte a. Anbauflächen	3072200	C bis I	41	228	[17]
j	Frei lebende Organismen						
j1	Dauergrünland	88. Landwirtschaftlich genutzte Fläche nach Kulturarten	3070400	G	8 bis 21	30	[17] (30)

Quelle: Werte in Bach et al. (2011)

Deutsche Düngeverordnung (DüV 2017)

Ausgehend von einem sehr hohen Ertragsniveau (z.B: Luzerne, Rotklee: 11–12 t TM/ha (Netto), vgl. Österreich: 6,4–8 t TM/ha (Brutto) in den Jahren 2016–2018, siehe BMNT (2019)) sind gemäß deutscher Düngeverordnung folgende N-Mengen aufgrund der legumen Stickstoffbindung bei der Düngung in Abschlag zu bringen:

Tabelle 5: Abschläge für Stickstoffnachlieferung aus der Stickstoffbindung von Leguminosen

Abschläge für Stickstoffnachlieferung aus der Stickstoffbindung von Leguminosen	
	Mindestabschläge in kg N/ha
Leguminosen im Grünland/Dauergrünland	
Ertragsanteil von Leguminosen 5 bis 10 %	20
Ertragsanteil von Leguminosen größer 10 bis 20 %	40
Ertragsanteil von Leguminosen größer 20 %	60
Leguminosen im mehrschnittigen Feldfutterbau	
Klee-/Luzernegras je 10 % Ertragsanteil Leguminosen	30
Rotklee/Luzerne in Reinkultur	360

Quelle: Dt. Düngeverordnung 2017, Tab. 12

Bayerischer Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland (LfL 2018)

Die N-Nachlieferung aus der N-Bindung von Leguminosen wird als Abschlag bei der Bemessung des Düngebedarfs miteinbezogen.

Über Leguminosen (z. B. Kleearten, Wickenarten, Luzerne) wird dem Grünlandbestand durch die Symbiose (Lebensgemeinschaft) mit an den Leguminosenwurzeln lebenden Knöllchenbakterien Luftstickstoff zur Verfügung gestellt. Diese Stickstoffnachlieferung hängt maßgeblich vom Leguminosenanteil im Pflanzenbestand ab und ist im Mittel mit 20 kg N/ha bei der Berechnung der N-Düngung zu berücksichtigen.

Tabelle 6: Abschläge für die Stickstoffnachlieferung aus der Stickstoffbindung von Leguminosen im Grünland

Gehaltsklassen (Ertragsanteil Leguminosen)	Mindestabschläge in kg N/ha
Ertragsanteil von Leguminosen unter 5 %	10
Ertragsanteil von Leguminosen 5 bis 10 %	20
Ertragsanteil von Leguminosen größer 10 bis 20 %	40
Ertragsanteil von Leguminosen größer 20 %	60

Quelle: LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) 2018 – Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland

Als Hinweis wird im Leitfaden der LfL (2018) erläutert, dass in der Praxis die Schätzung eines mittleren Leguminosenanteils im Grünland schwierig ist, weil der Leguminosenanteil auf derselben Fläche räumlich, zwischen den einzelnen Jahren und innerhalb eines Jahres stark schwanken kann. Empfohlen wird, von einem Ertragsanteil im Bereich von 5–10 % Leguminosen auszugehen, entsprechend einem Mindestabschlag von 20 kg N/ha (Tabelle 34). Dies auch deshalb, da Untersuchungen der LfL zeigen, dass der durchschnittliche Leguminosenanteil im bayerischen Dauergrünland bei rund 8–9 % liegt. Einen – langjährig – wesentlich höheren Leguminosenanteil haben häufig extensiv bewirtschaftete Flächen (Wiesen mit weniger als drei regelmäßigen Schnitten pro Jahr) mit Stallmistdüngung, oder geringen Jauche- und Güllegaben, sowie Flächen, die gut mit Phosphat und Kali versorgt sind und nicht zusätzlich mit mineralischem Stickstoff gedüngt werden. Auch nach Neuansaaten bzw. Nachsaaten mit Saatgutmischungen, die in der Regel Klee als Mischungspartner zu Gräsern enthalten, können sich höhere Kleeanteile als 10 % im Bestand über mehrere Jahre etablieren. Dagegen können sehr obergrasreiche und intensiv mit (minera-

lischem) Stickstoff gedüngte Grünlandbestände einen Leguminosenanteil von unter 5 % aufweisen (LfL 2018).

Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland (RL SGD6, RL SGD7, BMLFUW 2006, BMLFUW 2017a)

In der RL SGD 7 werden die angegebenen Werte für die Stickstoffdüngung von Grünland als Spannweiten angegeben, in die die Stickstoffquellen „Fixierungsleistung der Knöllchenbakterien von Leguminosen“ und „Mineralisation Stickstoff aus dem Bodenvorrat“ bereits berücksichtigt sind, weshalb die angegebenen Werte deutlich unter den Entzugszahlen sind. Die Gegenüberstellung der empfohlenen N-Düngemengen mit den Erträgen und Rohproteingehalten, die in Tab. 2.1.9.4 des Grünen Berichtes (BMNT 2019) jährlich veröffentlicht werden, zeigt, dass für diese beiden N-Quellen im Mittel 20–30 kg N veranschlagt wurden.

ÖPUL 2000

Tabelle 7: N-Bindung durch Leguminosen – Hauptfrüchte

Fruchtart	N-Fixierung in kg N/ha
Acker-Hauptfrüchte	
Ackerbohnen	113
Körnererbsen	140,36
Klee gras (Klee : Gras 50:50)	135
Klee gras (Klee : Gras 70:30)	170
Luzerne	285
Luzernegras (Luz : Gras 50:50)	155
Luzernegras (Luz : Gras 70:30)	190
Rotklee	235
Sojabohne	129,8

Quelle: ÖPUL 2000, Anhang 15

In Anhang 15 zum ÖPUL 2000 sind Werte für die N₂-Fixierung von Hauptfrüchten des Ackerlandes enthalten. Diese waren für die Berechnung von Nährstoffbilanzierungen von den LandwirtInnen anzuwenden.

Für das Grünland werden 60 kg N/ha für sehr extensive Grünlandflächen und 30 kg N/ha als landesüblich bzw. gehoben als Werte für die N-Bindung durch Leguminosen angeführt.

Universität für Bodenkultur

Gollner (2012) stellte die N-Fixierungskoeffizienten von Körnerleguminosen nach Freyer et al. (2005) dar und untersuchte die beeinflussenden Faktoren wie N_{min}- und Wassergehalt im Boden.

Abbildung 2: N₂-Fixierungsleistung von Körnerleguminosen, sowie von Klee und Luzerne

N₂-Fixierleistung Körnerleguminosen



Körnerleguminose	Kornertrag in dt TM/ha bei unterschiedlichen Bedingungen		Strohertag in dt TM/ha	Stickstoff-Fixierleistung in kg N/ha und Jahr	
	ungünstig	günstig		günstig	Variationsbreite
Ackerbohne	10	50	100	100 - 450	170
Erbse	10	40	40	50 - 300	100
Linse	5	20	20	30 - 150	80
Lupine	15	40	-	50 - 400	100
Sojabohne	10	35	49	60 - 300	100
Wicke	10	25	-	30 - 180	100
Platterbse	10	30	-	30 - 150	80

Freyer et al. 2005

Klee	50-350	250
Luzerne	100-400	250

Quelle: Gollner, 2012, nach Freyer et al. 2005

Weissengruber (2011) ermittelte für Luzerne als Mittelwert des fixierten Stickstoffs 259 kg ha⁻¹ in der ganzen Pflanze (N_{fix total}), davon 117 kg ha⁻¹ im Spross H1, 85 kg ha⁻¹ im Spross H2, 22 kg ha⁻¹ in den Stoppeln H2 und 33 kg ha⁻¹ in den Wurzeln.

HBLFA Raumberg-Gumpenstein

In Starz et al. (2013) wurde die N₂-Fixierleistung in Sproß, Stoppel und Wurzel nach der erweiterten Differenzmethode (Hauser, 1987) der drei Leguminosen Weißklee, Rotklee und Luzerne im zweiten Hauptnutzungsjahr erhoben. Die Formel dazu lautet:

$$[(\text{Sproß-N}_{\text{Leg}} + \text{Stoppel-N}_{\text{Leg}} + \text{Wurzel-N}_{\text{Leg}}) - (\text{Sproß-N}_{\text{Ref}} + \text{Stoppel-N}_{\text{Ref}} + \text{Wurzel-N}_{\text{Ref}})] + (\text{N}_{\text{min im Boden-Leg}} - \text{N}_{\text{min im Boden-Ref}}) = \text{N}_2\text{-Fixierleistung}$$

Hier erreichte die Luzerne mit 302 kg N/ha den signifikant höchsten Wert im Gegensatz zu Weißklee mit 199 kg N/h und Rotklee mit 136 kg N/ha. Diese errechneten N₂-Fixierungsleistungen entsprechen den in der Literatur (Freyer et al., 2005, siehe Tabelle 8) angegebenen Werten. Der sehr geringe Wert des Rotkleees kann auf den starken Rückgang des Deckungsgrades im zweiten Hauptnutzungsjahr 2009 zurückgeführt werden (Starz et al. 2003).

Tabelle 8: Standortbedürfnisse und Stickstofffixierleistung von Luzerne, Rot- und Weißklee

Parameter	Luzerne	Rotklee	Weißklee
Klima	gemäßigt bis warm, nicht zu feucht	kühl bis gemäßigt, feucht	Gemäßigt, mäßig bis sehr feucht
Boden	tiefgründig und kalkreich	Tiefgründig, humos und leicht kalkig	alle, außer extrem trocken
N-Fixierleistung	80-350 kg/ha	80-350 kg/ha	50-250 kg/ha

Quelle: Freyer et al. 2005, Hof & Rauber 2003, in: Starz et al. 2013

Für Grünlandökosysteme ist die Luft-Stickstoff-Bindung durch Knöllchenbakterien eine wesentliche natürliche Stickstoff-Quelle: Pro Prozent Leguminosenanteil im Pflanzenbestand werden ca. 1 bis 5 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr in den Boden eingetragen (Bohner & Eder 2006). Guggenberger (2006) bilanziert für das österreichische Grünland die symbiontische N-Bindung im Mittel mit 31 kg N/ha N-input, für das Ennstal werden rund

38 kg N/ha für biologische N-Bindung angesetzt (Pötsch 2013). Im extensiveren Düngungsbereich spielt der Beitrag der Leguminosen über die biologische N-Fixierung eine starke Rolle und je nach Kleeanteil können durchaus 60 bis 90 kg/ha und Jahr in das System einfließen (Pötsch 2009).

Je nach Bodenqualität, Vegetationsdauer, Ertragsniveau und Leguminosenanteil am Dauergrünland liegt die N-Zufuhr durch Luftstickstoffbindung durch Bodenbakterien in Österreich im Bereich von 20 bis 100 kg pro Hektar und Jahr (ÖAG 2019). Bei sehr leguminosenreichen Feldfutterflächen ist eine N-Fixierung bis zu 200 kg pro Hektar und Jahr möglich. Dieser fixierte Stickstoff steht den Pflanzen nur teilweise im selben Jahr bereits zur Verfügung. Mittelfristig trägt er jedoch am Bio-Betrieb wesentlich zur Schließung des Nährstoffkreislaufes bei (ÖAG 2019).

Die N-Bereitstellung aus der biologischen N-Fixierung im Grünland wird von Pötsch et al. (2019) mit 100 bis zu 380 kg N/ha und Jahr unter optimalen Bedingungen beziffert.

Grünlandbestände in Deutschland

Welche Bedeutung die Stickstofffixierung durch Knöllchenbakterien im Grünland haben kann, zeigte sich an den Ergebnissen eines Gemeinschaftsversuches von fünf deutschen Grünlandversuchsanstalten in den Jahren zwischen 2009 und 2012 (Elsäßer et al. 2014). Ziel des Stickstoffsteigerungsversuches war die Ermittlung der optimalen N-Düngeintensität, wenn man die Erzielung eines Rohproteingehaltes von 14–18 % als Zielgröße zugrunde legt. In Abhängigkeit von den Standorten entwickelten sich stark unterschiedliche Bestände, die im Falle von Aulendorf hohe Kleeanteile aufwiesen.

Die von der Universität Kiel zusammengefassten Daten wiesen letztlich unter Berücksichtigung der Fixierungsleistung eine Stickstoffdüngung von 322 bis 74 kg N/ha als optimale Düngemenge aus, die N-Fixierungsleistung betrug zwischen 0 und 184 kg N/ha (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: Optimale N-Düngemenge von deutschen Grünlandbeständen in Abhängigkeit von der N-Fixierung (kg N/ha)

	Riswick	Spitalhof	Aulendorf	Eichhof	Iden
N-Input	279	313	258	324	328
Abzgl. N-Fixierung	0	1	184	87	6
= optimale N-Düngemenge	279	312	74	237	322

Quelle: Elsässer et al. 2014, nach Herrmann et al., 2014

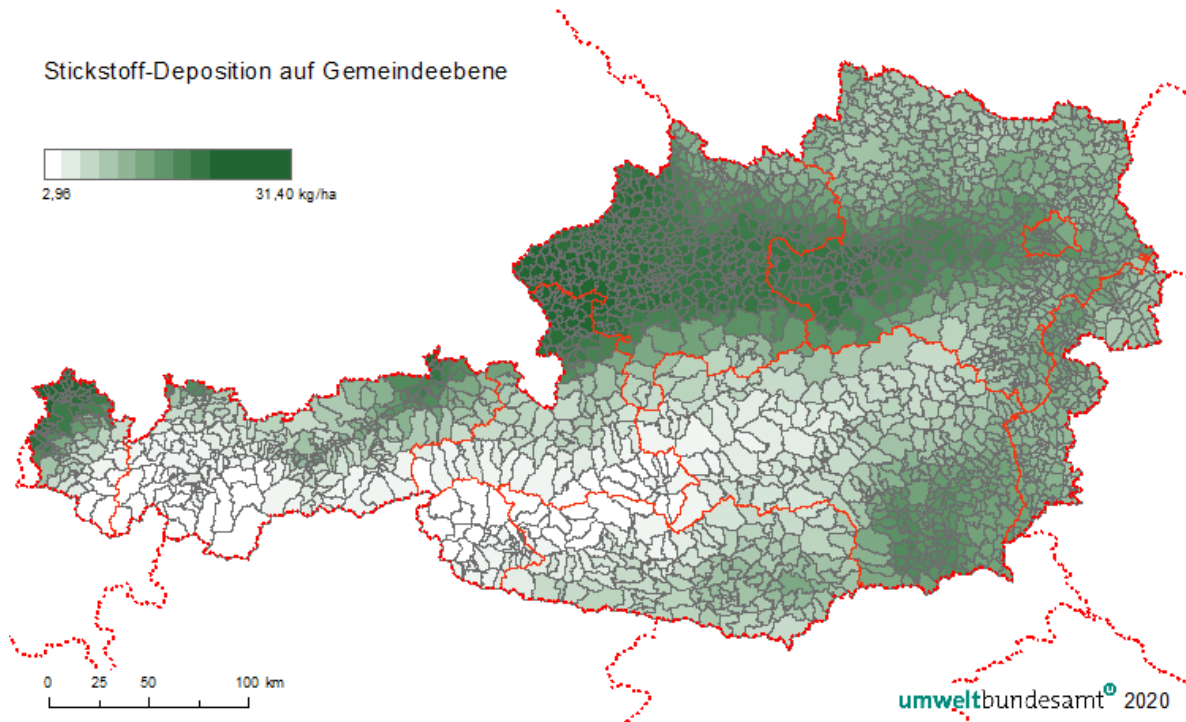
Elsässer et al. (2014) zeigten, dass sich mit mehr Leguminosen im Grünlandbestand die Eiweißerträge vom Grünland bis zu einer gewissen Grenze erhöhen lassen. Leguminosen besitzen zudem ökologische (Luftstickstoffbindung, Bodenverbesserung) und ökonomische (Verringerung des Mineraldünger-aufwandes, höhere Produktivität) Vorteile, die es im Sinne einer Steigerung der Eiweißerträge zu nutzen gilt.

3.6 Deposition

Für eine regional differenzierte Berücksichtigung der Stickstoffdeposition werden die Depositionsdaten aus dem EMEP MSC-West Modell zusammengeführt und von den Zellen (11x11 km) auf Gemeindeflächen flächengewichtet umgelegt. Das MSC-West Modell stützt sich auf nationale Emissionsdaten, die mittels Proxydaten disaggregiert werden.

Die errechnete Stickstoffdeposition je Gemeinde reicht von 3,0 bis 31,4 kg N/ha, bei einem Mittelwert über alle Gemeinden von 13,5 kg N/ha. Höhere Depositionsraten korrelieren beispielsweise mit Tierhaltung, Verkehrsdichte und Hauptwindrichtungen. Die Ergebnisse zu den Depositionsraten je Gemeinde sind in Abbildung 3 dargestellt.

Abbildung 3: Regionale Stickstoffdepositionen je Gemeinde in kg N/ha



Quelle: Depositionsdaten 2012-2017 aus dem EMEP MSC-West Modell
(<http://www.emep.int/mscw/index.html>)

Die ermittelten Depositionsraten sind 6-Jahresmittelwerte der Summe aus nasser und trockener Deposition. Bei trockener Deposition wird je Rasterzelle auch zwischen semi-natürlichen Flächen, Laubwald und Nadelwald unterschieden. Zusätzlich liegt auch ein Mittelwert je Zelle vor. Obwohl die landwirtschaftliche Nutzfläche zur semi-natürlichen Fläche zählt, wurde für die Bilanz mit den mittleren Depositionsraten gerechnet, da die jeweilige Zellinformation nur eine Näherung darstellt und eine genaue Lagezuordnung bei der Bilanzierung nach Gemeindecodes und Aggregation auf Grundwasserkörper nicht gegeben ist.

3.7 Erträge

Die jährlichen Ertragsdaten der Feldfrucht- und Dauerwiesenproduktion stammen von der Statistik Austria und liegen für politische Bezirke vor. Für sonstige Kulturen wie Hopfen, Erdbeeren, Sorghum, sonstiges Getreide, Süßlupine etc., aber auch Gemüse, Obst und Wein liegen Ertragsdaten nur auf Bundeslandebene vor.

In verschiedenen Ertragskategorien der „Sonstigen Kulturen“ sind laut Auskunft der Statistik Austria folgende Kulturen enthalten:

- Sonstige Ackerkulturen: nicht näher spezifiziert
- Sonstige Handelsgewächse: Rollrasen
- Sonstige Hülsenfrüchte: haupts. Erbsen/Getreidegemenge
- Sonstige Ölfrüchte: haupts. Senf
- Sonstiges Feldfutter: haupts. Futtergräser, Wicken/Getreidegemenge
- Sonstiges Getreide: haupts. Buchweizen
- Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen: v.a. Kümmel, Mariendistel u.a.

Standardisierte Feuchtigkeits-Gehalte (FG) liegen für Getreide, Mais und Körnererbse (je 14 %), sowie für Soja- und Ackerbohne (12 %), Raps (9 %) und Sonnenblumen (8 %) vor. Bei Ölkürbis handelt es sich um getrocknete Kerne (max. 8 % Feuchtigkeit); Hackfrüchte werden in Produktgewicht ausgewiesen, ebenso Grün/Silomais (wird üblicherweise bei TM von 25–30 % geerntet) und CCM (FG ca. 38–40 %); Klee und Wiesen sind in Heugewicht (ca. 10 % FG) angegeben.

Weitere Feuchtigkeitsgehalte des Ernteguts:

- Grünschnittroggen: 68 % FG
- Energiegräser: 15 % FG
- Sonstiges Feldfutter (Futtergräser-Gemenge): 70 % FG

Bei Klee, Luzerne und Wiesen sind die Ertragsangaben in Heuäquivalent (Heugewicht) (siehe Statistik Austria 2014).

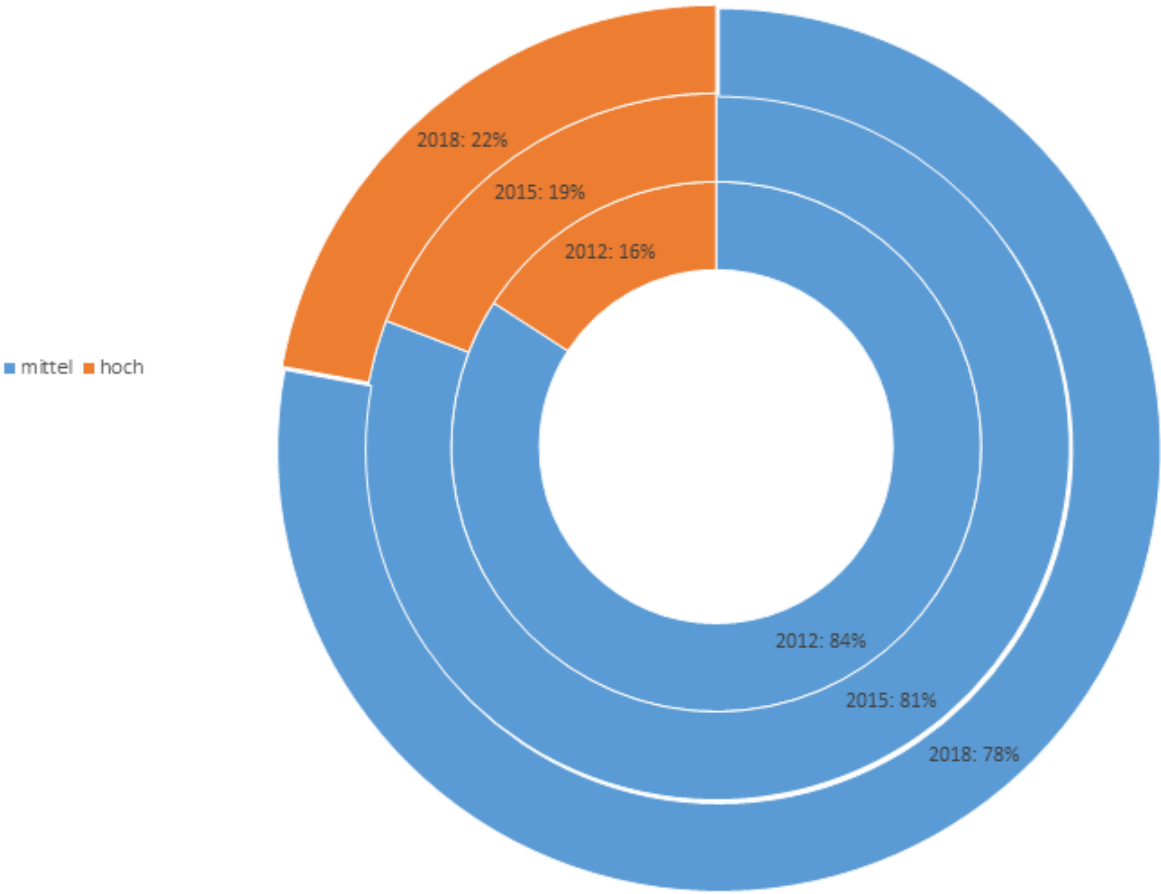
Diese Angaben zu den Feuchtigkeitsgehalten des Ernteguts sind für die Berechnung der N-Bilanzen notwendig, um den dazu passenden N-Koeffizienten (N in g / kg Erntegut) für die Ermittlung des N-Outputs ansetzen zu können.

Zur Ermittlung der Ertragslageneinstufung für die Abschätzung der N-Düngeempfehlungsmenge wird an Hand der jährlichen Hektarerträge gemäß Ernteerhebungen der Statistik Austria der vorangegangenen Jahre ab 2007 je Kulturart die höchste erreichte Ertragslage ermittelt. Wurden keine hohen Erträge erzielt oder liegen keine ausreichenden Ertragsinformationen für die vorangegangenen fünf Jahre vor (mindestens drei Werte), wird für die Bilanzierung eine N-Düngung nach mittlerer Ertragslage angenommen. Bei der Auswer-

tung der Ertragsdaten haben Daten auf Bezirksebene Vorrang vor Daten auf Bundesland-ebene oder österreichweiten Mittelwerten.

Abbildung 4: Ertragslageneinstufung (vereinfacht nach mittel/hoch) für die Jahre 2012, 2015 und 2018

ERTRAGSLAGENEINSTUFUNG AN HAND DER VORANGEGANGENEN 5 JAHRE



Quelle: Datengrundlage: Statistik Austria, RL SGD (BMLFUW 2006)

Die verwendeten Datenquellen sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

Tabelle 10: Datenquellen der Bilanzglieder

Input	Quelle	Auflösung räumlich
Wirtschaftsdüngeranfall	(1) INVEKOS (L005, L048)	Betrieb
	(2) Veterinärinformationssystem (VIS)	Gemeinde
Stickstoffbedarf	INVEKOS L037; und RL SGD, AMA Homepage, Literatur	Schlag
N-Fixierung	INVEKOS L037; Literatur	Schlag
Deposition	EMEP-Daten (MSC-West Modell)	Raster 11x11 km
Klärschlamm	Austria's National Inventory Report 2019 (Umweltbundesamt 2019, Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990-2017 (UMWELTBUNDESAMT 2019a))	Bundesland
Kompost	Austria's National Inventory Report 2019 (UMWELTBUNDESAMT 2019a)	national
pflanzliches Gärsubstrat aus Biogasanlagen	Austria's National Inventory Report 2019 (Umweltbundesamt 2019a)	national
Output	Quelle	Auflösung räumlich
Erträge (N-Entzug)	Statistik Austria	Bezirk/ Bundesland/ national

Quelle: Recherche und Zusammenstellung durch das Umweltbundesamt

4 Ergebnisse

4.1 N-Bilanz basierend auf Mittelwerten der empfohlenen N-Bedarfswerte für mittlere und hohe Ertragslagen nach RL SGD

Die Bilanzierung entspricht im Wesentlichen den Annahmen zur Düngung in der Auswertung 2009–2012, wo ebenfalls ausgehend von Düngung nach zumindest mittlerer Ertragslage die Mittelwerte der empfohlenen Wertebereiche der Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland, Garten- und Feldgemüsebau, Weinbau, Obstbau u.a. (BMLFUW 2006, 2008, 2009, 2014, 2017a, BMNT 2019a) verwendet wurden. Geringfügige Abweichungen zu den Ergebnissen im Vergleichsjahr 2012 in der Bilanz von 2013 sind auf methodische Weiterentwicklungen zurückzuführen.

4.1.1 Brutto-Stickstoffüberschuss 2012–2018

Die mittleren Brutto-N-Überschüsse im Auswertezeitraum reichen von 6,5 kg N/ha im Pinkatal [LRR] bis 74,8 kg N/ha landwirtschaftlicher Nutzfläche im Grundwasserkörper Hügelland zwischen Mur und Raab [MUR]. Der österreichweite Durchschnitt beträgt 43,8 kg N/ha. Durch die im Vergleich zur Auswertung 2009–2012 stärkere Berücksichtigung der Stickstofffixierung im Dauergrünland fallen die Überschüsse auch in den Grundwasserkörpern im Alpenvorland höher aus.

Im Vergleich zum nationalen Mittel gehen höhere Brutto-Stickstoffüberschüsse mit höherem Viehbesatz und dem damit verbundenen höheren Wirtschaftsdüngeranfall einher und sind vor allem in Oberösterreich, in der Steiermark und im Westen Niederösterreichs zu finden. In den Ackerbauregionen im Osten mit geringerer Viehdichte fallen die Brutto-Stickstoffüberschüsse in der Regel geringer aus.

Die Ergebnisse für eine Auswahl von Grundwasserkörpern (vorwiegend aktuelle oder frühere Beobachtungs- und voraussichtliche Maßnahmegebiete) sind in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Mittlerer Brutto-N-Überschuss in kg N/ha je Grundwasserkörper als Mittelwert der Periode 2012–2018 für Auswahl von GWK (v.a. aktuelle und ehemalige Beobachtungs- und voraussichtliche Maßnahmengebiets)

GWK-Nr	GWK	Brutto N-Überschuss (MW 2012–2018)	Einstufung 2016–2018
GK100011	Böhmische Masse [DBJ]	73,64	
GK100020	Marchfeld [DUJ]	33,81	B (Nitrat)
GK100021	Parndorfer Platte [LRR]	35,05	vM (Nitrat)
GK100035	Weinviertel [DUJ]	33,92	
GK100039	Mittleres Ennstal (Trautenfels bis Gesäuse) [DUJ]	34,34	vM (Ammonium)
GK100057	Traun - Enns - Platte [DUJ]	51,48	B (Nitrat)
GK100081	Wulkatal [LRR]	19,41	B (Nitrat)
GK100095	Weinviertel [MAR]	33,5	
GK100097	Grazer Feld (Graz/Andritz - Wildon) [MUR]	45,35	
GK100098	Leibnitzer Feld [MUR]	62,47	
GK100102	Unteres Murtal [MUR]	61,92	
GK100128	Ikvatal [LRR]	24,17	B (Nitrat)
GK100134	Seewinkel [LRR]	31,08	B (Nitrat)
GK100136	Stremtal [LRR]	6,6	B (Nitrat)
GK100146	Hügelland Rabnitz [LRR]	27,43	B (Ammonium)
GK100176	Südl. Wiener Becken-Ostrand [DUJ]	25,13	vM (Nitrat)
GK100178	Südl. Wiener Becken-Ostrand [LRR]	24,1	
GK100181	Hügelland Raab Ost [LRR]	11,09	
GK100183	Hügelland zwischen Mur und Raab [MUR]	74,76	B (Ammonium)

Quelle: Einstufung 2016-2018: Wassergüte in Österreich, Jahresbericht 2016–2018

Die vollständige Auflistung der Brutto-N-Überschüsse aller Grundwasserkörper auf Basis der Jahresbilanzen und Mittelwerte 2012–2018 ist im Anhang in Tabelle 14 zu finden und die Mittelwerte über die Auswerteperiode sind in Karte 1, Kap. 5.2 dargestellt.

Wie auch im früheren Auswertzeitraum 2009–2012 (BMLFUW 2013) bilden sich in der aktuellen Bilanzierung die regionalen Schwankungen in den jährlichen Ertragszahlen deutlich in den ermittelten Stickstoffüberschüssen ab, d.h. die Bilanzsalden in den einzelnen Jahren können deutlich vom mittleren Saldo für die Periode 2012–2018 abweichen. Der geringste Brutto-N-Überschuss im nationalen Mittel wurde im Auswertzeitraum für 2016 mit 30,5 kg N/ha ermittelt, der höchste für 2013 mit 54,2 kg N/ha. Der Rückblick auf die jährliche Wetter- und die Ertragssituation in Kap. 4.2.2 zeigt für 2016 ein sehr mildes Jahr mit überdurchschnittlich hohen Erträgen (ausgenommen Obst- und Weinbau wegen Frühjahresfrost) und für 2013 ein Jahr der Extreme mit Regen- und Dürrephasen, die zu Ertragseinbußen vor allem bei Mais, Erdäpfel, Obst und Gemüse führten.

Durch Ertragseinbußen und damit weniger Stickstoffentzug auf Grund außergewöhnlicher Witterungsbedingungen sind punktuell höhere Stickstoffausträge auch ins Grundwasser zu erwarten.

Die Standardabweichung der gemittelten Überschüsse für ganz Österreich liegt bei $\sigma = 7,9$ kg N/ha. In den Beobachtungs- und voraussichtlichen Maßnahmengebieten reicht die Standardabweichung von 7,4 bis 15,1 kg N/ha.

Die Bilanzierung erfolgte für die landwirtschaftlichen Nutzflächen, daher ist das abzuleitende Risiko für das Grundwasser auch in Abhängigkeit des Anteils der Landwirtschaft am gesamten Grundwasserkörper zu sehen. Intensive landwirtschaftliche Bewirtschaftungen (vor allem Ackerflächen) auf Standorten mit seichten Böden sind in den meisten Fällen für eine Gefährdung von Grundwasserkörpern durch Nitrat (Schwellenwert: 45 mg/l) ausschlaggebend. Dies ist vor allem im Nordosten Österreichs trotz Stickstoffüberschüssen deutlich unter dem österreichischen Durchschnitt der Fall, wo durch geringere Grundwasserneubildungsraten auch niedrige N-Überschüsse zu höheren Nitratkonzentrationen über dem Schwellenwert führen können.

Mit Ausnahme der Grundwasserkörper Mittleres Ennstal (Trautenfels bis Gesäuse) [DUJ] und Traun-Enns-Platte [DUJ] weisen alle Beobachtungs- und voraussichtlichen Maßnahmengebiete (siehe Tabelle 11) eine negative mittlere klimatische Wasserbilanz für den Zeitraum 1990–2018 auf.

In Regionen mit hohem Viehbesatz bewirken meist höhere Niederschläge eine stärkere Verdünnung im Grundwasser, hinzu kommt auf geschlossenen Grasdecken ein geringeres Risiko für eine Nitratauswaschung ins Grundwasser. Hingegen ist dort das Potenzial für N-Ausgasungen als Lachgas höher (vgl. Foldal et al., 2019). Karte 10 in Kap. 5.2 zeigt die Verteilung des Wirtschaftsdüngeranfalls und der errechneten Mineraldüngerbedarfswerte je Grundwasserkörper gemittelt für die Periode 2012–2018.

4.1.2 Hydrosphärischer Anteil des Stickstoffüberschusses

Im Handbuch für Nährstoffbilanzen nach OECD/Eurostat (Eurostat 2013) wird empfohlen, den Brutto-Stickstoffüberschuss in einen atmosphärischen und einen hydrosphärischen Anteil zu gliedern, wobei letzterer den potenziellen Eintrag in Grundwasser oder Oberflächengewässer darstellt. Der hydrosphärische Anteil des mittleren N-Überschusses nach Abzug der gasförmigen Ammoniak-Verluste aus Wirtschaftsdüngern über alle Grundwasserkörper beträgt 26,5 kg N/ha landwirtschaftliche Nutzfläche, bei Maximalwerten von 39,2 kg N/ha in den Grundwasserkörpern Böhmisches Massengebiet [DBJ], Südl. Machland [DUJ] und Molasse und nördliche Flyschzone [RHE].

Da nur die atmosphärischen (gasförmigen) NH_3 -Verluste beim Wirtschaftsdünger-Management abgezogen wurden, ergeben sich daraus größere Abstriche nur in den viehstarken Regionen. Die Brutto-N-Überschüsse in den Maßnahmengengebieten im Osten mit wenig Tierhaltung sind demnach größtenteils als gewässerrelevant einzustufen oder können potenziell bei bestimmten Bodenverhältnissen auch in Form von Lachgas und Stickoxiden aus den Böden ausgasen.

Die berechneten Stickstoffüberschüsse abzüglich atmosphärischer Verluste im Bereich Wirtschaftsdüngermanagement als Risiko für den Austrag in die Gewässer sind in Karte 9 in Kap. 5.2 dargestellt.

Zur Ermittlung des tatsächlichen Stickstoffeintrags ins Grundwasser wären zum einen Berechnungen auch für regionale gasförmige N-Verluste aus landwirtschaftlichen Böden notwendig. Zudem wären weitere Untersuchungen zum Abflussregime und Abbauverhalten des Stickstoffs in der ungesättigten Zone erforderlich.

4.2 Ergänzende Auswertungen

4.2.1 Vergleich der N-Bilanzen für GWK mit der nationalen N-Bilanz

Unterschiede in den Bilanzergebnissen auf regionaler und nationaler Ebene gehen im Wesentlichen auf die Bilanzglieder Mineraldünger und legume Stickstofffixierung zurück.

Die nationale Stickstoff-Brutto-Bilanz der Landwirtschaft ist einer der Schlüsselindikatoren für die Agrarumwelt (AEI), über die regelmäßig von OECD und EUROSTAT berichtet werden (OECD 2013, Eurostat 2020). Die Methodik zur Berechnung der Stickstoff-Bilanz der Landwirtschaft auf nationaler Ebene ist im Eurostat/OECD Handbuch zur Erstellung des landwirtschaftlichen Brutto-Stickstoff- und Phosphor-Budgets (Gross Nitrogen Budget, GNB und Phosphorus Budget, PB) für die EU27, Norwegen und die Schweiz festgehalten (Eurostat 2013).

Im Jahr 2019 wurde die nationale N-Bilanz der österreichischen Landwirtschaft an die EUROSTAT-Vorgaben angepasst und aktualisiert. Die Eingangsdaten wurden gemäß den Vorgaben des Handbuchs von Eurostat (2013) so weit wie möglich mit den Daten der österreichischen Treibhausgasinventur gemäß IPCC (2006), Sektor Landwirtschaft (Umweltbundesamt 2019a), abgeglichen. Das führte v.a. im Bereich der legumen N-Bindung zu deutlich niedrigeren Zahlen im Vergleich zu vorangegangenen nationalen Berechnungen und zur vorliegenden regionalen Bilanzierung, da gemäß IPCC (2006) nur die „Vorfruchtwirkung“ der legumen Pflanzen, also der Stickstoff, der beim Umbruch im Boden freigesetzt wird, angesetzt wird. Bei der Treibhausgasinventur geht es bei der legumen N₂-Fixierung nämlich nur um den N-Eintrag, der potentiell zu vermehrten Lachgas-Emissionen führt, wodurch der N₂O-emissionsrelevante N-Input durch die legume N₂-Fixierung geringer eingeschätzt wird, als aufgrund der N₂-Fixierungsraten von Leguminosen aus der Literatur bekannt ist. In den 2006 IPCC Guidelines wird dies folgendermaßen begründet:

“Biological nitrogen fixation has been removed as a direct source of N₂O because of the lack of evidence of significant emissions arising from the fixation process itself (Rochette & Janzen, 2005). Rochette & Janzen (2005) conclude that much of the increase in soil N₂O emissions in legume crops may be attributable to the N release from root exudates during the growing season and from decomposition of crop residues after harvest, rather than from biological nitrogen fixation per se. Consequently, the authors proposed that the biological fixation process itself be removed from the IPCC N₂O inventory methodology, and that N₂O emissions induced by the growth of legume crops be estimated solely as a function of crop residue decomposition using an estimate of above- and below-ground residue

inputs, modified as necessary to reflect recent findings on N allocation. The authors concluded that the N₂O emissions induced by the growth of legume crops/forages may be estimated solely as a function of the above-ground and below-ground nitrogen inputs from crop/forage residue (the nitrogen residue from forages is only accounted for during pasture renewal). Conversely, the release of N by mineralization of soil organic matter as a result of change of land use or management is now included as an additional source. These are significant adjustments to the methodology previously described in the 1996 IPCC Guidelines.”

Die Berechnung des N-Inputs durch biologische N-Fixierung erfolgt nunmehr nur über den N-Gehalt der oberirdischen und unterirdischen Ernterückstände der legumen Pflanzen, die bei Umbruch dem Boden zugeführt werden, wie in den 2006 IPCC Guidelines festgelegt (IPCC 2006).

Tabelle 12 zeigt die Variation der Werte für die biologische Stickstofffixierung zwischen den Ländern für die Jahre 2010–2011, wie sie im Handbuch von Eurostat (Eurostat 2013) angegeben wird.

Tabelle 12: Biologische N-Fixierungsraten, wie sie bei der Eurostat-Datensammlung von den Ländern für die Jahre 2010-2011 angegeben wurde (Eurostat 2013)

Kultur	kg N per ha und Jahr
Sojabohne	20 – 135
Hülsenfrüchte, Erbsen, Bohnen	24 – 125
Grünfütter	10 – 190
Leguminose Pflanzen	55 – 500
Weiden	5 – 153

Quelle: Eurostat 2013

Als Schlussfolgerung fordert das EUROSTAT/OECD Handbuch die Länder auf, ihre länder-spezifischen N-Fixierungs-Koeffizienten zu ermitteln:

“Currently a harmonized methodology across Europe to estimate BNF coefficients does not exist and actions to improve the situation are not foreseen in the short term. Although in principle the aim is to provide coherent estimations with GHG Inventories countries for this flow an exception is made and country-specific data are preferred. Care should be taken

that the estimation of BNF by leguminous crops takes into account the belowground fixation. If country-specific methodologies are based on a biomass approach, Equation 14 can be used to determine the fixation coefficient per ha; the estimated BNF by a leguminous crop i is divided by the area of leguminous crop i .

More recent techniques however provide estimates on the percentage of total N of the plant that is derived from BNF. It has been noted that applying IPCC Tier1 methodology results in relative high estimations of N fixation in comparison to estimates of countries which have invested in country-specific approaches. Due to lack of evidence of significant emissions arising from the fixation process itself (IPCC 2006, 11.6), it should be noted that data on N₂O emissions from BNF and underlying data to estimate these emissions will no longer be required to be reported to UNFCCC when the 2006 Guidelines become applicable which is expected in 2015. However N₂O emissions from crop residues of N-fixing crops are still required, which are depending on the amount of N fixed. Because of the rough estimation under the Revised 1996 IPCC Guidelines and the removal of the estimation of N₂O emissions from BNF in the 2006 Guidelines, countries are advised to establish country-specific estimates of BNF of leguminous crops.”

Die N-Fixierung des Grünlands wurde im Unterschied zur regionalen N-Bilanz bisher bei der nationalen N-Bilanz noch nicht mit einbezogen. Dies ist im Zuge der nächsten Aktualisierungen geplant.

Ein weiterer methodischer Unterschied zwischen nationaler N-Bilanz und regionalen N-Bilanzen für Grundwasserkörper liegt in der Ermittlung des Mineraldünger-Inputs. In der nationalen N-Bilanz werden die nationalen Mineraldünger-Verkaufszahlen angegeben – ähnlich wie bei der nationalen Treibhausgasinventur, nur erfolgt dort noch eine arithmetische Mittelwertberechnung der Verkaufszahlen von zwei Jahren, um die Daten zu glätten. In der regionalen Bilanz werden die Mineraldüngermengen als Mineraldüngerbedarf ermittelt (siehe Kap. 3.1 und 3.4)

Die methodischen Unterschiede in den zugrundeliegenden Daten und der Berechnungen der nationalen N-Bilanz und der in diesem Bericht publizierten regionalen N-Bilanzen für Grundwasserkörper auf Basis von Daten auf Gemeindeebene sind im Detail in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt.

Tabelle 13: Darstellung der Daten und Erläuterungen zu den methodischen Unterschieden der regionalen N-Bilanzen für Grundwasserkörper (links) und der nationalen N-Bilanz (rechts)

Regionale N-Bilanz										Nationale N-Bilanz									
Jahr	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Erläuterungen zu den Daten der regionalen N-Bilanzen:		Jahr	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Erläuterungen zu den Daten der nationale N-Bilanz:	
N-Input (1000 t)	399	397	392	386	387	386	387			N-Input (1000 t)	332	346	345	365	357	353	347		
Wirtschaftsdünger	158	157	156	156	156	156	154	Brutto-N-Anfall der INVEKOS- und VIS-Tierkategorien ohne Berücksichtigung des nährstoffbestimmenden Bestands für Mast Schweine, Jungsau und bestimmte Geflügelkategorien (mehrere Umtriebe pro Jahr).			169	169	170	169	171	172	170	Brutto-N-Anfall gemäß Allg. Viehzählung und Agrarstrukturerhebung; für Mast Schweine, Jungsau und bestimmte Geflügelkategorien (mehrere Umtriebe pro Jahr) wurde der N-Anfall für den nährstoffbestimmenden Tierbestand ermittelt gemäß RL SGD 7.	
Sonstiger organischer Dünger	12	12	13	14	12	13	13	Bei Kompost und pfl. Gärsubstraten die nationalen Daten gleichmäßig auf die Flächen verteilt, bei Klärschlamm die Bundesländer-Daten herangezogen			13	13	13	14	13	14	14	österreichische Zahlen für Klärschlamm, Kompost, pflanzliche Gärreste gemäß THG-Inventur inklusive Abschätzung für Lebensmittelabfälle, die in Biogasanlagen vergoren werden und mit Biogasgülle ausgebracht werden.	
Mineraldüngerbedarf	147	148	144	138	142	140	143	Mineraldüngerbedarf als Differenz von gesamtem N-Bedarf der einzelnen Kulturen minus Wirtschaftsdüngeranfall minus legumener N-Fixierung berechnet			98	112	112	130	123	118	113	Verkaufszahlen	
N-Fixierung	45	43	43	43	42	43	43	N-Fixierung als gesamte N-Fixierungsleistung von Leguminosen angesetzt; N-Fixierung auch im Grünland mit einbezogen			5	5	6	5	6	6	6	N-Fixierung nur als Vorfruchtwirkung angerechnet, gemäß THG-Inventur (2006 IPCC GL), d.h. nur den N angerechnet, der bei Umbbruch freigesetzt wird aus Wurzeln und Ernterückständen. N-Fixierung im Grünland noch nicht mit einbezogen.	
Deposition	36	36	36	35	35	35	35	regional aufgelöste Daten zur N-Deposition verwendet			43	43	41	41	40	40	40	österreichischer Durchschnittswert von 15 kg N/ha	
Lagerveränderung an organischen Düngern								Lagerveränderungen vernachlässigt			0	0	0	0	0	0	0	Import minus Export von organischen Düngern	
Saatgut								Saatgut als Inputkategorie vernachlässigt			4	4	4	4	4	4	4	Saatgut-N-Input aus Faustzahlen für die Landwirtschaft für die wichtigsten Ackerkulturen ermittelt.	
N-Output Entzüge (t)	269	251	302	268	308	270	256	für Grünland Brutto-Erträge angesetzt (Daten der STATAT)			236	221	265	243	279	235	225	EUROSTAT/OECD-Handbuch (Brutto-Erträge minus Bröckelverluste durch Werbung, Lagerung und Verfütterung)	
Differenz (t)	129	146	91	118	80	116	131				95	125	81	121	78	118	122		
Fläche ausgewertet (1.000 ha)	2.752	2.692	2.666	2.616	2.609	2.597	2.590	LN gemäß INVEKOS			2.864	2.862	2.716	2.720	2.689	2.656	2.654	LN gemäß Statistik der Landwirtschaft	
Brutto-Überschuss [kg N/ha LF]	47	54	34	45	30	45	51	Brutto-Überschuss abzüglich der NH ₃ -Verluste (kalkulatorische N-Verluste im Stall und am Lager sowie bei der Ausbringung gemäß RL SGD)			33	44	30	45	29	44	46	Brutto-Überschuss abzüglich der nationalen NH ₃ -, NO _x - und N ₂ O-Emissionen	
Überschuss Hydrosphäre [kg N/ha LF]	30	37	17	28	13	27	33				13	24	8	23	6	22	23		

Quelle: Umweltbundesamt 2019

4.2.2 Wettersituation 2012–2018 und Ertragsschwankungen

Im Wetterrückblick zeigen die Jahre 2012 bis 2018 zum Teil extreme Schwankungen für Temperatur, Sonnenschein und Niederschlag (ZAMG – Annual Climate Report, <https://www.zamg.ac.at/cms/en/climate/climate-overview/current-climate/annual-climate/wetterrueckblick?monat=GJ&jahr=2018>). Dies spiegelt sich auch in den landwirtschaftlichen Erträgen wider (BMLFUW 2013–2019). Im Folgenden sind die Wettersituation und Erträge für die einzelnen Berichtsjahre kurz dargestellt.

2012 hebt sich als überdurchschnittlich warmes Jahr hervor (österreichweit das siebtwärmste Jahr seit 1768, das wärmste Jahr der Messgeschichte an den Wetterstationen Lienz und Sonnblick), die höchsten Überschreitungen der langjährigen Durchschnittstemperaturen waren in den Randzonen der Alpen im Süden und Osten zu finden. Im Westen und Süden (Vorarlberg, Nordtirol, Osttirol, Kärnten, südliches Salzburg und Teile der Steiermark) traten ungewöhnlich hohe Niederschläge auf, jedoch extreme Trockenheit im östlichen Weinviertel, im Burgenland und in Teilen des Mühl-, Inn- und Hausrückviertels.

Die Erträge von Getreide, Ölfrüchten, Eiweißpflanzen und anderen Feldfrüchten, sowie Erdäpfeln, Zuckerrüben und Gemüse fielen geringer aus, als im vorherigen Wirtschaftsjahr, v.a. im Osten des Landes (Niederösterreich und Burgenland) auf Grund der extremen Trockenheit im Frühjahr, des Spätfrosts im Mai und der heftigen Regenfälle zur Erntezeit. Auch die Obst- und Weinerträge waren eher gering. Im Grünland und Feldfutterbau zeigten sich regionale Unterschiede in den Erträgen aufgrund von extremer Witterung mit Unwettern.

2013 geht als eines der wärmsten Jahre in die Messgeschichte der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) ein (österreichweit das neuntwärmste seit dem Messbeginn 1768). Der Sommer brachte auch viele Temperatur-Rekorde, dieses Jahr war zusammenfassend extrem nass (Mai) und extrem trocken (Juli).

Die Getreideernte war mengenmäßig gut durchschnittlich, aufgrund der lang anhaltenden Hitzewelle und Trockenheit in den wichtigen Anbaugebieten waren jedoch – nicht zuletzt aufgrund der raschen Abreife – bei den Maisbeständen Einbußen zu verzeichnen. Die Ernte an Ölfrüchten, Eiweißpflanzen und Zuckerrüben stieg (leicht) an, ungewöhnlich gering fiel die Erdäpfelernte 2013 aus, der Grund war das nasskalte Frühjahr mit Überschwemmungen und der trockene, heiße Sommer. Auch die Gemüse-, Wein- und Obsternten waren eher unterdurchschnittlich. Im Grünland- und Feldfutterbereich wurde aufgrund der

Dürrekatastrophe 2013 (trockener Juli) ein finanzieller Ausgleich für den Ankauf von Futtermitteln gewährt, da es nach dem niederschlagsreichen Saisonauftakt und der mehrwöchigen Trockenperiode zu Problemen in der Versorgung der Nutztiere mit Grundfutter kam.

2014 war das wärmste Jahr seit Beginn der Messungen und überdurchschnittlich nass. Markant waren in diesem Jahr nicht lange Hitzewellen, sondern konstant überdurchschnittlich hohe Temperaturen. Im Süden und Südwesten gab es vor allem in Osttirol und in Kärnten sowie im Süden der Steiermark und des Burgenlandes viel Niederschlag, der Advent war jedoch dann sehr mild und schneearm.

Das Jahr 2014 brachte eine mengenmäßig gute Getreideernte, auch die Ernte an Ölfrüchten, Erdäpfeln, Zuckerrüben, Gemüse und Obst stieg aufgrund der ausgezeichneten Witterungsbedingungen während der Vegetationsperiode an.

2015 war in Österreich das zweitwärmste Jahr in der 248-jährigen Messgeschichte und eines der zwanzig trockensten Jahre. Es herrschte sehr konstantes warmes, trockenes und sonniges Wetter vor. Zudem gab es viele Tage mit extremer Hitze. Im Norden und Osten Österreichs führte die Trockenheit über weite Strecken des Jahres in der Landwirtschaft immer wieder zu Problemen.

Die Erträge bei Getreide fielen im Erntejahr 2015 geringer als im Vorjahr, aber zufriedenstellend aus. Auch die Erträge an Ölfrüchten, Erdäpfeln und Zuckerrüben sowie Gemüse waren niedriger, die Obst- und Weinernte hingegen zufriedenstellender.

Nach 2014 und 2015 (und 1994) war das Jahr **2016** das viertwärmste Jahr der Messgeschichte. Es gab fast keine langen sehr kühlen oder kalten Wetterphasen. Eine Ausnahme war der starke Frost Ende April, der massive Schäden in der Landwirtschaft verursachte. Der Jänner, Februar, Mai und Juni waren sehr nass.

Die Getreideernte 2016 (inkl. Körnermais) war deutlich höher ausgefallen als im Vorjahr und damit eine der höchsten Getreideernten der letzten zehn Jahre. Entscheidend für die guten Erträge waren die günstigen klimatischen Bedingungen mit moderater Wärme und ausreichenden Niederschlägen. Auch die Zuckerrüben-, Ölfrüchte- (inkl. Sojabohnen-), Erdäpfel- und Gemüseernten waren deutlich höher aufgrund der ausgezeichneten Wachstumsbedingungen. Der Erwerbsobstbau – und in geringerem Ausmaß auch der Weinbau –

stand hingegen ganz im Zeichen des Frühjahrsfrosts, welcher enorme Schäden verursachte, nahezu alle Obstarten waren betroffen.

Auch **2017** war von der Klimaerwärmung geprägt und reiht sich unter den wärmsten Jahren der 250-jährigen Messgeschichte ein. Auf einen sehr warmen März folgte Frost Ende April und darauf einer der heißesten Sommer mit extrem vielen Hitzetagen. Regen und Schnee fielen in durchschnittlichen Mengen, waren jedoch regional sehr unterschiedlich verteilt, mit mehr Niederschlag entlang der Alpennordseite (von Vorarlberg bis ins Mostviertel), sowie in Kärnten und in der Obersteiermark. Zu trocken war es dagegen besonders entlang der Donau und nördlich davon, sowie im Wiener Becken, im Burgenland und im Süden der Steiermark.

Die Getreideernte 2017 war um 15 % niedriger als im Vorjahr, Hauptursache für die Ertragsrückgänge war die fröhsommerliche Trockenperiode mit wochenlangem Niederschlagsdefizit im Mai und Juni. Die Zuckerrüben- und Erdäpfelerträge waren ebenfalls geringer im Vergleich zu 2016, in geringerem Maße auch die Erntemengen an Gemüse und Ölfrüchten, nur die Sojabohnenproduktion aufgrund der ausgeweiteten Anbauflächen fiel höher aus. Der Erwerbsobstbau litt zum zweiten Mal in Folge unter dem Spätfrost, hingegen war die Weinernte überdurchschnittlich.

2018 geht als bisher wärmstes Jahr in die Messgeschichte ein und bestätigt den Trend zu einem immer wärmeren Klima. Trockenheit herrschte in vielen Regionen Österreichs vor, vor allem in Vorarlberg, in den nördlichen Regionen Salzburgs, in Oberösterreich und im Großteil von Niederösterreich. In einigen Regionen (Graz, Oberkärnten, Osttirol, Gailtal) regnete es sehr stark in sehr kurzer Zeit. Die überdurchschnittlichen Temperaturen im Sommer verursachten dann extrem kurze Zeitperioden zwischen Blüte und Fruchtreife. So benötigte der Schwarze Holunder für die Fruchtreife 76 Tage – drei Wochen weniger als im langjährigen Schnitt.

Die Erträge 2018 waren hitze- und trockenheitsbedingte Mindererträge im Acker- und Futterbau, welche durch gute Ernten im Obst- und Weinbau nur teilweise kompensiert werden konnten. Die Getreideernte (inkl. Körnermais) fiel aufgrund von Hitze und Wassermangel ähnlich niedrig aus, wie im Vorjahr. Zu den großen Verlierern des Jahres 2018 zählte die Zuckerrübe: Infolge von Rüsselkäferbefall musste ein hoher Flächenanteil umgebrochen werden, wodurch sich die Zuckerrübenfläche im Vorjahresvergleich um mehr als ein Viertel verringerte. Dagegen wurde im Obstbau eine Rekordernte eingebracht, auch im Weinbau gab es eine mengenmäßig und qualitativ sehr gute Ernte. Stabil bzw.

etwas höher im Vergleich zum Vorjahr waren die Erträge an Ölfrüchten und Erdäpfeln, wobei die Erdäpfelsaison 2018 in den Hauptanbaugebieten von Hitze und Trockenheit und einem damit verbundenen hohen Schädlingsdruck (Drahtwurm) geprägt war. Die Gemüseernte war unterdurchschnittlich. Feldfutter und Grünland litten, wie schon im Vorjahr, massiv unter der Trockenheit, was zu unterdurchschnittlichen Erträgen führte.



Ackerbau im Heideboden, Burgenland

5 Anhang

5.1 Anhang – Tabellen

Tabelle 14: Ergebnisse der Stickstoffbilanz 2012-2018 als Brutto-Überschuss N in kg/ha landwirtschaftliche Nutzfläche je Grundwasserkörper (Jahresbilanzen und Mittelwert der Periode)

GWK-Nr.	GWK	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	MW 2012-2018	Anteil LW an GWK %
GK100001	Großache [DBJ]	52,2	60,2	50,6	44,5	41,9	47,9	57,4	50,7	49,3
GK100002	Inntal [DBJ]	48,4	61,3	47,5	51,7	54,0	63,7	74,6	57,3	46,0
GK100004	Lechtal [DBJ]	41,2	46,6	36,6	42,8	37,6	41,2	45,6	41,7	28,8
GK100005	Pinzgauer Saalachtal [DBJ]	44,7	43,1	34,8	36,4	33,4	40,1	48,2	40,1	65,1
GK100006	Unteres Salzachtal [DBJ]	56,1	68,8	34,1	69,5	39,9	64,0	80,6	59,0	39,8
GK100008	Helvetikum [DBJ]	24,8	29,8	20,1	20,7	22,9	21,5	26,5	23,8	10,5
GK100009	Nördliche Kalkalpen [DBJ]	37,4	42,9	33,4	35,3	33,8	39,7	48,8	38,7	8,4
GK100010	Zentralzone [DBJ]	30,5	34,4	26,5	28,2	29,8	32,9	43,1	32,2	10,3
GK100011	Böhmische Masse [DBJ]	65,7	81,0	56,5	91,3	61,0	76,6	83,5	73,6	57,7
GK100012	Oberinnviertler Seenplatte [DBJ]	60,1	82,2	61,0	75,9	50,3	59,3	86,7	67,9	65,3
GK100013	Salzach - Inn - Mattig [DBJ]	57,3	78,3	51,8	65,1	44,8	49,0	72,1	59,8	63,1
GK100014	Salzburger Alpenvorland [DBJ]	59,1	87,3	36,1	77,4	24,2	81,0	90,9	65,1	61,6
GK100015	Schlierhügelland [DBJ]	61,1	83,7	48,0	72,7	48,0	49,1	63,9	60,9	82,9
GK100016	Südliche Flyschzone [DBJ]	24,8	29,8	20,1	20,7	22,9	21,5	26,5	23,8	9,5
GK100017	Erlauftal / Pöchlarn	48,7	68,8	44,5	58,3	20,1	24,5	35,0	42,8	61,9

GWK-Nr.	GWK	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	MW 2012- 2018	Anteil LW an GWK %
	Feld [DUJ]									
GK100018	Heideboden [DUJ]	43,6	47,7	24,9	37,0	20,5	44,5	38,2	36,6	89,4
GK100019	Machland [DUJ]	43,7	72,1	40,8	73,4	33,8	38,3	54,3	50,9	72,7
GK100020	Marchfeld [DUJ]	49,1	20,8	17,8	34,3	21,8	49,9	42,8	33,8	68,2
GK100021	Parndorfer Platte [LRR]	39,3	43,1	26,2	34,6	22,0	41,8	38,3	35,1	89,8
GK100022	Pielachtal [DUJ]	66,6	58,7	40,6	62,1	24,2	35,1	36,0	46,2	76,7
GK100023	Südl. Machland [DUJ]	66,5	90,7	57,8	83,0	47,7	59,4	76,4	68,8	46,5
GK100024	Südl. Wiener Becken [DUJ]	42,5	31,3	13,0	28,4	19,2	30,5	26,6	27,4	54,5
GK100025	Traisental [DUJ]	60,8	59,0	45,4	59,7	25,7	44,1	42,5	48,2	51,0
GK100026	Tullnerfeld [DUJ]	56,7	40,4	25,9	45,6	17,2	39,9	37,3	37,6	53,5
GK100027	Unteres Ennstal (NÖ, OÖ) [DUJ]	35,4	54,4	18,1	44,6	16,8	20,3	44,9	33,5	60,0
GK100028	Ybbstal / Ybbser Schei- be [DUJ]	60,7	83,5	55,7	81,0	44,2	60,3	74,4	65,7	59,6
GK100032	NÖ Alpenvorland [DUJ]	69,0	78,1	53,3	75,1	36,9	52,8	60,2	60,8	80,0
GK100035	Weinviertel [DUJ]	56,5	29,1	20,1	32,8	11,9	43,0	44,0	33,9	76,0
GK100036	Eferdinger Becken [DUJ]	23,2	38,0	8,4	40,0	20,6	22,2	33,7	26,6	69,2
GK100037	Liesing [MUR]	55,8	76,4	53,2	39,7	14,8	57,7	59,5	51,0	65,6
GK100038	Linzer Becken [DUJ]	18,1	32,5	3,7	30,4	3,9	-0,8	23,9	16,0	26,5
GK100039	Mittleres Ennstal (Trau- tenfels bis Gesäuse) [DUJ]	37,4	50,3	30,5	19,8	32,4	29,8	40,2	34,3	60,4
GK100040	Oberes Ennstal (Lan- desgrenze bis Trauten- fels) [DUJ]	38,8	52,7	34,9	24,9	37,7	34,7	43,5	38,2	66,2
GK100041	Palten [DUJ]	39,9	54,0	32,1	23,5	34,9	30,4	34,7	35,7	69,7
GK100042	Traun [DUJ]	31,0	41,1	26,5	17,4	27,9	26,1	34,5	29,2	31,5
GK100043	Unteres Ennstal (Stmk) [DUJ]	35,8	47,5	31,8	22,3	32,8	30,1	40,0	34,3	48,5

GWK-Nr.	GWK	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	MW 2012- 2018	Anteil LW an GWK %
GK100044	Vöckla - Ager - Traun - Alm [DUJ]	55,7	74,8	45,1	57,3	49,4	60,5	74,5	59,6	61,7
GK100045	Welser Heide [DUJ]	27,0	42,0	10,7	36,2	17,0	12,8	34,5	25,7	44,8
GK100047	Grauwackenzone Mitte [DUJ]	36,1	47,6	33,2	23,1	23,3	35,2	38,8	33,9	4,3
GK100052	Niedere Tauern einschl. Grauwackenzone [DUJ]	35,3	47,0	30,2	21,0	31,5	30,0	38,0	33,3	8,4
GK100054	Salzburger Alpenvor- land [DUJ]	54,8	81,3	33,4	71,4	20,0	74,4	85,9	60,2	50,7
GK100055	Salzburger Hohe Tauern [DUJ]	21,6	23,3	13,1	24,7	28,2	28,8	42,5	26,0	11,0
GK100056	Schlierhügelland [DUJ]	60,4	72,9	42,5	69,7	36,5	49,2	63,2	56,3	82,5
GK100057	Traun - Enns - Platte [DUJ]	52,3	68,0	38,2	62,3	43,3	36,9	59,3	51,5	81,8
GK100058	Altes Gurktal [DRA]	23,7	64,8	6,6	18,4	12,9	27,6	47,2	28,7	70,9
GK100059	Drautal [DRA]	34,5	57,1	41,2	36,4	33,5	44,5	43,9	41,6	54,2
GK100060	Gailtal [DRA]	28,6	51,1	41,2	30,1	30,4	29,8	39,9	35,9	47,9
GK100061	Glantal [DRA]	35,8	70,7	19,9	27,3	24,9	40,8	45,3	37,8	66,4
GK100062	Jauntal [DRA]	25,9	69,6	11,5	17,9	7,4	19,2	45,4	28,1	44,2
GK100063	Klagenfurter Becken [DRA]	30,2	72,0	21,8	34,4	30,6	31,9	37,6	36,9	46,5
GK100064	Krappfeld [DRA]	29,4	58,4	12,1	14,5	14,8	27,7	31,6	26,9	76,5
GK100065	Lavanttal [DRA]	53,4	76,2	43,6	40,6	30,9	44,4	61,8	50,1	67,0
GK100066	Metnitztal [DRA]	44,7	57,2	27,4	27,3	29,6	40,9	40,1	38,2	64,4
GK100067	Rosental [DRA]	25,7	58,1	19,8	31,6	27,7	30,5	32,3	32,3	48,0
GK100068	Tiebel [DRA]	38,1	54,3	16,2	15,0	18,3	46,9	43,6	33,2	73,3
GK100069	Unteres Gurktal [DRA]	28,3	69,2	20,9	31,6	32,5	33,8	45,2	37,3	74,4
GK100071	Grebenzen [DRA]	43,3	58,0	43,6	51,1	40,9	48,2	40,8	46,5	40,7
GK100075	Sattnitz [DRA]	31,0	67,7	14,6	30,4	23,6	29,4	33,4	32,9	28,9

GWK-Nr.	GWK	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	MW 2012- 2018	Anteil LW an GWK %
GK100077	Südliche Kalkalpen [DRA]	28,5	47,3	32,8	27,9	26,2	31,5	36,2	32,9	7,4
GK100078	Weststeirisches Hügelland [DRA]	45,5	59,2	33,7	44,2	39,0	49,7	36,4	44,0	54,9
GK100079	Böhmische Masse [ELB]	48,5	59,3	39,4	57,8	40,5	64,4	64,1	53,4	42,2
GK100081	Wulkatal [LRR]	28,1	37,6	10,9	25,7	-1,5	19,0	16,1	19,4	69,0
GK100083	Grauwackenzone [LRR]	59,3	74,3	52,8	75,4	43,6	48,5	47,0	57,3	29,9
GK100089	Nördliche Kalkalpen [LRR]	47,1	54,5	36,8	57,3	32,3	40,4	35,4	43,4	10,8
GK100093	Semmering [LRR]	60,3	75,2	54,1	75,9	44,7	50,4	47,6	58,3	12,9
GK100094	Böhmische Masse [MAR]	39,8	37,8	21,3	39,2	19,2	50,7	36,9	35,0	63,6
GK100095	Weinviertel [MAR]	56,5	21,3	20,2	28,4	14,5	47,8	45,8	33,5	81,0
GK100096	Aichfeld-Murboden (Judenburg - Knittelfeld) [MUR]	39,1	66,3	35,7	15,2	36,6	48,4	41,8	40,4	52,2
GK100097	Grazer Feld (Graz/Andritz - Wildon) [MUR]	52,2	74,6	46,6	38,7	37,8	30,5	36,9	45,4	31,9
GK100098	Leibnitzer Feld [MUR]	49,2	101,9	56,6	54,9	58,9	58,5	57,2	62,5	56,8
GK100099	Mittl. Murtal Knittelfeld bis Bruck/Mur [MUR]	47,3	74,6	42,4	26,5	30,0	52,0	46,6	45,6	46,9
GK100100	Murdurchbruchstal (Bruck/Mur - Graz/Andritz) [MUR]	42,4	63,0	48,1	46,2	37,0	47,7	40,6	46,4	43,0
GK100101	Oberes Murtal [MUR]	36,1	52,3	34,7	33,3	33,5	39,8	36,1	38,0	70,1
GK100102	Unteres Murtal [MUR]	61,7	96,8	62,4	47,4	59,4	52,5	53,3	61,9	64,1
GK100103	Kainach [MUR]	60,9	87,8	58,3	55,6	55,0	51,3	54,8	60,5	71,0
GK100104	Lassnitz, Stainzbach [MUR]	59,0	70,8	38,3	32,8	42,3	28,3	27,8	42,7	70,7
GK100107	Fischbacher Alpen [MUR]	48,0	63,8	30,7	48,6	22,3	43,7	38,1	42,2	11,8
GK100108	Grauwackenzone Mitte [MUR]	54,5	71,6	49,9	40,3	16,7	53,6	53,8	48,6	11,4

GWK-Nr.	GWK	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	MW 2012- 2018	Anteil LW an GWK %
GK100109	Grazer Bergland östlich der Mur [MUR]	50,0	71,7	58,5	54,4	42,0	55,6	46,4	54,1	20,0
GK100110	Grazer Bergland westlich der Mur [MUR]	48,9	74,4	56,7	49,1	48,7	54,7	47,2	54,2	28,0
GK100113	Kristallin der Koralpe, Stubalpe und Gleinalpe [MUR]	49,2	71,2	44,7	38,8	49,4	53,0	46,4	50,4	14,6
GK100114	Kristallin nördlich des Müritztales einschl. Grauwackenzone [MUR]	49,7	64,8	34,7	47,7	23,7	46,7	41,8	44,1	15,9
GK100116	Niedere Tauern einschl. Seckauer Tauern [MUR]	35,4	55,9	35,1	25,8	33,1	41,8	37,5	37,8	11,4
GK100117	Nördliche Kalkalpen [MUR]	42,2	52,6	27,0	41,8	18,0	39,4	33,4	36,3	3,2
GK100120	Seetaler Alpen Nord [MUR]	38,5	62,8	35,0	20,0	39,4	48,0	42,9	40,9	16,2
GK100123	Weststeirisches Hügel-land [MUR]	54,5	77,6	44,8	45,7	49,2	47,0	42,7	51,6	42,7
GK100126	Feistritztal [LRR]	78,2	102,3	70,2	54,8	53,0	43,4	64,6	66,6	79,3
GK100127	Günstal [LRR]	29,9	30,9	2,9	23,0	3,5	16,3	23,4	18,6	53,6
GK100128	Ikvatal [LRR]	35,8	37,3	18,1	25,3	5,7	21,7	25,1	24,2	60,5
GK100129	Lafnitztal [LRR]	24,7	58,8	24,2	8,9	2,9	-8,4	3,7	16,4	80,4
GK100130	Pinkatal [LRR]	0,5	39,5	4,7	6,5	-4,6	-5,8	4,5	6,5	78,2
GK100131	Raabtal [LRR]	57,2	80,9	52,5	46,3	48,9	41,5	39,9	52,5	75,8
GK100132	Rabnitztal [LRR]	39,8	38,5	19,4	28,0	3,3	13,9	23,0	23,7	76,4
GK100133	Safental [LRR]	61,5	86,6	52,1	40,6	36,0	26,3	46,2	49,9	81,7
GK100134	Seewinkel [LRR]	36,6	41,4	24,3	29,8	17,1	35,2	33,2	31,1	83,6
GK100135	Stoosbachtal [LRR]	45,0	46,0	23,6	33,1	6,2	23,8	29,3	29,6	62,7
GK100136	Stremtal [LRR]	1,2	41,8	7,9	3,8	-8,1	-1,5	1,1	6,6	77,3
GK100137	Fischbacher Alpen [LRR]	59,0	84,4	54,3	65,3	41,6	47,1	44,3	56,6	42,0

GWK-Nr.	GWK	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	MW 2012- 2018	Anteil LW an GWK %
GK100138	Grazer Bergland östlich der Mur [LRR]	59,1	84,4	70,0	71,3	50,6	64,6	53,5	64,8	34,7
GK100139	Günser Gebirge Umland [LRR]	15,7	37,0	5,9	15,7	4,6	5,1	22,3	15,2	18,1
GK100146	Hügelland Rabnitz [LRR]	37,8	39,7	19,9	31,3	8,4	24,7	30,1	27,4	52,9
GK100148	Wechselgebiet [LRR]	50,5	79,6	42,7	57,7	35,1	31,2	32,3	47,0	28,8
GK100149	Rheintal [RHE]	49,1	71,9	43,2	53,6	56,9	56,1	66,4	56,8	43,0
GK100150	Walgau [RHE]	43,3	48,2	30,6	37,8	26,8	42,6	53,3	40,4	34,5
GK100151	Helvetikum [RHE]	39,9	51,8	34,6	38,1	42,1	42,6	49,6	42,7	10,4
GK100152	Kristallin [RHE]	21,9	25,1	17,1	19,0	10,6	22,6	25,9	20,3	3,5
GK100153	Molasse und nördliche Flyschzone [RHE]	56,6	79,6	52,0	61,7	71,4	67,8	74,9	66,3	36,7
GK100154	Nördliche Kalkalpen [RHE]	28,0	31,4	21,2	25,4	14,6	27,9	33,2	26,0	3,5
GK100155	Südliche Flyschzone [RHE]	34,5	38,6	27,5	30,2	22,1	34,8	40,9	32,7	11,8
GK100156	Mürz [MUR]	48,6	64,7	30,3	47,9	21,7	43,2	38,1	42,1	41,3
GK100174	Ilz und Rittscheintal [LRR]	55,7	74,7	46,2	38,2	35,1	28,4	34,0	44,6	82,8
GK100176	Südl. Wiener Becken-Ostrand [DUJ]	44,1	22,4	6,5	23,0	28,8	28,3	22,9	25,1	62,1
GK100178	Südl. Wiener Becken-Ostrand [LRR]	39,4	28,1	7,3	26,0	22,3	26,7	18,9	24,1	78,9
GK100181	Hügelland Raab Ost [LRR]	9,1	43,4	8,7	11,4	-1,4	-3,5	10,1	11,1	47,8
GK100183	Hügelland zwischen Mur und Raab [MUR]	74,5	106,0	72,9	62,3	68,2	69,3	70,2	74,8	53,2
GK100184	Turrach, Kreischberg, Frauenalpe, Stolzalpe [MUR]	38,7	51,2	36,2	41,8	33,9	41,2	37,5	40,1	12,9
GK100185	Salzburger Hohe Tauern [MUR]	30,8	29,4	20,2	15,9	24,1	26,2	33,2	25,7	9,9
GK100186	Zentralzone [DRA]	34,0	50,7	28,9	27,8	26,5	37,3	40,8	35,2	16,2

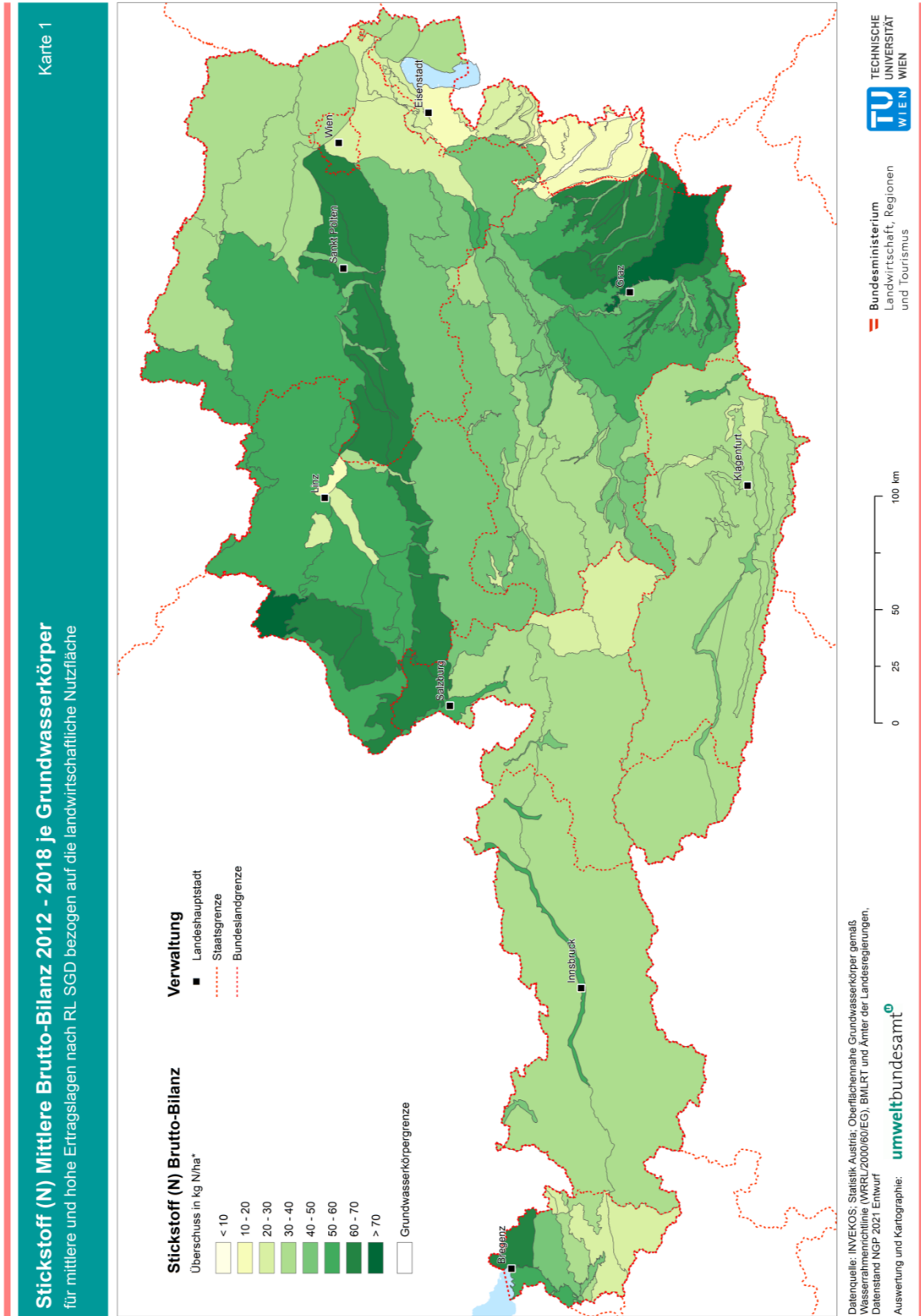
GWK-Nr.	GWK	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	MW 2012- 2018	Anteil LW an GWK %
GK100187	Hügelland Raab West [LRR]	65,7	88,7	60,0	55,4	51,6	47,7	50,9	60,0	52,3
GK100188	Flyschzone [DUJ]	64,9	72,6	50,8	69,9	33,0	60,4	78,6	61,5	40,9
GK100189	Nördliche Kalkalpen [DUJ]	51,5	57,3	38,5	51,9	22,5	45,6	59,2	46,6	10,3
GK100190	Böhmische Masse [DUJ]	52,3	59,9	36,9	63,3	35,2	58,7	69,0	53,6	49,3
GK100191	Bucklige Welt [LRR]	52,5	64,7	41,1	64,2	37,4	45,8	42,9	49,8	34,5
GK100192	Leithagebirge [LRR]	37,5	33,2	15,2	26,8	12,7	28,5	24,5	25,5	8,6
GK100194	Karawanken [DRA]	36,5	49,2	24,4	41,8	35,9	48,0	40,9	39,5	0,5
GK100195	Sulmtal [MUR]	69,1	89,3	59,0	57,9	57,4	48,4	56,0	62,4	72,9
GK100196	Saggautal [MUR]	59,6	93,1	49,8	56,8	54,4	63,5	50,5	61,1	75,7
GK100197	Hausruck [DUJ]	50,2	73,2	36,1	51,3	41,6	61,5	76,6	55,8	58,2
GK100198	Kobernaußerwald [DBJ]	62,7	89,0	53,4	72,8	47,5	54,7	83,6	66,2	48,4
Gesamtergebnis		46,9	54,2	34,0	45,3	30,5	44,8	50,6	43,8	32,0

Quelle: Umweltbundesamt

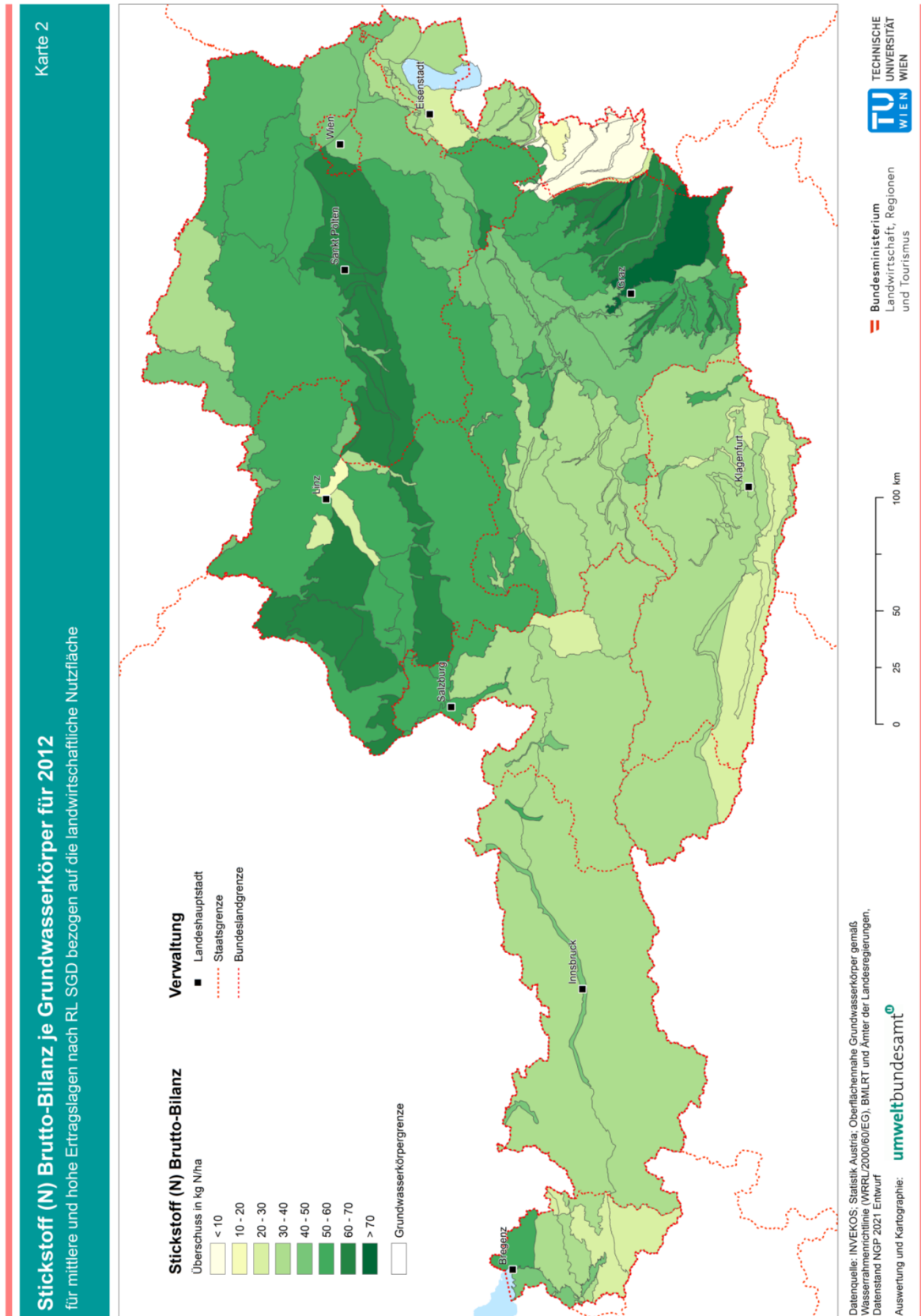
5.2 Anhang – Karten

Karte 1: Stickstoff (N) Mittlere Brutto-Bilanz 2012–2018 je Grundwasserkörper.....	49
Karte 2: Stickstoff (N) Brutto-Bilanz je Grundwasserkörper für 2012.....	50
Karte 3: Stickstoff (N) Brutto-Bilanz je Grundwasserkörper für 2013.....	51
Karte 4: Stickstoff (N) Brutto-Bilanz je Grundwasserkörper für 2014.....	52
Karte 5: Stickstoff (N) Brutto-Bilanz je Grundwasserkörper für 2015.....	53
Karte 6: Stickstoff (N) Brutto-Bilanz je Grundwasserkörper für 2016.....	54
Karte 7: Stickstoff (N) Brutto-Bilanz je Grundwasserkörper für 2017.....	55
Karte 8: Stickstoff (N) Brutto-Bilanz je Grundwasserkörper für 2018.....	56
Karte 9: Stickstoff (N) Mittlere Brutto-Bilanz 2012–2018 je Grundwasserkörper für Hydrosphäre	57
Karte 10: Ermittelter Mineraldüngerbedarf und Wirtschaftsdüngeranfall (Mittelwerte 2012–2018)	58

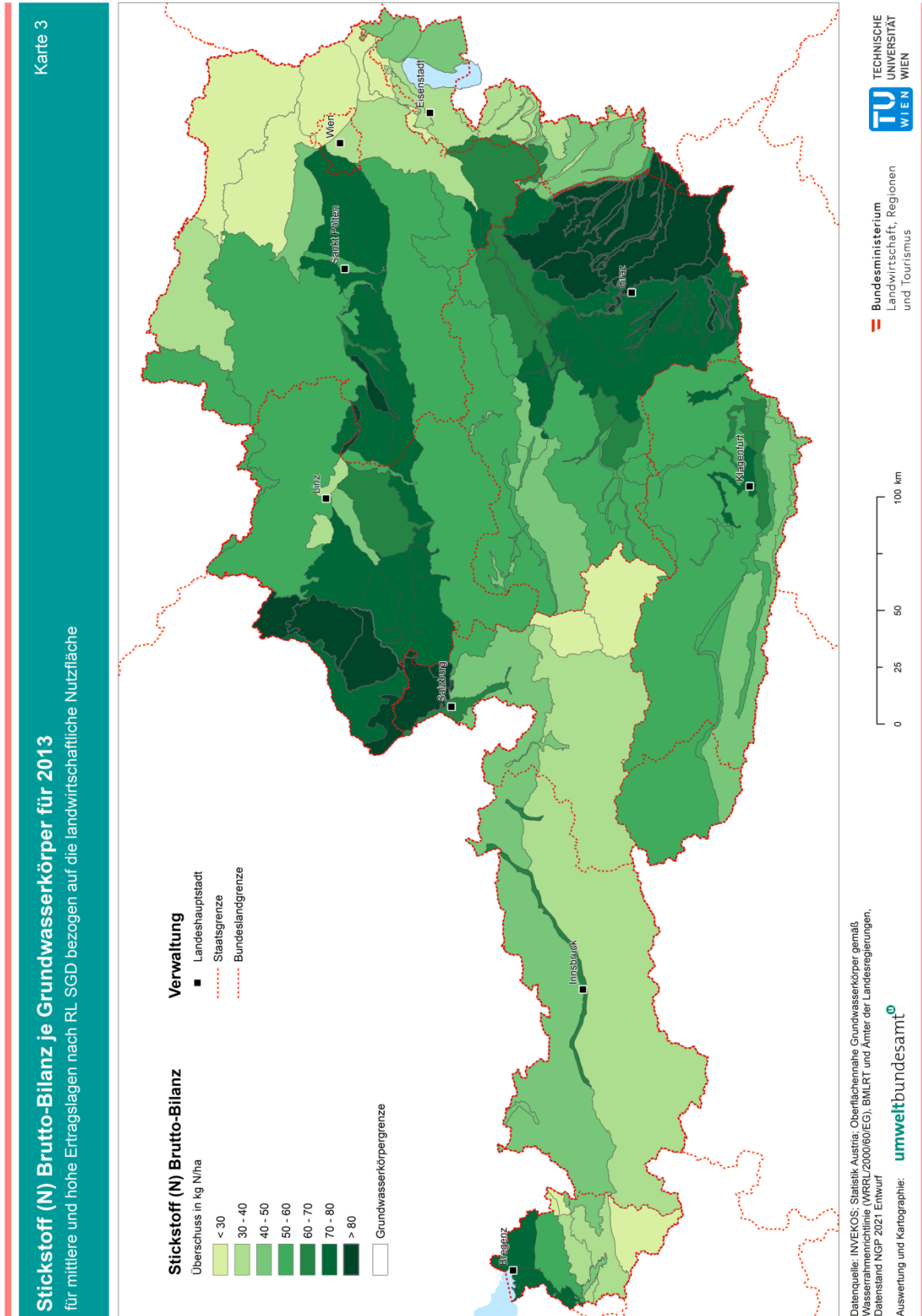
Karte 1: Stickstoff (N) Mittlere Brutto-Bilanz 2012–2018 je Grundwasserkörper



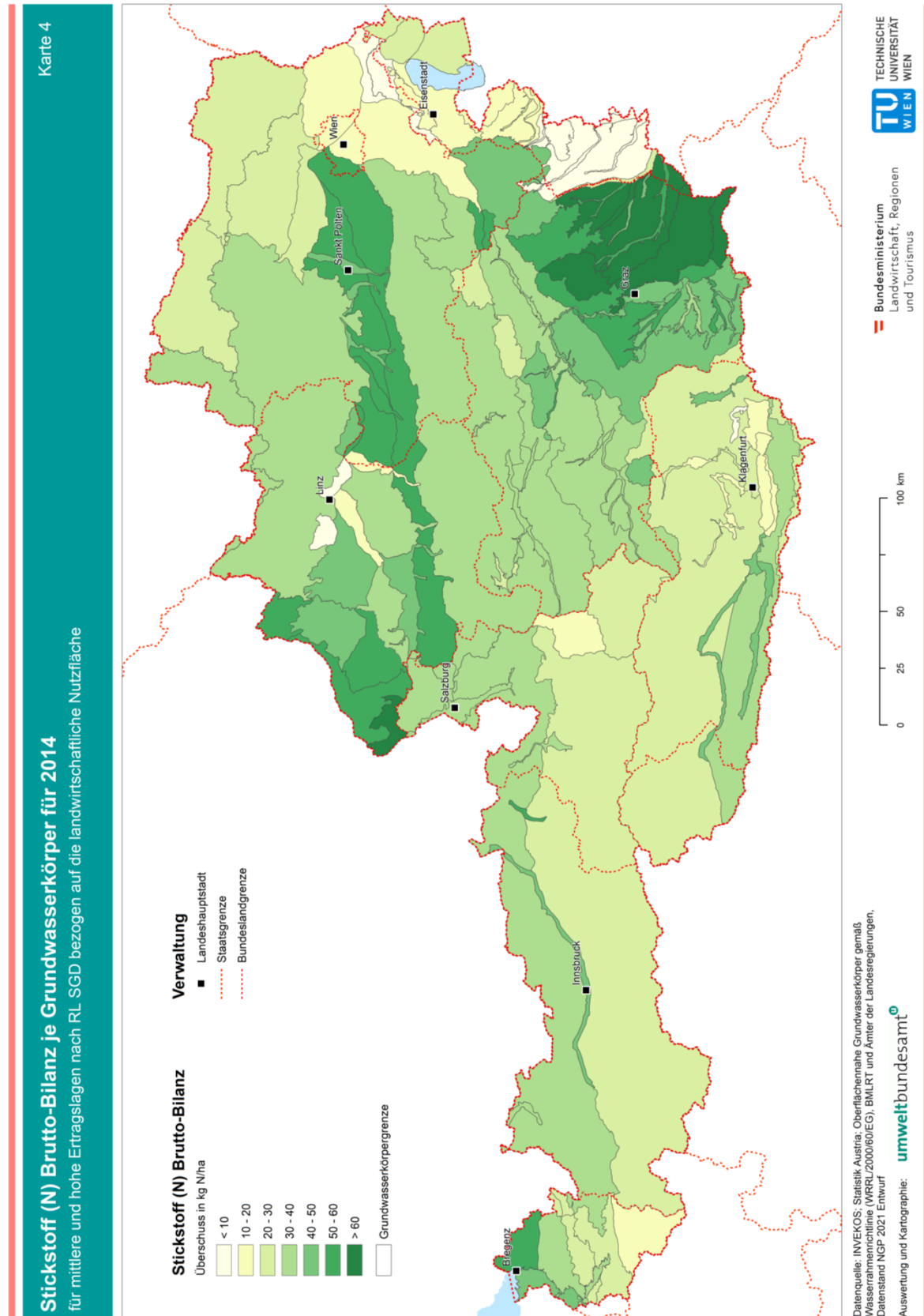
Karte 2: Stickstoff (N) Brutto-Bilanz je Grundwasserkörper für 2012



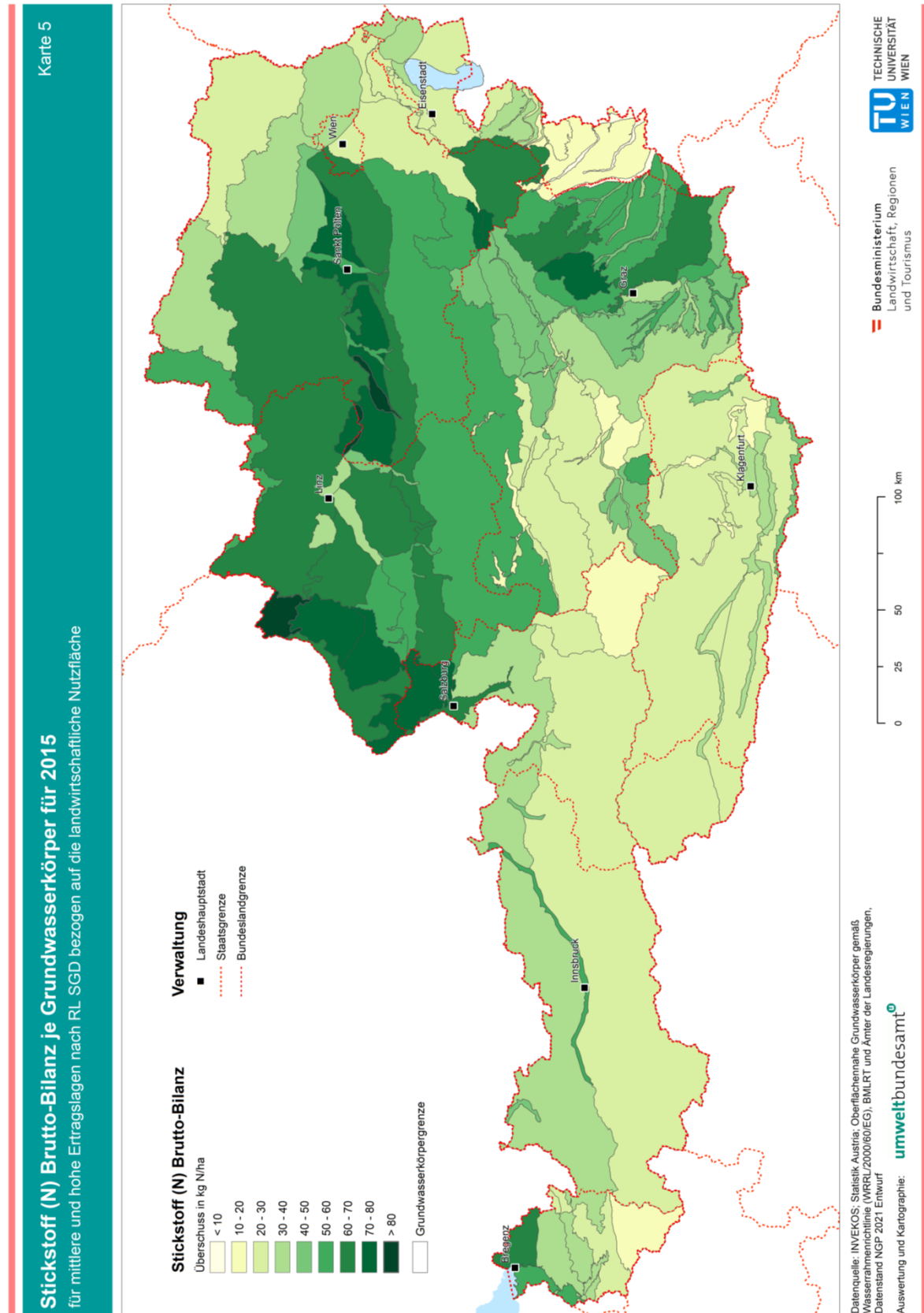
Karte 3: Stickstoff (N) Brutto-Bilanz je Grundwasserkörper für 2013



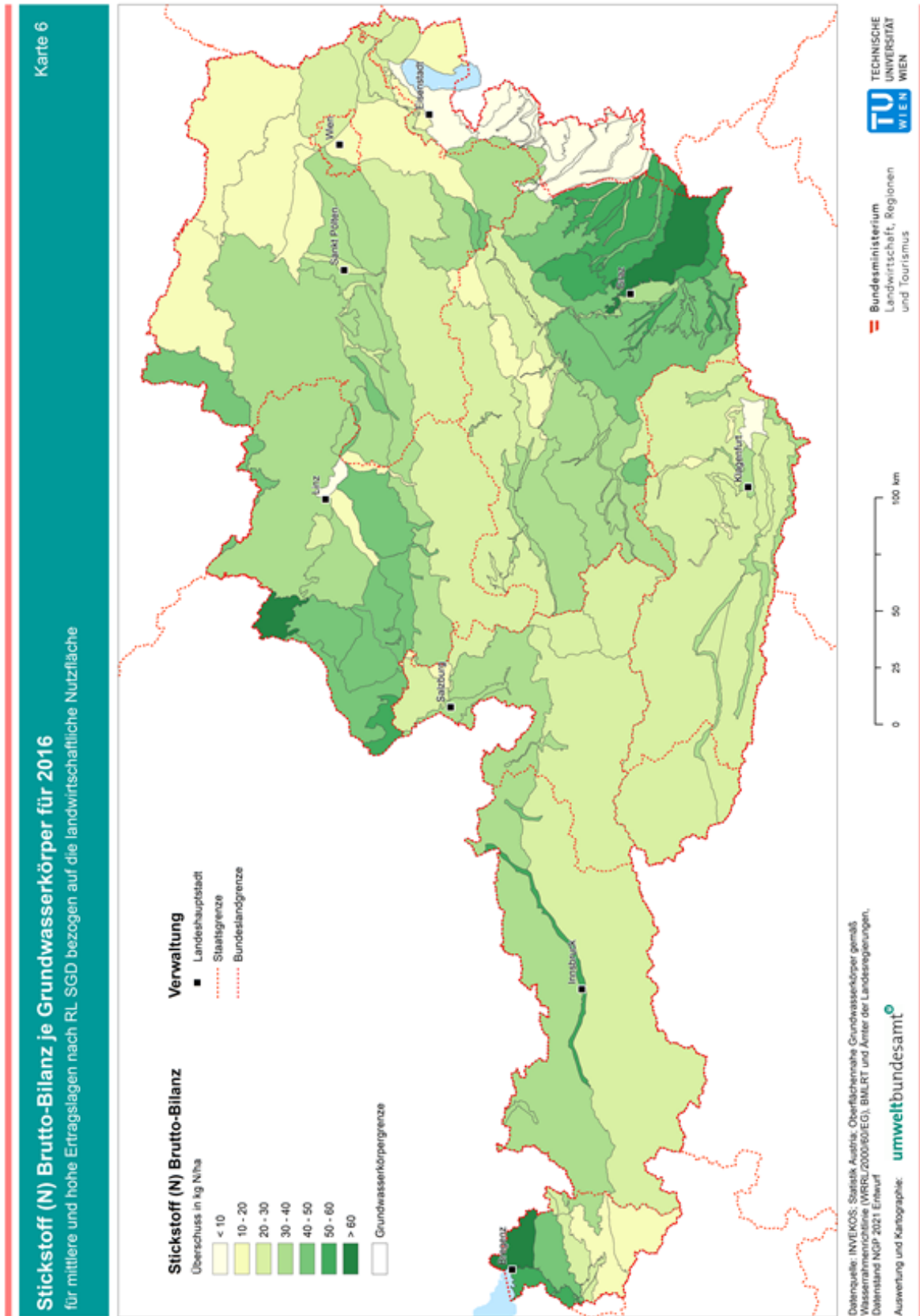
Karte 4: Stickstoff (N) Brutto-Bilanz je Grundwasserkörper für 2014



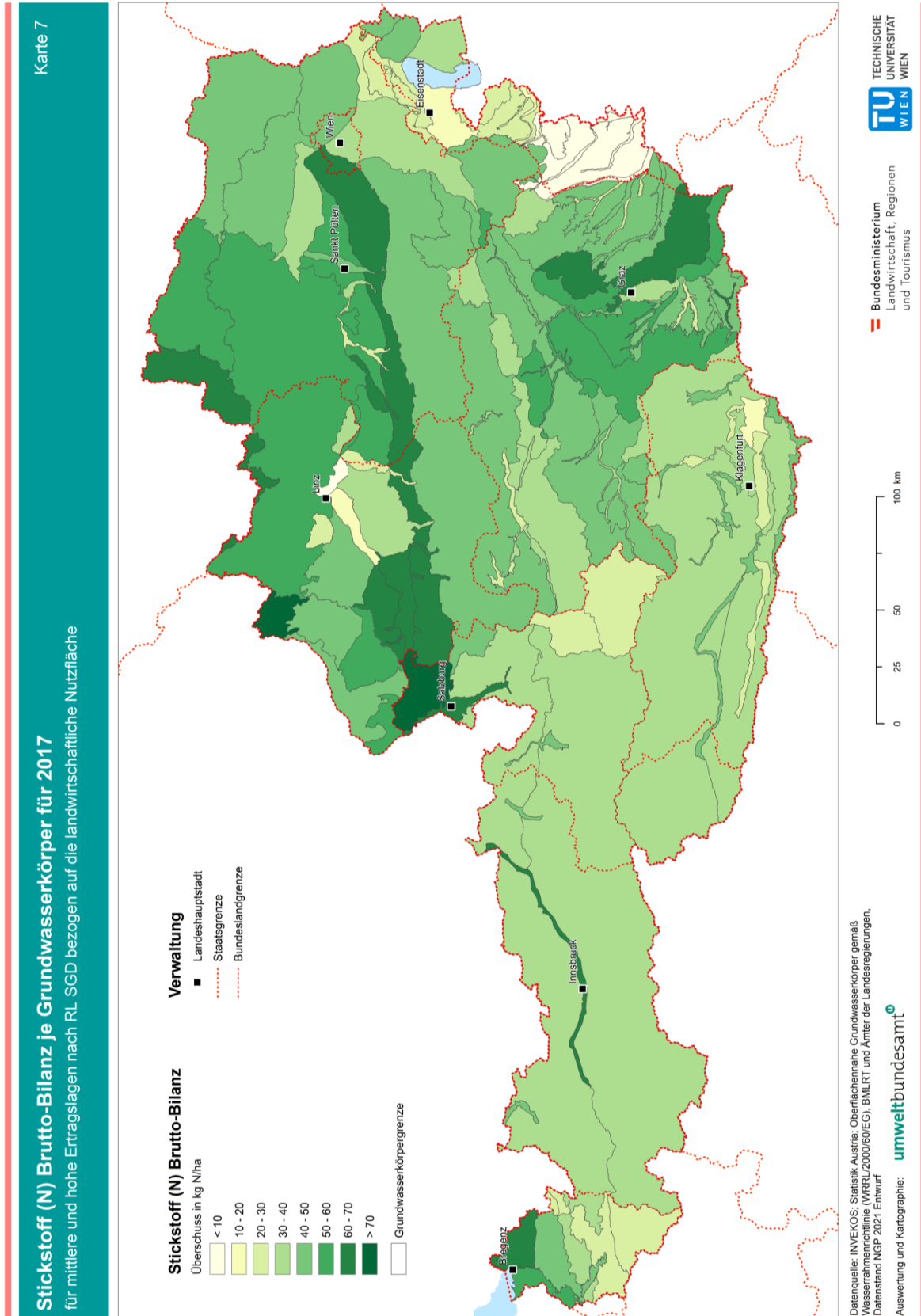
Karte 5: Stickstoff (N) Brutto-Bilanz je Grundwasserkörper für 2015



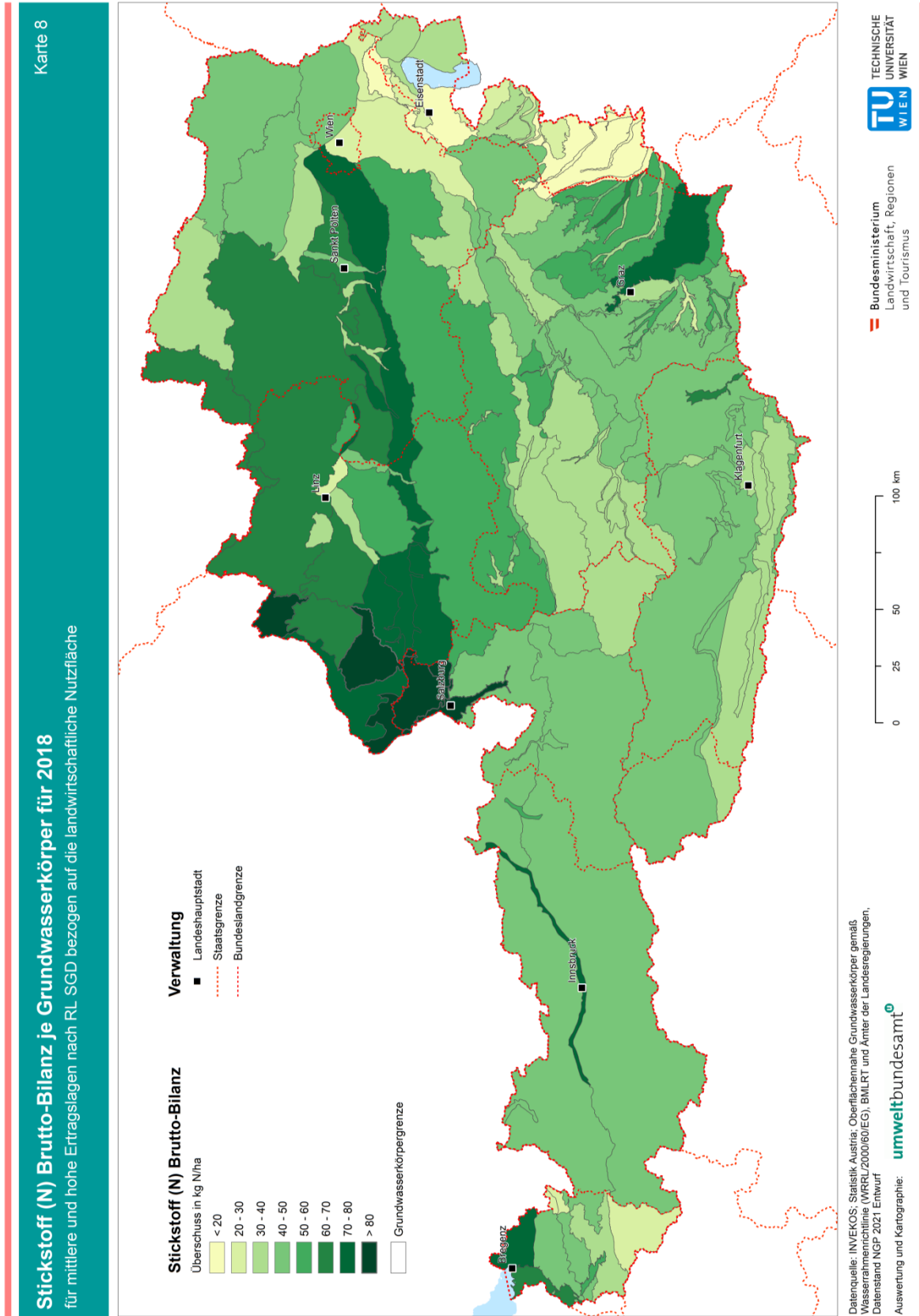
Karte 6: Stickstoff (N) Brutto-Bilanz je Grundwasserkörper für 2016



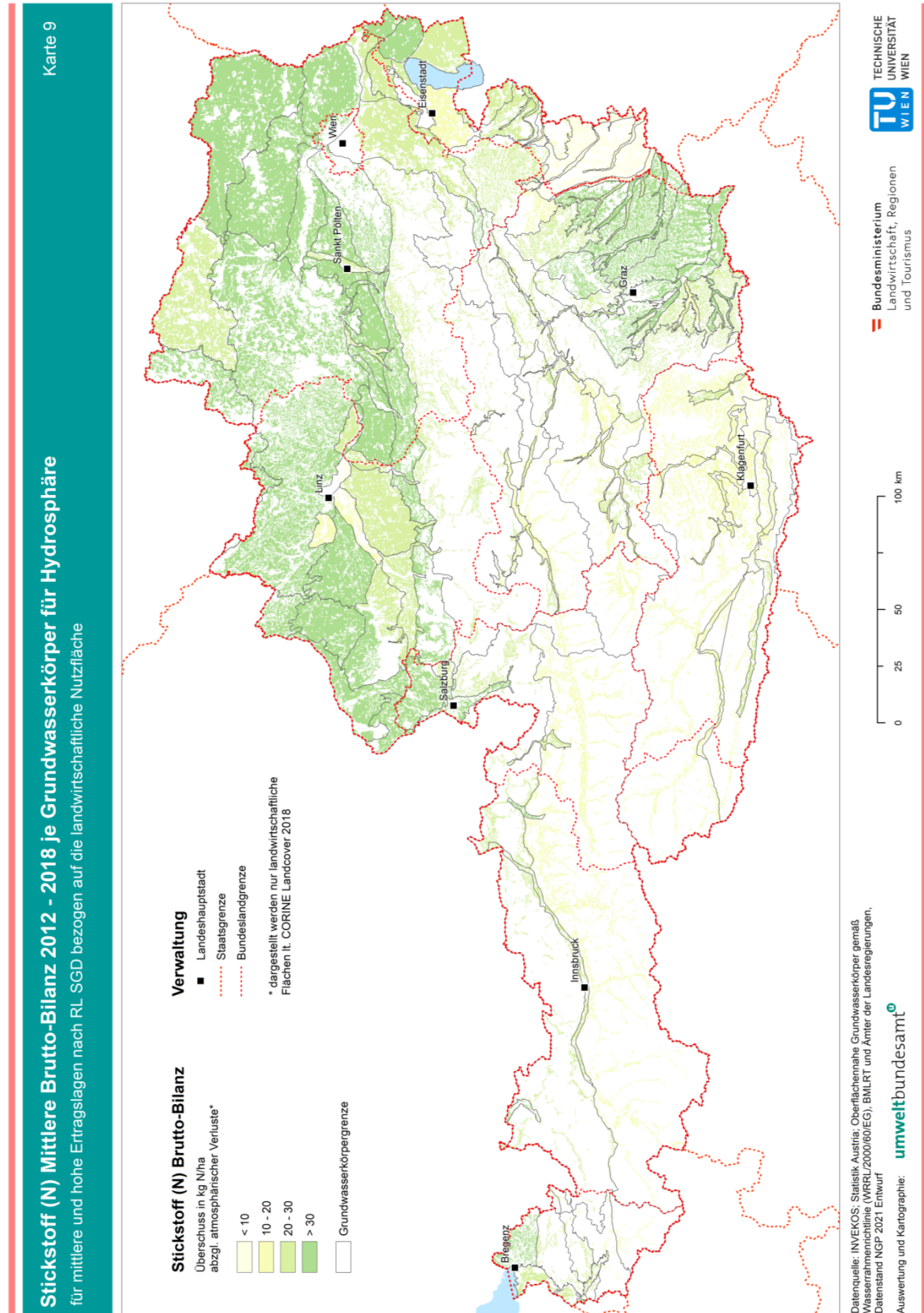
Karte 7: Stickstoff (N) Brutto-Bilanz je Grundwasserkörper für 2017



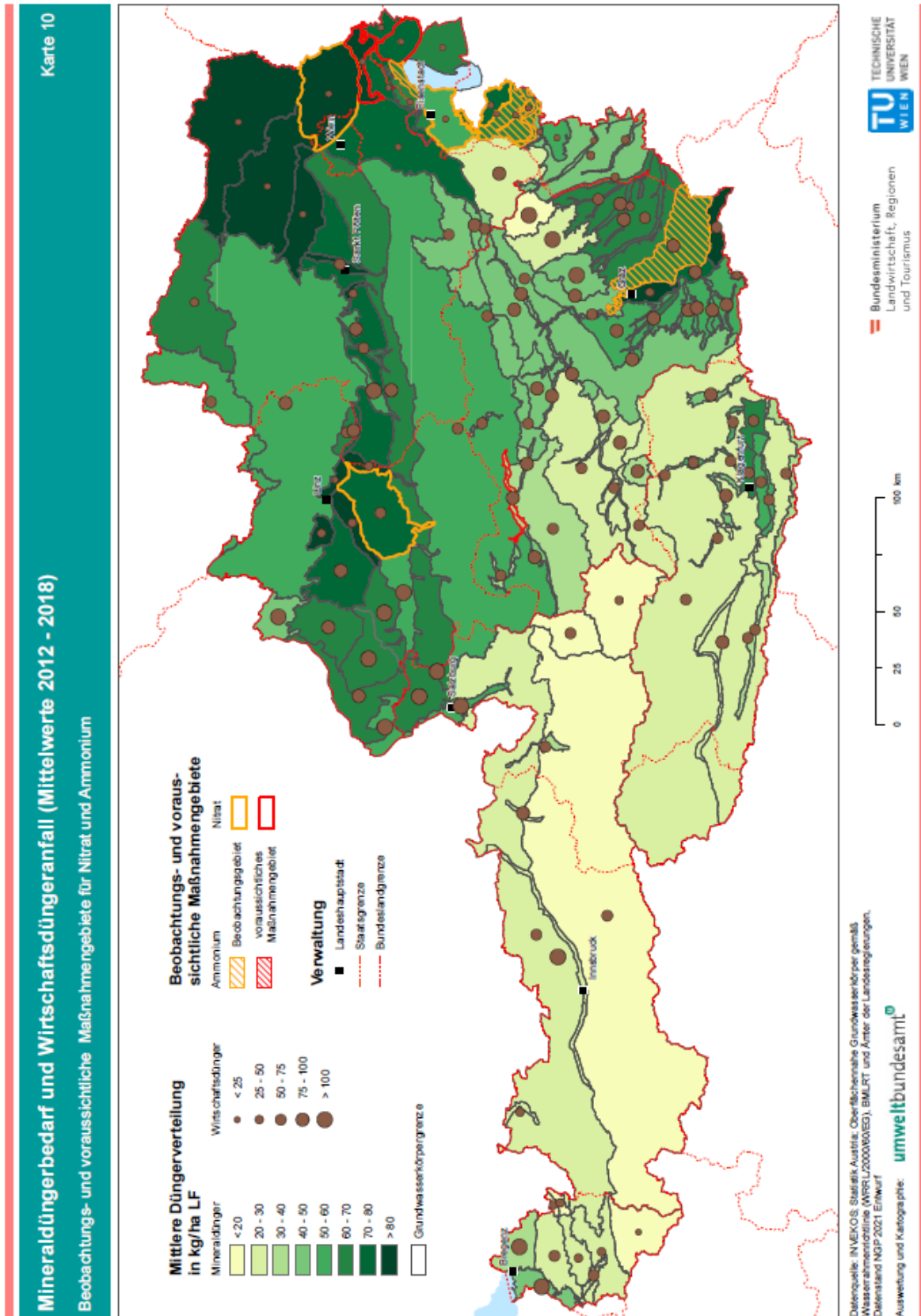
Karte 8: Stickstoff (N) Brutto-Bilanz je Grundwasserkörper für 2018



Karte 9: Stickstoff (N) Mittlere Brutto-Bilanz 2012–2018 je Grundwasserkörper für Hydro-sphäre



Karte 10: Ermittelter Mineraldüngerbedarf und Wirtschaftsdüngeranfall (Mittelwerte 2012–2018)



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Brutto-Stickstoffüberschuss ohne Düngeeinschränkungen in kg N/ha je Grundwasserkörper als Mittelwert der Periode 2012–2018 für eine Auswahl von GWK (v.a. aktuelle und ehemalige Beobachtungs- und voraussichtliche Maßnahmegebiete).....	6
Tabelle 2: Annahmen für die legume N-Fixierungsleistung auf Ackerflächen.....	16
Tabelle 3: Annahmen für die N-Fixierungsleistung für Dauergrünlandkategorien	17
Tabelle 4: Biologische N-Fixierungsleistung der Kulturen	18
Tabelle 5: Abschläge für Stickstoffnachlieferung aus der Stickstoffbindung von Leguminosen	18
Tabelle 6: Abschläge für die Stickstoffnachlieferung aus der Stickstoffbindung von Leguminosen im Grünland	19
Tabelle 7: N-Bindung durch Leguminosen – Hauptfrüchte	20
Tabelle 8: Standortbedürfnisse und Stickstofffixierleistung von Luzerne, Rot- und Weißklee.....	22
Tabelle 9: Optimale N-Düngemenge von deutschen Grünlandbeständen in Abhängigkeit von der N-Fixierung (kg N/ha).....	24
Tabelle 10: Datenquellen der Bilanzglieder	28
Tabelle 11: Mittlerer Brutto-N-Überschuss in kg N/ha je Grundwasserkörper als Mittelwert der Periode 2012–2018 für Auswahl von GWK (v.a. aktuelle und ehemalige Beobachtungs- und voraussichtliche Maßnahmegebiete) ...	30
Tabelle 12: Biologische N-Fixierungsraten, wie sie bei der Eurostat-Datensammlung von den Ländern für die Jahre 2010-2011 angegeben wurde (Eurostat 2013).....	34
Tabelle 13: Darstellung der Daten und Erläuterungen zu den methodischen Unterschieden der regionalen N-Bilanzen für Grundwasserkörper (links) und der nationalen N-Bilanz (rechts)	36
Tabelle 14: Ergebnisse der Stickstoffbilanz 2012-2018 als Brutto-Überschuss N in kg/ha landwirtschaftliche Nutzfläche je Grundwasserkörper (Jahresbilanzen und Mittelwert der Periode)	41

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablaufschema regionale Stickstoffbilanz auf Grundwasserkörpererebene	10
Abbildung 2: N ₂ -Fixierungsleistung von Körnerleguminosen, sowie von Klee und Luzerne	21
Abbildung 3: Regionale Stickstoffdepositionen je Gemeinde in kg N/ha	25
Abbildung 4: Ertragslageneinstufung (vereinfacht nach mittel/hoch) für die Jahre 2012, 2015 und 2018	27



Salatfeld

Literaturverzeichnis

AMA (Agrarmarkt Austria): Mehrfachantrag Flächen 2007, Merkblatt mit Ausfüllanleitung.

AMA (Agrarmarkt Austria): Düngewerte für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium: https://www.ama.at/getattachment/21983e13-d84a-42e4-a715-500ecc29fc3c/OEPUL2015_Duengewerte_Stand_2019-10-24.pdf. Zugriff am 12.10.2020

Bach, M.; Godlinski, F.; Greef, J.-M. (2011): Handbuch Berechnung der Stickstoff –Bilanz für die Landwirtschaft in Deutschland Jahre 1990 – 2008. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 159. Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Braunschweig.

Bohner, A. & Eder, G. (2006): Boden- und Grundwasserschutz im Wirtschaftsgrünland. Umweltprogramme für die Landwirtschaft, 7. und 8. März 2006, Irdning.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2000): Empfehlungen für die sachgerechte Düngung von Christbaumkulturen. Federal Ministry for Agriculture, Forestry, Environment and Water Management, Wien.

BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft, 6. Auflage. Wien.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2007): Sonderrichtlinie des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft. Anlage I, Anhänge zum Agrarumweltprogramm und zur Tierschutzmaßnahme (ÖPUL 2007).

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2008): Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Garten- und Feldgemüsebau. 3. Auflage. Wien.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2009): Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Obstbau inkl. addendum zur Broschüre. Wien.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2012): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Aktionsprogramm 2012 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (Aktionsprogramm Nitrat 2012). Veröffentlicht am 04. Mai 2012 im Amtsblatt zur Wiener Zeitung, ABl. Nr. 87.**BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft** (2014): Sachgerechte Düngung im Weinbau. 2. Auflage. Wien.**Bmlfuw – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft** (2016): Sonderrichtlinie des BMLFUW für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL 2015).

BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2017a): Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland. Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft, 7. Auflage. Wien.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2017b): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der die Verordnung über das Aktionsprogramm 2012 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen geändert wird. (BGBl. II Nr. 385/2017).

BMLRT – Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (in Druck): Wassergüte in Österreich, Jahresbericht 2016–2018. Wien.

BMNT– Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2019a): Richtlinien für die sachgerechte Düngung von Kurzumtriebsflächen mit Weide und Pappel. Wien.

BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2019b): Grüner Bericht 2018. Grünland: Futter-, Energie- und Rohproteinerträge im Jahr 2018. Tab. 2.1.9.4.

Deutsche Düngerverordnung (2017): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV).

Egger H. (2016): Stickstoffdüngung im Grünland an Standort anpassen. Zugriff am 10.3.2020 unter <https://ktn.lko.at/stickstoffduengung-im-gruennland-anstandort-anpassen+2500+2415120>

Elsässer, M., Engel, S., Breunig, J. und Thumm, U. (2014): Mit Leguminosen den Eiweißtrag steigern. Top agrar, 8, 86-90.

Eurostat (2013): Nutrient Budgets – Methodology and Handbook. Version 1.02. Eurostat and OECD, Luxembourg.

Eurostat (2020): Agrarumweltindikatoren (AUI): <https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/agriculture/agri-environmental-indicators>. Zugriff am 14.8.2020.

Foldal, C.B.; Kaper, M., Ecker, E. & Zechmeister-Boltenstern, S. (2019): Evaluierung verschiedener ÖPUL Maßnahmen in Hinblick auf die Reduktion von Treibhausgasemissionen, insbesondere Lachgas. Endbericht Forschungsauftrag BMNT. Wien.

Freyer, B.; Pietsch, G.; Hrbek, R. & Winter, S. (2005): Futter- und Körnerleguminosen im biologischen Landbau. Leopoldsdorf, avBUCH: 176 S.

Gollner, G. (2012): Stickstoff-Bindung von Körnerleguminosen. Folien von Gabriele Gollner, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Ökologischen Landbau.

Guggenberger, Th (2006): Nährstoffbilanzierung im Grünland. Methoden und deren praktische Umsetzung in Österreich. Irdning.

Hauser, S. (1987): Schätzung der symbiotisch fixierten Stickstoffmenge von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit erweiterten Differenzmethoden. Georg-August-Universität, Göttingen, 174 S.

Heinz, S.; Mayer, F. & Kuhn, G. (2013): Leguminosenanteile im bayerischen Grünland. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz. Freising.

Hof, C. & Rauber, R. (2003): Anbau von Gemengen im ökologischen Landbau. Göttingen, Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), 56 S.

Hofer, O. & Gmeiner, P. (2012): Vergleich der Agrarstrukturerhebung 2010 mit den INVEKOS-Daten 2010. Lebensministerium, Bundesanstalt für Bergbauernfragen. Wien.

LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2018) Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Gelbes Heft. Stand: 2018 LfL-Information, Freising-Weißenstephan. **ÖAG (Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft) (2019):** Grünlandböden – Bodenleben aktivieren und Qualität erhalten. Teil 3 Nährstoffkreisläufe.

OECD & Eurostat (2007): Gross Nitrogen Balances – Handbook.

OECD (2013): OECD Compendium of Agri-environmental Indicators. Paris.

ÖPUL 2000: Anhang 15: Aufzeichnungsbögen und Hilfstabellen für Nährstoffbilanzierungen und Aufzeichnungen.

Pötsch, E. M. (2009): Einflussfaktoren auf Ertrag und Qualität von Grünlandfutter. Tierärztetagung 2009, 5 – 14. Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein.

Pötsch, E. M. (2013): Erfassung und Bewertung von Nährstoffflüssen im Wirtschaftsgrünland. Internationale Sommerhochschule. LFZ Raumberg-Gumpenstein, September 2013.

Pötsch, E.M., Resch, R. & Buchgraber, K. (2019): Grünland und Feldfutter - nachhaltige Quelle für pflanzliches Protein. Dialog Zukunft Pflanzenbau, AGES-Akademie.

Rochette, P. & Janzen H.H. (2005): Towards a Revised Coefficient for Estimating N₂O Emissions from Legumes. Nutrient Cycling in Agroecosystems volume 73, pages 171–179.

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2006): Feldfutterbau und Gründüngung im Ökologischen Landbau

Starz, W.; Pfister, R.; Rohrer, H.; Hein, W.; Waschl, H. & Steinwidder, A. (2013): Bio-Kleegras Lambach: Eignung unterschiedlicher Kleegrasbestände für den biologischen Landbau im oberösterreichischen Alpenvorland und deren Vorfruchtwirkung auf Winterweizen. Abschlußbericht Projekt Nr. 100245/1. LFZ Raumberg-Gumpenstein.

Statistik Austria (2014): Richtlinien für die Ernteerhebung 2015. Feldfrüchte und Dauerwiesen. Wien.

Statistik Austria (2019): Statistik der Landwirtschaft 2018. Wien.

Umweltbundesamt (2013): Loishandl-Weisz, H.; Zethner, G.; Wemhöner, U.; Zieritz, I. & Grath, J: Stickstoffbilanzen. Berechnung auf GWK-Ebene. BMLFUW, Wien.

Umweltbundesamt (2019a): Pazdernik, K.; Anderl, M.; Friedrich, A.; Gangl, M.; Haider, S.; Kampel, E.; Köther, T.; Kriech, M.; Lampert, C.; Matthews, B.; Pfaff, G.; Pinterits, M.; Poupas, S.; Purzner, M.; Schieder, W.; Schmid, C.; Schmidt, G.; Schodl, B.; Schwaiger, E.; Schwarzl, B.; Stranner, G.; Titz, M.; Weiss, P. & Zechmeister, A.: Austria's National Inventory Report 2019. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Reports, Bd. REP-0677. Umweltbundesamt, Wien.

Umweltbundesamt (2019b): Zethner, G., Schwarzl, B. & Sedy, K.: Stickstoff- und Phosphorbilanz in der Landwirtschaft. Umstellung auf Eurostat-Vorgaben. Reports, Bd. REP-0694 Umweltbundesamt, Wien.

Weissengruber, L. (2011): Freilandversuch zum Einfluss von Bewässerung, Rhizobien- und Mykorrhizainokulation auf Luzerne. Diplomarbeit, Universität Wien.

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus

Stubenring 1, 1010 Wien

bmlrt.gv.at